

HORMIGÓN PROYECTADO

Sistemas de Aplicación de productos Sika en el hormigón proyectado

Sika, S.A.U.

Objeto:

El presente documento tiene por objeto determinar las condiciones en que deben realizarse los trabajos de hormigón proyectado en sus diferentes sistemas, así como la aplicación de los aditivos acelerantes de fraguado SIGUNITA[®], superfluidificantes SIKAMENT[®], estabilizadores de fraguado SIKATARD[®] y otros productos complementarios necesarios en la aplicación del hormigón proyectado en el campo de la construcción de obras subterráneas, así como en otros campos de la ingeniería civil.

Las informaciones contenidas en este documento y en cualquier otro asesoramiento dado, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika. La información se aplica únicamente a la(s) aplicación(es) y al(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia y está basada en ensayos/pruebas de laboratorio que no sustituyen a los ensayos/pruebas prácticos/as. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los soportes, etc., o en caso de una aplicación diferente, consulte el Servicio Técnico de Sika previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de ensayar los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de la Hoja de Datos del Producto concernido, copias de la cual se mandará a quién las solicite.



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
E-Mail: info@es.sika.com
www.sika.es

Indice:

1. Descripción general de los Sistemas de Proyección. Definiciones.....	3
1.1 Referencias.....	5
1.2 Limitaciones.....	6
2. Productos y sistemas.....	7
2.1 Productos.....	7
2.1.1 Áridos.....	7
2.1.2 Cementos.....	9
2.1.3 Agua.....	10
2.2 Sistemas de Proyección.....	18
2.2.1 Tipos de hormigones proyectados.....	18
2.2.2 Sistemas de Proyección.....	19
3. Trabajos previos.....	22
3.1 Cálculo de Dosificaciones.....	22
3.2 Fabricación de Hormigón Proyectado.....	23
3.3 Transporte.....	25
4. Aplicación de Hormigón Proyectado.....	26
4.1 Preparación de Superficies.....	26
4.2 Colocación de armaduras.....	26
4.3 Proyección.....	26
4.4 Rechazo o Rebote.....	27
5. Ensayos.....	29
6. Equipos y Herramientas.....	31
7. Ventajas e Inconvenientes de los Sistemas de Hormigón Proyectado.....	32
8. Otros datos de interés.....	37
9. Varios.....	37
9.1 Seguridad.....	37
9.2 Compatibilidad.....	38
9.3 Asistencia Técnica.....	38

1.Descripción general de los Sistemas de Proyección. Definiciones.*

oGunitar

Gunitar se define como la puesta en obra de un mortero u hormigón a gran velocidad, que es transportado a través de manguera y proyectado neumáticamente sobre un soporte.

La palabra “gunita” no está registrada bajo patentes y creemos que actualmente tiene un sitio seguro en el vocabulario técnico. Se la conoce en todo el mundo bajo este nombre y algunos equivalentes son:

- **Shotcrete** en Estados Unidos.
- **Beton Projecté** en Francia y Bélgica.
- **Spritzbeton** en Alemania y países germánicos.
- Mortero y Hormigón Proyectado en España.

oMortero proyectado

El mortero proyectado se define como un mortero cuyo tamaño máximo de árido puede llegar hasta 8 mm., y que aplicado a máquina se proyecta a gran velocidad sobre una superficie a través de una manguera y una boquilla.

oHormigón proyectado

El hormigón proyectado se define como un hormigón cuyo tamaño máximo de árido es superior a 8 mm., y que aplicado a máquina se proyecta a gran velocidad sobre una superficie a través de una manguera y una boquilla.

oGunitado por vía seca

Procedimiento mediante el cual todos los componentes del mortero u hormigón proyectado son previamente mezclados, a excepción del agua que es incorporada en la boquilla de salida antes de la proyección de la mezcla. El transporte de la mezcla sin agua se realiza a través de mangueras especiales de forma neumática (flujo diluido) desde la máquina hasta la boquilla de proyección.

oGunitado por vía húmeda

Procedimiento mediante el cual todos los componentes del mortero u hormigón proyectado son previamente mezclados, incluyendo el agua, antes de ser incorporados a la manguera a través de la cual serán transportados (flujo diluido o flujo denso) hasta la boquilla de proyección.

o **Gunitado por vía semihúmeda**

Procedimiento mediante el cual todos los componentes del mortero u hormigón proyectado son previamente mezclados, a excepción de una parte del agua que es incorporada a 4-5 metros de la boquilla especial de salida antes de la proyección de la mezcla. Se utilizan áridos hasta con el 8 % de humedad, bien debido a su procedencia o añadiéndole dicha agua en planta. El transporte de la mezcla se realiza a través de mangueras especiales de forma neumática (flujo diluido) desde la máquina hasta la boquilla de proyección.

• **Rebote de proyección**

Componentes del hormigón ó mortero proyectado que no quedan incorporados a la superficie proyectada, al ser rechazados por ésta.

• **Aspecto**

La superficie natural del hormigón proyectado es rugosa. Esta rugosidad dependerá sobre todo del tamaño del árido grueso utilizado y de la técnica de proyección. El gunitador determina el aspecto del mismo.

• **Coloración**

Sobre todo en la vía seca, aparece una variación de tonalidades grises en la superficie debidas a la distribución del agua sobre la misma, y sobre todo cuando se emplean acelerantes de fraguado o cuando se ejecutan los trabajos en varias fases.

• **Adherencia**

La propiedad más llamativa del hormigón proyectado es su adherencia al soporte, con la condición de que éste sea sólido, limpio y exento de partes sueltas. La mezcla choca sobre el soporte a una velocidad elevada, taponando las irregularidades, las fisuras y los poros con la ayuda de las partículas más finas, es decir, el cemento y los fillers. A la vez, sobre el soporte se forma una fina capa de pasta de cemento, en la cual se incrustan los granos de árido grueso, efectuándose un puente o lechada de adherencia, lo que garantiza después del endurecimiento una fijación sólida al soporte. Su resistencia al desprendimiento vendrá dada por esta cualidad, variando según la naturaleza de la superficie de aplicación. Esta resistencia al desprendimiento varía entre 0,3 y 2,0 N/mm².

• **Porosidad**

El hormigón proyectado generalmente contiene una mayor cantidad de áridos finos y de cemento que un hormigón tradicional, por lo cual su porosidad es menor. Si además la relación agua/cemento es menor y la compacidad elevada, se crean poros bajo forma de inclusiones de aire que no se comunican entre sí.

• **Densidad aparente**

El contenido de cemento y la porosidad determinan la densidad aparente del hormigón proyectado, la cual varía entre 2,1 y 2,3 kg/dm³.

Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

•Resistencia a compresión

Es la propiedad más medible de un hormigón proyectado y en la que se basa todas las exigencias en los pliegos de condiciones de una obra. Esta resistencia se rige según los principios de la tecnología del hormigón. Dicha resistencia a compresión es, la mayoría de las veces, ligeramente inferior a la de un hormigón normal de granulometría 0-30 mm., debido principalmente a la finura del hormigón proyectado. Como dato standard se alcanzan resistencias a compresión no inferiores a 250 - 300 kg/cm² a los 28 días. Sin embargo, una característica fundamental del hormigón proyectado es la evolución de resistencias con el tiempo a causa de su elevado contenido en cemento.

•Resistencia a tracción

La resistencia a tracción obtenida en un hormigón proyectado varía entre 1,6 y 2,1 N/mm² a los 28 días, y 3,3 - 5,3 N/mm² a los tres años. Estos valores aumentan notablemente con la adición de fibras metálicas.

•Permeabilidad

Un hormigón es estanco según la norma UNE si su coeficiente de permeabilidad Darcy es igual a 50 x 10⁻¹⁰ m/s. En el caso del hormigón proyectado su coeficiente de permeabilidad es inferior. Esta permeabilidad es regularmente más acusada en la dirección paralela a las capas de proyección.

•Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad del hormigón proyectado varía entre 28.000 y 33.000 N/mm².

1.1.Normas

Hasta hace pocos años, el empleo y control del hormigón proyectado era desconocido para la mayoría de los contratistas y administraciones. En la actualidad existe en España una Normativa amplia y suficiente:

UNE 83600 - Clasificación y definiciones

UNE 83601 - Determinación del tiempo de fraguado

UNE 83602 - Preparación de muestras

UNE 83603 - Determinación Resistencias por Penetrómetro

UNE 83604 - Resistencia al arrancamiento

UNE 83605 - Preparación probetas testigo

UNE 83606 - Ensayo a flexotracción

UNE 83607 - Recomendaciones de utilización

UNE 83608 - Determinación del rechazo

UNE 83609 - Ensayo penetración/extracción



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

Independientemente de la normativa y para el diseño de sostenimientos y revestimientos en túneles y taludes, es importante aclarar que los criterios de diseño son:

❶ CRITERIOS

- 20 cm. de M/HP => 400 Kg./m²
- R. Tracción => 1,8 N/mm²
- M. Elasticidad => 30.000 N/mm²
- Adherencia => 1 N/mm²

En lo que respecta a las necesidades de excavación en túneles, la optimización de las características del hormigón proyectado, deberán de cumplir con:

❷ OPTIMIZACIÓN

- R. Compresión necesaria para perforación y voladuras:
=> 10 N/mm² = 100 Kg./cm²

Y en cuanto al control de las características de resistencia a compresión, las más normales son:

❸ R. A COMPRESIÓN MÍNIMAS

- 6 Horas > 50 Kg./cm²
- 1 Día > 100 Kg./cm²
- 7 Días > 200 Kg./cm²
- 28 Días > 250 Kg./cm²
- 90 Días > 300 Kg./cm²

La tecnología del sostenimiento de túneles y taludes con hormigón proyectado, dispone de "herramientas" de diseño que contemplan las resistencias a compresión iniciales: "hormigón proyectado joven" y que se regulan bajo el siguiente criterio.

En cuanto a las normas UNE para hormigón proyectado la que recoge su utilización es la **UNE 83.607-94**, en donde se reflejan los campos de utilización, definiciones, materiales, preparación, instalaciones, requisitos, ensayos, métodos de ensayo, procedimientos y especificaciones

1.2.Limitaciones

El hormigón proyectado en su aplicación por los diferentes sistemas existentes está influenciado por numerosas variables que influyen tanto en la calidad como en las prestaciones de dicho hormigón proyectado. Por lo tanto será necesario en cualquier caso la realización de ensayos previos tanto de los áridos, cemento (tipo, edad, procedencia), temperatura (ambiente, del agua, hormigón, del soporte), humedad relativa, etc., con el fin de asegurar una óptima calidad del hormigón proyectado.



2.Productos y Sistemas

2.1.Productos

La calidad de los materiales a utilizar, los áridos y sus granulometrías, el cemento y su dosificación, el lugar y las condiciones de trabajo, y por último el equipo empleado influyen en la calidad del hormigón proyectado. Se deberán realizar ensayos previos, tanto del funcionamiento de los equipos como de los materiales a emplear, para determinar así la composición más idónea y la calidad del equipo a utilizar.

2.1.1.Áridos

Los áridos a emplear en los morteros y hormigones proyectados se obtendrán por la selección y clasificación de materiales naturales o procedentes de machaqueo, o por una mezcla de ambos. Pueden emplearse áridos que no cumplan con la granulometría citada, siempre que en los ensayos preliminares se obtengan buenos resultados. La arena para las capas de acabado y otras aplicaciones especiales, puede ser también más fina que la granulometría especificada. No obstante, deberá tenerse siempre en cuenta que las arenas más finas favorecen la retracción y las más gruesas incrementan el porcentaje de rebote.

Estos áridos estarán compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y de una calidad uniforme. Su forma será redondeada o cúbica y contendrá menos del 15% de partículas planas, delgadas o alargadas, definiendo como una partícula alargada aquella que tiene su máxima dimensión cuatro veces mayor que la mínima. El empleo de áridos finos o gruesos, o una mezcla de ambos, se hará de acuerdo con el espesor a aplicar en el mortero u hormigón proyectado. Como norma general en ningún caso se emplearán tamaños superiores a 15 mm., ya que se aumentarían considerablemente los porcentajes de rebote de proyección, a la vez que dificultaría el bombeo de la mezcla a través de las mangueras de transporte.

Se define como **árido fino** para morteros y hormigones el material compuesto por partículas duras y resistentes del que pasa por el tamiz (nº 4 ASTM) un mínimo del 95 % en peso. Este árido fino estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contengan el cemento (EHE).

Se define como **árido grueso** para hormigones, la fracción de árido mineral de la que queda retenida en el tamiz (nº 4 ASTM) un mínimo de 70% en peso. Los áridos gruesos podrán ser rodados o de machaqueo, debiendo en ambos casos estar constituidos por partículas limpias, sólidas, resistentes y duraderas, de una granulometría uniforme y estar exentas de polvo, suciedad, arcilla, materia orgánica u otras materias perjudiciales. Así mismo, este árido grueso estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis.

Las curvas granulométricas **0-4, 0-8, 0-12, 0-15, 0-20 y 0-25** utilizadas por **Sika** para determinar la composición de los áridos se han obtenido a partir de las normas que reflejan un compendio amplio basado en la experiencia de trabajos ejecutados durante un periodo de muchos años:

Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

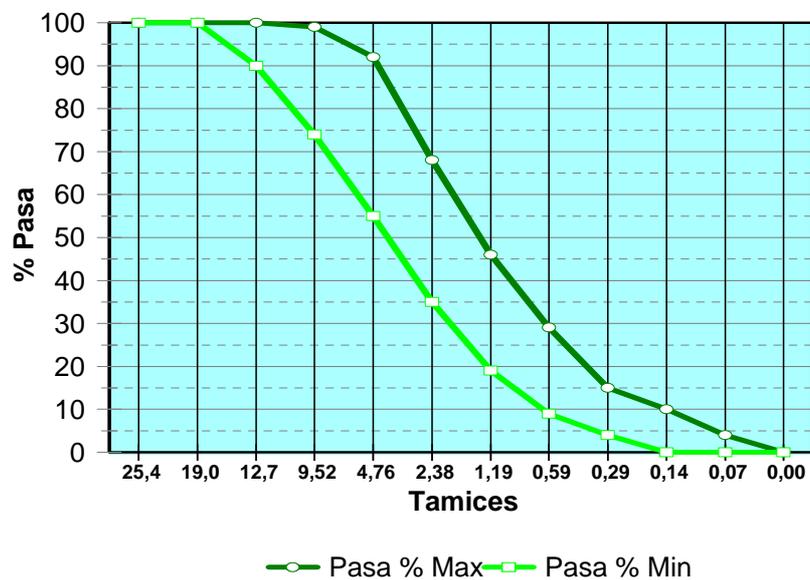
- UNE 83.607-94
- ASTM C 3
- BS 882 (Normas inglesas)
- A.C.I. (Publicación SP-14)
- Curvas granulométricas de LINDER
- Curvas granulométricas de DRÖGSLER

Las curvas para vía seca y vía húmeda 0-12 son las más utilizadas actualmente para la confección de hormigones proyectados y se reflejan en las figuras siguientes.

HUSO GRANULOMÉTRICO 0-12

Hormigón Proyectado Vía Húmeda

UNE 83-607-94



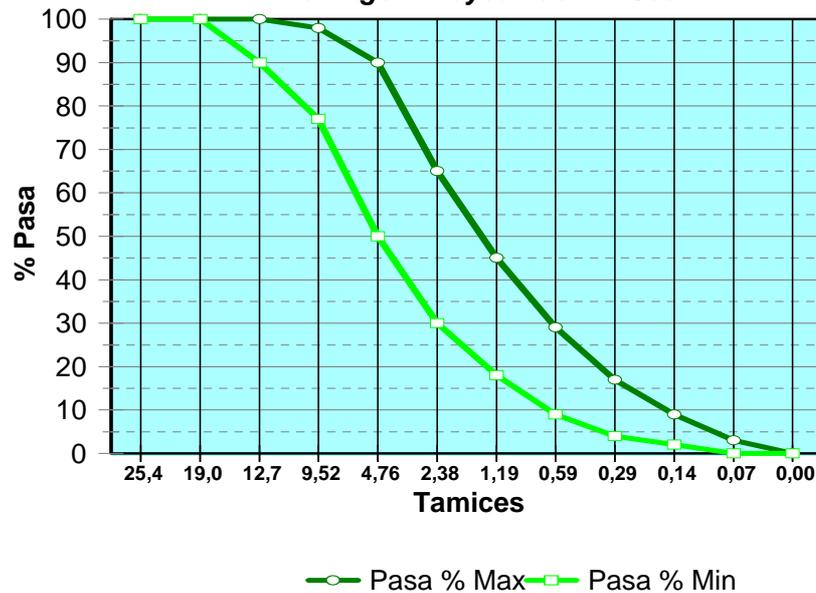
Huso granulométrico 0-12 para hormigón proyectado por vía húmeda



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
www.sika.es

HUSO GRANULOMÉTRICO 0-12 Hormigón Proyectado Vía Seca

UNE 83-607-94



Huso granulométrico 0-12 para hormigón proyectado por vía seca

2.1.2.Cementos.

Se usarán cementos expresamente indicados en los planos o especificaciones y cuya definición figura en el “**Pliego General de Condiciones**” para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos. También deberán cumplir las recomendaciones y prescripciones contenidas en la EHE, y las que en lo sucesivo, sean aprobadas con carácter oficial por el Ministerio de Fomento. Normalmente los cementos a utilizar en los morteros u hormigones proyectados serán del tipo I categorías I 42,5 R y I 52,5 R. En caso de que las condiciones especiales locales lo aconsejaren, se podrán utilizar otros cementos con la aprobación de los proyectistas. A ser posible, el cemento será de un mismo tipo y de la misma marca, y se fabricará en una misma planta. En los casos en que la gunita vaya a ser expuesta a la acción de suelos o aguas subterráneas con una alta concentración de sulfatos, deberá emplearse cemento resistente a sulfatos (sulforesistente).

En los tratamientos para revestimientos refractarios, se deberá emplear cemento aluminoso (endurecimiento rápido), que confiera resistencia al calor y proporcione una mayor resistencia a determinados ácidos. Sin embargo, su empleo requiere una serie de precauciones, debido a su elevado calor inicial de hidratación. Estas precauciones incluyen una limitación del volumen de la carga y la limpieza frecuente de la maquinaria, equipo y mangueras; también necesitará el empleo de arena muy seca y un fratasado rápido.



Tipos de Cemento	Denominación	Designación	Clinker K	Escoria de h. alto S	Humo Sílice D	Puzolanas Naturales P	Cenizas Volcantes V	Caliza L	Compon. Minorit. Adic.
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Cemento Portland con escoria	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland con humo de sílice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	0-5
	Cemento Portland con puzolana	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	0-5
	Cemento Portland con ceniza volcanta	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	21-35	-	0-5
	Cemento Portland con caliza	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	6-20	0-5
Cemento Portland mixto	CEM II/A-M	80-94	←-----6-20-----→						
	CEM II/B-M	65-74	←-----21-35-----→						
CEM III	Cemento de hormo alto	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Cemento puzolánico	CEM IV/A	65-89	-	←-----11-35-----→			-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	←-----36-55-----→			-	0-5
CEM V	Cemento Compuesto	CEM V/A	40-64	18-30	-	←-----18-30-----→		-	0-5

Clasificación de los tipos de cemento

En la mezcla de hormigón proyectado el cemento actúa como un “pegamento” que aglutina y embebe a los áridos dentro de la matriz del cemento. El cemento también es el principal lubricante para un correcto bombeo del hormigón proyectado. Además el cemento será el principal responsable de las características finales del hormigón proyectado una vez colocado. Sin embargo, aquí existe un requerimiento adicional fundamental que no existe en el hormigón tradicional y es que el cemento que se emplee en el hormigón proyectado deberá tener un fraguado extremadamente rápido y proporcionar unas resistencias iniciales muy elevadas.

Un cemento que no reaccione bien con los aditivos acelerantes de fraguado o con las posibles adiciones que se puedan incluir, o un cemento lento con adiciones no será adecuado para la fabricación de un hormigón proyectado que se pueda aplicar en el frente de excavación para realizar un correcto sostenimiento.

2.1.3. Agua.

El agua para mezclar y curar deberá estar limpia y exenta de sustancias que puedan dañar al hormigón o al acero. En los casos en que revista importancia la estética, el agua de curado deberá carecer de elementos que produzcan posibles manchas. El agua de amasado está constituida fundamentalmente por la directamente añadida a la amasada y por la procedente de la humedad de los áridos.

El agua deberá cumplir las prescripciones de la EHE. Los límites máximos de cloruros y sulfatos serán, en peso, los siguientes:

Cloruros expresados en ión Cl⁻ 6.000 p.p.m.

Sulfatos expresados en ión SO₄⁻² 1.000 p.p.m.



En cualquier caso, antes de emplear cualquier clase de aguas en el lavado de áridos, amasado y curado, será necesario efectuar cuantos ensayos se consideren precisos para que resulte idónea.

2.1.4. Aditivos.

Tanto en los procedimientos por vía seca como por vía húmeda, **Sika** pone a disposición de sus clientes un servicio de asistencia para la confección de hormigón proyectado a medida. Dados unos datos iniciales sobre la gunita y el hormigón proyectado, es importante definir: **¿Qué son los aditivos a medida para el hormigón proyectado?** Cuando se confecciona un proyecto en el cual se especifica una característica de resistencia a compresión de un hormigón proyectado, se suelen definir las resistencias a **24 horas, 3 días, 7 días y 28 días**, para cumplir las necesidades del sostenimiento.

Así mismo, la composición del hormigón conlleva la elección de unos áridos, la dosificación de cemento y la adición de aditivos para reducir el rechazo, bajar la formación de polvo, establecer la relación agua/cemento, conseguir los rendimientos previstos y dosificar adecuadamente los aditivos. Todos estos parámetros dependerán de:

- Áridos
- Cementos
- Personal especialista
- Maquinaria
- Aditivos: Acelerantes, Superplastificantes, Estabilizadores, etc.

Sika dispone de una serie de productos para el Hormigón Proyectado, así como una tecnología que comprende:

HORMIGÓN PROYECTADO	
Aditivos acelerante de fraguado:	
- Polvo:	SIGUNITA® R SIGUNITA® 49 AF
- Líquidos:	SIGUNITA® L-65 SIGUNITA® L-22-R

Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

SIGUNITA® L-26-R SIGUNITA® L-53 AFS SIGUNITA® L-72 AFS	
Aditivos superfluidificantes:	SIKAMENT T 1405 SIKAMENT T 3402 SIKA VISCOCRETE SC 305
Adiciones:	
- Estabilizador:	SIKATARD 930 SIKATARD 203
- Humo de sílice:	SIKAFUME S-92-D
- Reductor de rebote:	SIKATELL® 200

Los **materiales básicos** a utilizar son: aditivos acelerantes de fraguado **SIGUNITA®** en sus diferentes tipos dependiendo de la aplicación (vía seca o vía húmeda), superfluidificantes **SIKAMENT®** o **SIKA VISCOCRETE®** y aditivos estabilizadores de fraguado **SIKATARD®** para vía húmeda. Estos podrán sufrir modificaciones como consecuencia de las investigaciones que se realizan continuamente, sin que por ello cambien los procedimientos de aplicación. En caso de producirse dichas modificaciones serán comunicadas oportunamente por medio de un documento anexo a este PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Como **productos complementarios o auxiliares** se pueden considerar las adiciones a base de humo de sílice SIKA® FUME S 92 D los aditivos facilitadores de bombeo como SIKA® PUMP y los aditivos reductores del rebote SIKATELL®.

2.1.4.1 Aditivos acelerantes de fraguado

SIGUNITA® R

Aditivo acelerante de fraguado e impermeabilizante en polvo, especialmente indicado para trabajos de hormigón proyectado por vía seca.

DATOS TECNICOS



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
E-Mail: info@es.sika.com
www.sika.es

Tipo: Sustancias inorgánicas especiales
 Aspecto:Polvo blanco
 Almacenamiento: En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
 Conservación:2 años
 Presentación:Sacos de 16 kg.
 Dosificación:3-7% del peso del cemento

Se recomienda su empleo en los casos en que la calidad de los áridos o del cemento no sea la adecuada. Permite la aplicación de espesores importantes de gunita incluso en proyecciones en bóveda, reduciendo a su vez el rechazo.

SIGUNITA® 49 AF

Aditivo acelerante de fraguado mineral, en polvo, exento de productos alcalinos, especialmente indicado para morteros y hormigones proyectados por vía seca.

DATOS TECNICOS

Tipo: Sustancias minerales especiales
 Aspecto:Polvo beige
 Almacenamiento: En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
 Conservación:1 año
 Presentación:Sacos de 20 kg.
 Dosificación:4-7% del peso del cemento

Es un producto de la última tecnología química de los aditivos acelerantes, no contiene álcali lo que le hace un producto de fácil manipulación y libre de toxicidad.

Permite la aplicación de espesores importantes de hormigón proyectado, reduciendo el rebote de proyección, aumentando las resistencias iniciales, y sin influir en la bajada de resistencias finales a 28 días, lo que posibilita reducciones significativas en las cantidades de cemento a utilizar.

SIGUNITA® L-65

Aditivo acelerante de fraguado en estado líquido a base de sustancias inorgánicas especiales (silicato), especialmente indicado para trabajos de morteros y hormigones proyectados por vía seca y húmeda.

DATOS TECNICOS

Tipo: Sustancias inorgánicas especiales
 Aspecto:Líquido incoloro
 Densidad:aprox. 1,36 kg/lit

Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es



pH:aprox. 10,5
 Temperat. de trabajo:Por encima de 1°C
 Almacenamiento: En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
 Conservación:6 meses
 Presentación:Bidones de 250 kg., ó a granel
 Dosificación:3-10% del peso del cemento

Aumenta las resistencias iniciales del hormigón proyectado, reduciendo a su vez el rebote de proyección.

SIGUNITA® L-22 R

Aditivo acelerante de fraguado e impermeabilizante en estado líquido, especialmente indicado para trabajos de morteros y hormigones proyectados por vía húmeda.

DATOS TECNICOS

Tipo: Sustancias inorgánicas especiales
 Aspecto:Líquido amarillento
 Densidad:aprox. 1,5 kg/lit
 pH:aprox. 12
 Temperat. de trabajo:Por encima de 1°C
 Almacenamiento: En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
 Conservación:3 meses
 Presentación:Contenedores de 1 m³ ó a granel
 Dosificación:3-6% del peso del cemento

Aumenta las resistencias iniciales del hormigón proyectado por vía húmeda, permitiendo la aplicación de espesores importantes de hormigón incluso en trabajos en bóveda, disminuyendo el rebote de proyección.

SIGUNITA® L-26 R

Aditivo acelerante de fraguado e impermeabilizante en estado líquido, especialmente indicado para trabajos de morteros y hormigones proyectados por vía húmeda.

DATOS TECNICOS

Tipo: Sustancias inorgánicas especiales
 Aspecto:Líquido amarillento
 Densidad:aprox. 1,48 kg/lit
 pH:aprox. 12
 Temperat. de trabajo:Por encima de 1°C
 Almacenamiento: En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
 Conservación:3 meses
 Presentación:Contenedores de 1 m³ ó a granel
 Dosificación:3-6% del peso del cemento

Aumenta las resistencias iniciales del hormigón proyectado por vía húmeda, permitiendo la aplicación de espesores importantes de hormigón incluso en trabajos en bóveda, disminuyendo el rebote de proyección.

SIGUNITA® L-53 AFS



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

Aditivo acelerante de fraguado en estado líquido, exento de productos alcalinos, especialmente indicado para trabajos de morteros y hormigones proyectados.

DATOS TECNICOS

Tipo: Sustancias inorgánicas especiales
 Aspecto:Líquido blanquecino
 Densidad:aprox. 1,44 kg/lit
 pH:aprox. 3
 Temperat. de trabajo:Por encima de 1°C
 Almacenamiento:En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
 Conservación:3 meses
 Presentación:Contenedores de 1 m³ ó a granel
 Dosificación:3-6% del peso del cemento

Es un producto de la última tecnología química de los aditivos acelerantes, no contiene álcali lo que le hace un producto de fácil manipulación y libre de toxicidad. Permite la aplicación de espesores importantes de hormigón proyectado, reduciendo el rebote de proyección, aumentando las resistencias iniciales, y sin influir en la bajada de resistencias finales a 28 días, lo que posibilita reducciones significativas en las cantidades de cemento a utilizar.

SIGUNITA® L-72 AFS

Acelerante líquido de fraguado para hormigones proyectados de altas prestaciones, libre de álcalis.

DATOS TECNICOS

Tipo: Sustancias inorgánicas especiales
 Aspecto:Líquido pardo
 Densidad:aprox. 1,45 kg/lit
 PH:aprox. 3
 Temperat. de trabajo:Por encima de 1°C
 Almacenamiento:En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
 Conservación:3 meses
 Presentación:Contenedores de 1 m³ ó a granel
 Dosificación:3-8% del peso del cemento

Es un producto de la última tecnología química de los aditivos acelerantes, no contiene álcali lo que le hace un producto de fácil manipulación y libre de toxicidad. Permite la aplicación de espesores importantes de hormigón proyectado, reduciendo el rebote de proyección, aumentando las resistencias iniciales, y sin influir en la bajada de resistencias finales a 28 días, lo que posibilita reducciones significativas en las cantidades de cemento a utilizar.

2.1.4.2 Aditivos superfluidificantes.

SIKAMENT® T – 1405



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

Aditivo superfluidificante de efecto prolongado para hormigones proyectados por vía húmeda.

DATOS TECNICOS

Tipo: Naftaleno folmaldehído
 Aspecto:Líquido marrón oscuro
 Densidad:aprox. 1,2 kg/lt
 pH:aprox. 8
 Almacenamiento: Al resguardo del hielo
 Conservación:2 años
 Presentación:contenedor de m³, ó a granel
 Dosificación:0,8-2,5% del peso del cemento

Mejora la manejabilidad del hormigón disminuyendo la segregación y exudación de agua y permitiendo reducir el agua de amasado hasta un 30 %. Aumento de las resistencias a 28 días en torno al 40 % .

SIKAMENT® T – 3402

Aditivo superfluidificante de alto rendimiento para fabricación de hormigones proyectados por vía húmeda.

DATOS TECNICOS

Tipo: Copolímeros vinílicos modificados
 Aspecto:Líquido verdoso
 Densidad:aprox. 1,14 kg/lt
 pH:aprox. 6,5
 Almacenamiento: Al resguardo del hielo
 Conservación:2 años
 Presentación:Contenedores de 1 m³., ó a granel
 Dosificación:0,5-1,5% del peso del cemento

Especialmente indicado en la fabricación de hormigones muy fluidos o como reductor de agua de alta actividad permitiendo obtener resistencias iniciales y finales.se utiliza como superplastificantes para la fabricación de hormigones proyectados por vía húmeda, hormigones para revestimiento estructurales, piezas con gran densidad de armaduras, losas, muros, etc...

SIKA VISCOCRETE SC-® 305

Aditivo superfluidificante de alto rendimiento para hormigones proyectados.

DATOS TECNICOS



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

Tipo: Agente dispersante sintético
 Aspecto:Líquido verde
 Densidad:aprox. 1,1 kg/lt
 pH:aprox. 4,3
 Almacenamiento: Al resguardo del hielo
 Conservación:15 meses
 Presentación:Contenedor de 1 m³, ó a granel
 Dosificación:0,6-1,5% del peso del cemento

Con el uso del Sika Viscocrete® SC-305, el hormigón proyectado se retarda y estabiliza, y se mantiene sin pérdida de trabajabilidad durante el transporte, hasta un tiempo de 3 horas. Sika Viscocrete® SC-305 mejora el tiempo abierto y la trabajabilidad, dando como resultado una menor presión de proyección. La combinación del Sika Viscocrete® SC-305 y los acelerantes de la gama Sigunita® incrementa en gran medida la rapidez de adquisición de resistencias.

2.1.4.3 Aditivos estabilizadores de fraguado

SIKATARD® 203

Aditivo plastificante y estabilizador de fraguado especialmente indicado para trabajos de hormigón proyectado por vía húmeda.

DATOS TECNICOS

Tipo: Agente dispersante sintético
 Aspecto:Líquido marrón oscuro
 Densidad:aprox. 1,22 kg/lt
 pH:aprox. 3
 Almacenamiento: En lugar seco y fresco, entre 1º y 35ºC
 Conservación:2 año
 Presentación:Bidones de 240 kg.
 Dosificación:0,5-2% del peso del cemento

El Sikatard 203 tiene un alto efecto plastificante sobre el hormigón fresco, además de conferirle propiedades retardantes y estabilizantes permitiendo aumentar el tiempo de trabajabilidad de las mezclas.

SIKATARD® 930

Aditivo estabilizador de fraguado especialmente indicado para trabajos de hormigón proyectado por vía húmeda.

DATOS TECNICOS

Tipo: Solución acuosa de sales policarbonatadas
 Aspecto:Líquido incoloro
 Densidad:aprox. 1,11 kg/lt
 pH:aprox. 3
 Almacenamiento: En lugar seco y fresco, entre 1º y 35ºC
 Conservación:1 año
 Presentación:Contenedores de m³
 Dosificación:0,2-3% del peso del cemento



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

Con la utilización de los aditivos estabilizadores se fluidifica enormemente el hormigón, reduciéndose así la relación agua/cemento, y retrasando la hidratación del cemento durante un tiempo determinado. Este hormigón estabilizado puede activarse en cualquier momento mediante un aditivo acelerante de fraguado sin pérdida en la calidad del hormigón.

2.1.4.4 Productos complementarios

SIKAFUME® S-92 D

Adición a base de humo de sílice, especialmente indicada para aumentar la cohesión del hormigón fresco y las resistencias mecánicas y químicas en el hormigón endurecido.

DATOS TECNICOS

Tipo: Humo de sílice densificado
 Aspecto: Polvo gris
 Almacenamiento: En lugar seco y fresco, entre 5º y 30ºC
 Conservación: 1 año
 Presentación: Sacos de 20 kg.
 Dosificación: 5% del peso del cemento

Con la utilización de esta adición se aumenta de una manera importante la cohesión del hormigón fresco, mejorando al mismo tiempo las resistencias mecánicas a largo plazo, y reduciendo considerablemente el rechazo en el hormigón proyectado.

SIKA® PUMP

Aditivo que mejorador del bombeo.

DATOS TECNICOS

Tipo: Solución polimérica reguladora de viscosidad
 Aspecto: Líquido verde claro
 pH: Aprox. 9
 Densidad: Aprox. 1,01 kg/lit
 Almacenamiento: Protegido de las heladas, entre 5º y 30ºC
 Conservación: 2 años
 Presentación: Contenedor de m³, ó a granel
 Dosificación: 0,2-1,5% del peso del cemento

Con la utilización de este aditivo se facilita el bombeo de mezclas poco favorables, con áridos con bajo contenido de finos, protegiendo a su vez las bombas y conducciones contra el desgaste excesivo.

SIKATELL® 200

Aditivo líquido que actúa como medio de cohesión adhesivo y como reductor del rebote en trabajos de hormigón proyectado por vía húmeda.



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

DATOS TECNICOS

Tipo: Solución acuosa de ácido silícico coloidal
 Aspecto:Líquido amarillento
 pH:Aprox. 10
 Densidad:Aprox. 1,27 kg/lt
 Almacenamiento: Protegido de las heladas, entre 5º y 30ºC
 Conservación:1 año
 Presentación:Bidón de 200 kg,
 Dosificación:1-4% del peso del cemento

Con la utilización de este aditivo se obtienen hormigones proyectados por vía húmeda de elevada calidad, altas resistencias y densidades, reduciéndose el rebote de proyección hasta niveles mínimos.

2.2.Sistemas

2.2.1.Tipos de hormigón proyectado

•SEGÚN SU APLICACIÓN

Dependiendo del tipo de aplicación, el hormigón proyectado se puede clasificar en:

- **HPI:** Hormigón proyectado para reparaciones, mejora de superficies y pequeños soportes durante su construcción.
- **HPII:** Hormigón proyectado de sostenimiento en excavaciones, rocas, cimentaciones, zapatas, etc.
- **HPIII:** Hormigón proyectado estructural

Estos tipos se definirán seguidos de la resistencia característica solicitada a los 28 días (p.e. HPIII250)

•SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS

Dependiendo de las características que se le exijan al hormigón proyectado, éste se puede clasificar en:

- Mortero proyectado
- Hormigón proyectado
- Hormigón proyectado refractario
- Hormigón proyectado con fibras
- Hormigón proyectado ligero

2.2.2.Sistemas de proyección.



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

Existen tres procedimientos distintos de proyección, que se conocen como **Vía seca, vía húmeda y vía semihúmeda**.

El sistema de proyección por vía seca resulta satisfactorio y ha sido hasta hace unos 15 años el método más empleado.

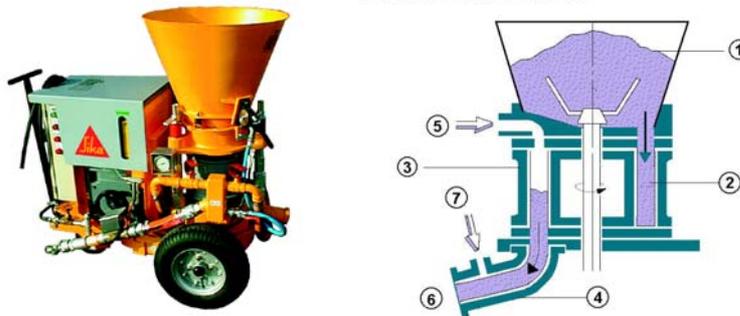
El sistema de proyección por vía húmeda se ha generalizado completamente en el mercado, aunque lleva consigo una necesidad de empleo de más servicios.

El sistema de proyección por vía semihúmeda, que consiste en la adición del agua a la mezcla de hormigón aproximadamente a 5 m de la boquilla de proyección, es un proceso que evita fundamentalmente que la mezcla seca (sobre todo el cemento) se disperse a la hora de realizar la proyección.

Sistema de proyección por vía seca

El sistema de proyección por vía seca consta de una serie de fases y requiere la utilización de una serie de equipos especializados. Las diferentes fases que conforman este sistema son las siguientes.

Esquema de Funcionamiento



Equipo Aliva 246. Esquema de funcionamiento

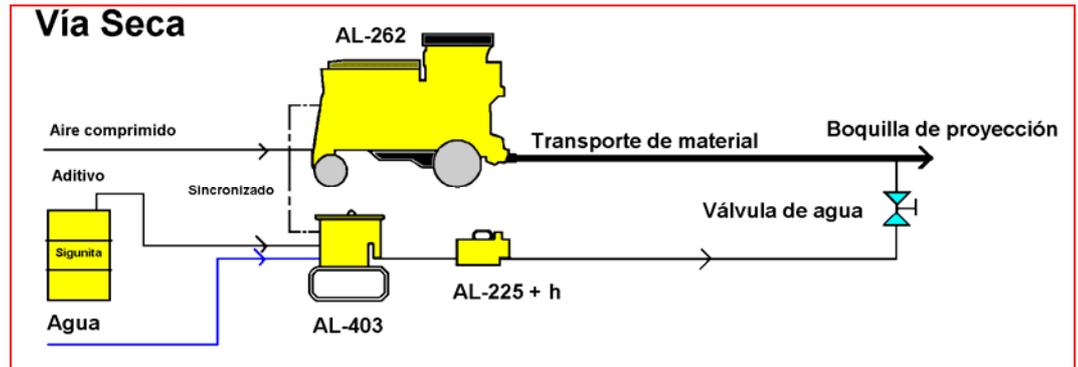
1º El cemento y los áridos se mezclan adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad de la mezcla. Lo normal es utilizar un cemento Portland tipo I 42.5 R / I 52.5 R aunque en ocasiones se emplean cementos especiales de otro tipo, junto con diferentes clases de áridos (artificiales o naturales, de río o machaqueo).

2º La mezcla de cemento/áridos en seco se introduce en la máquina de proyección a través de la tolva de alimentación.

3º La mezcla entra en la manguera de transporte mediante una rueda o distribuidor (rotor). En esta fase se puede añadir el aditivo acelerante de fraguado en polvo a la mezcla para conseguir resistencias iniciales altas y favorecer la disminución de rebote.

4º La mezcla se transporta mediante aire comprimido hasta una boquilla o pistola especial. Esta boquilla va equipada con un distribuidor múltiple perforado a través del cual se pulveriza el agua a presión y/o el aditivo acelerante de fraguado líquido, que se mezcla con el conjunto cemento/áridos.

5º La mezcla ya húmeda se proyecta desde la boquilla sobre la superficie que debe gunitarse.



Sistema de proyección por vía seca

Sistema de proyección por vía húmeda

La gunita posee propiedades específicas que se manifiestan especialmente a través de la naturaleza del método de colocación. La gunita proyectada por vía seca posee estas propiedades, mientras que en la gunita proyectada por vía húmeda se consiguen morteros y hormigones de propiedades equivalentes con técnicas de dosificación y aditivos.

Las máquinas de proyección por vía húmeda existentes en el mercado pueden ser de dos tipos: **Flujo diluido** y **Flujo denso**, (transporte por aire comprimido o transporte por bombeo respectivamente). Dichas máquinas proporcionan unos elevados rendimientos, similares en todos los casos a las ofrecidas por las máquinas de vía seca.

El sistema más utilizado en la actualidad es el método de proyección por vía húmeda y flujo denso. Dichas máquinas se limitan a un bombeo de la mezcla de hormigón a través de mangueras especiales hasta una boquilla de proyección en la cual se le incorpora el aire comprimido y el aditivo acelerante de fraguado, obteniéndose así un mortero u hormigón con una compactación suficiente. Con el empleo de este sistema de proyección, y los recientes desarrollos de aditivos superplastificantes, aditivos acelerantes, maquinaria, bombas dosificadoras, etc., se ha conseguido un sistema de altas prestaciones en cuanto a rendimientos, mínima formación de polvo y de rebote de proyección, así como un mantenimiento constante de la relación agua/cemento.

El sistema de proyección por vía húmeda requiere de una serie de equipos especializados, y consta de las siguientes fases:

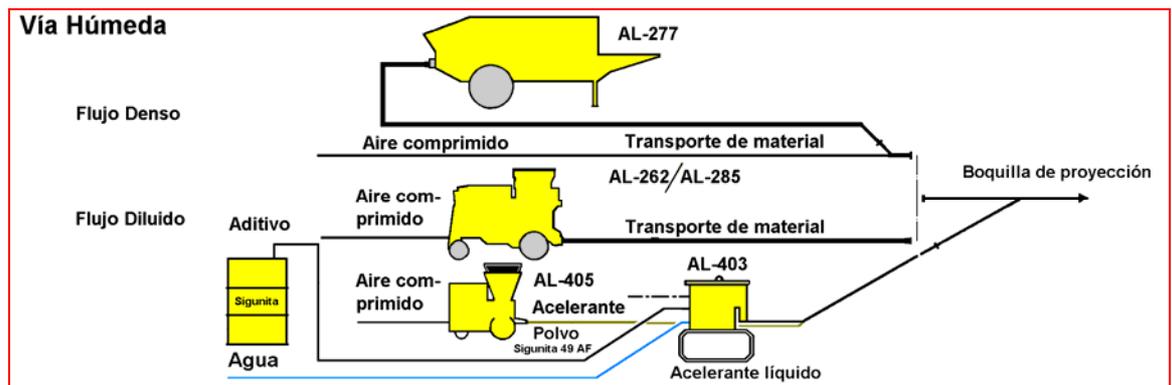
1º El cemento, los áridos, el agua y los aditivo y adiciones se mezclan en la planta de hormigón adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad de la mezcla resultante. Lo normal es utilizar un cemento Portland tipo I 42.5 R / I 52.5 R aunque en ocasiones se emplean cementos especiales de otro tipo, junto con diferentes clases de áridos (artificiales o naturales, de río o machaqueo). Además, es conveniente estudiar el cono de salida del hormigón así como el tiempo de transporte para conseguir en el momento de la alimentación a la máquina una plasticidad mantenida durante toda la operación (Conos 12-15 cm). Se suelen aditivar superplastificantes o estabilizadores, según las propiedades requeridas.

2º La mezcla húmeda de cemento/áridos/agua se introduce en la tolva de alimentación de la máquina de proyección.

3º La mezcla entra en la manguera de transporte mediante una rueda o distribuidor (rotor) (**Flujo diluido**), o en los pistones de la bomba (**Flujo denso**).

4º La mezcla se transporta mediante aire comprimido (flujo diluido) o por bombeo (flujo denso) hasta la boquilla de proyección. Los aditivos acelerantes de fraguado líquidos se adicionan en dicha boquilla de proyección, con el fin de conseguir resistencias iniciales altas y favorecer la disminución del rebote de proyección. La boquilla va equipada con un distribuidor de aire, para ayudar a la proyección.

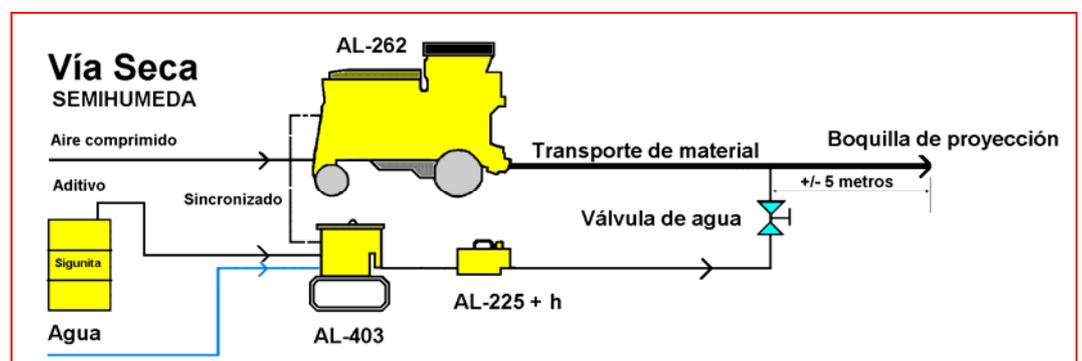
5º La mezcla se proyecta desde la boquilla sobre la superficie que debe gunitarse.



Sistema de proyección por vía húmeda

Sistema de proyección por vía semihúmeda

Este sistema, idéntico en sus primeras fases al sistema de proyección por vía seca, únicamente se diferencia de él en que la adición del agua se efectúa a una distancia de 4-5 m de la boquilla de proyección, mejorándose así las propiedades de la mezcla al llegar a la boquilla de la que saldrá el mortero u hormigón proyectado. Otra de las ventajas de este sistema es que evita el polvo resultante de la proyección por vía seca, así como la pérdida de cemento de la mezcla al salir de la boquilla. También se puede considerar que el agua añadida se incorpora perfectamente durante esos 4-5 m a la mezcla, haciéndola más homogénea y lo que es más importante, manteniendo una relación agua/cemento adecuada.



Sistema de proyección por vía semihúmeda

3.Trabajos previos.

3.1 Calculo de dosificaciones.

Generalmente se recomienda dosificar los materiales en peso.

La curva composición deberá tener una granulometría que encaje en el huso granulométrico correspondiente, normalmente 0-8 ó 0-12 mm. La dosificación de cemento será de unos 400 -450 kg/m³, dependiendo de las resistencias a compresión a 28 días exigidas y del tipo de cemento a emplear, pudiéndose rebajar si se emplea humo de sílice o acelerantes libres de álcali.

En el caso de la vía húmeda, la relación agua/cemento estará comprendida entre 0,38 y 0,45 estando influenciada por la variación del módulo de finura de los áridos y su naturaleza, con el fin de conseguir un cono de proyección idóneo y adecuado para la máquina de proyección (ideal entre 12 y 18 cm).

La dosificación usual de los acelerantes de fraguado es del 3-5% del peso del cemento tanto en polvo como en líquido, salvo los acelerantes a base de silicato, ya en desuso, que necesitan dosificaciones del 8-12%. La dosificación de los superplastificantes y estabilizadores se establecerá mediante pruebas en la misma obra, y dependerá de los áridos y del tiempo de manejabilidad. La adición a base de humo de sílice se añadirá en una dosificación entre el 4-10%, y las cenizas volantes en un porcentaje no superior al 15-20%, dependiendo del tipo de cemento.

Siempre es necesario realizar ensayos previos en la misma obra con el fin de ajustar dosificaciones de áridos, cemento, agua, aditivos y adiciones de acuerdo con las condiciones existentes, para cumplir con las resistencias a compresión.

En la tabla siguiente se proporciona la relación **cemento/árido**, con la resistencia mínima a la compresión.

Estas cifras tan solo representan una directriz general. En cualquier caso, debe hacerse un estudio del porcentaje de rebote o rechazo en las condiciones de la obra, teniendo en cuenta la naturaleza de los materiales a emplear, y lo más importante la experiencia del personal.

Mezcla en volumen	Mezcla en peso	Mezcla <i>in situ</i> en peso	R.C.S. (28 días)	Uso
1:6,5	1:6	1:4,1	220 kg/cm ²	Secciones de gran espesor
1:5,5	1:5	1:3,6	230 kg/cm ²	
1:5	1:4,5	1:3,5	240 kg/cm ²	
1:4,5	1:4	1:3,2	250 kg/cm ²	Universal
1:4	1:3,5	1:2,8	300 kg/cm ²	Alta resistencia
1:3,4	1:3	1:2	360 kg/cm ²	
1:2,2	1:1,2	1:1,2	400 kg/cm ²	Refractario

Una característica importante en la dosificación son los áridos y su granulometría, tanto en la vía seca como húmeda. Como norma general **no** se deben emplear tamaños superiores a 15 mm. La experiencia se refleja en las curvas granulométricas definidas, de lo que se desprende que un ensayo preliminar de los áridos a emplear, el estudio de su granulometría y la dosificación de cemento es muy importante tanto en la vía seca como en la húmeda con el fin de acondicionar la mezcla al equipo empleado.

Posteriormente se deberán regular estas dosificaciones con los aditivos y adiciones, tanto en polvo como líquidos, necesarios para el fin deseado (**Acelerantes, Retardadores, Estabilizadores, Superplastificantes, etc.**), rebotes, resistencias, manejabilidad, formación de polvo, impermeabilidad, etc.



3.2 Fabricación del Hormigón Projectado.

La preparación de la mezcla del hormigón tanto en vía seca como en vía húmeda, necesita efectuarse en una planta adecuada con mezcladora, a ser posible de eje vertical, ya que las exigencias técnicas y las características de sostenimiento obligan a una preparación y mezcla de los componentes homogénea, sobre todo con la incorporación de adiciones y aditivos, necesarios para la aplicación del hormigón proyectado.

Muchas de las causas del mal funcionamiento de las máquinas de proyectar, son ocasionadas por una mala mezcla en plantas dosificadoras, sin amasadora, o por la incorporación de los aditivos y adiciones en el tajo de aplicación.



Detalle de una planta de hormigón de obra

El orden y el tiempo de mezclado de los componentes se debe adecuar a la optimización estudiada, teniendo en cuenta el arte de preparación ideal del hormigón. La incorporación de los aditivos y de las adiciones se debe de efectuar con instalaciones de dosificación apropiadas. El hormigón proyectado por vía húmeda exige una relación agua/cemento menor de 0,42, para que la química de los aditivos acelerantes de fraguado, indispensable en esta aplicación, funcione correctamente. Como por otro lado las máquinas de proyección (tanto en flujo denso como diluido) exigen una consistencia comprendida en cono de Abrams de 8 a 18 cm. (según el tipo de bomba) sin contar con la pérdida de manejabilidad por el transporte, es imprescindible poner los medios necesarios para una buena fabricación del hormigón proyectado y no dejar a la casualidad o a la incorporación de química complementaria la dispersión de resultados o a las opiniones contradictorias del funcionamiento del sistema. Una "herramienta" tan utilizada en el sostenimiento de túneles y taludes, como es el hormigón proyectado, no depende de "milagros" sino que necesita instalaciones contrastadas y bien estudiadas que permitan desarrollar una mezcla y un transporte adecuados según las normas establecidas, para conseguir las características finales de dicho hormigón proyectado y realizar los parámetros solicitados por el proyectista.



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

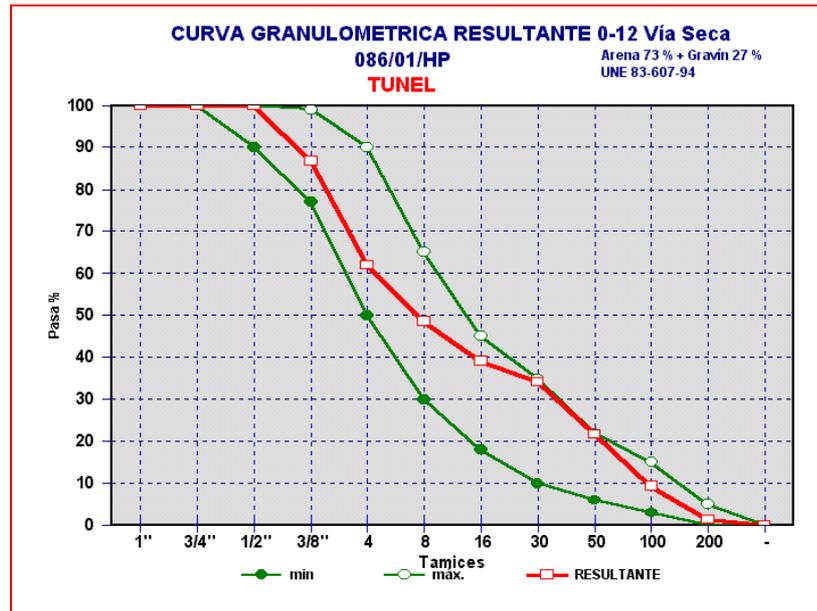
No se puede olvidar que un sostenimiento de un túnel o de un talud tiene además del fin constructivo, una responsabilidad en la seguridad de los equipos y de las dotaciones humanas que intervienen en la Obra. A efectos ilustrativos se especifican ejemplos de **Dosificación tipo** (Con la "receta" de los componentes) y **Huso granulométrico** (Curva composición resultante). Además se adjunta un criterio de consumos y rendimientos de diversas aplicaciones y características de los hormigones proyectados más representativos.

VIA SECA			
Dosificaciones Finales por Metro Cúbico			
COMPONENTES		Kilos	Litros
Cemento	142,5R	385.00	124.19
Arido A	0-5	934.73	591.60
Arido B	0-0	0.00	0.00
Arido C	5-12	579.30	396.78
Adición H. Silice		15.00	21.43
	0 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
Impermeabilizante	2 %	0.00	0.00
Fibras Tipo	Fibra Metálica	35.00	14.00
TOTAL MEZCLA SECA		1949.04	1148.01
A/C Recomendada	0,4 - H. p. Abs.	126.11	126.11
Acelerante 1	4 %	15.40	11.00
Acelerante	4 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
Acelerante L. álcali	6 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
	0 %	0.00	0.00
TOTAL con Acelerantes		2090.54	1285.11
MANEJABILIDAD	3	HORAS	
TUNEL		086/01/HP	20-Mar-01

VIA SECA/SEMIHUMEDA			
Dosificaciones Finales por Metro Cúbico			
COMPONENTES		Kilos	Litros
Cemento	II AN 42,5	400.00	129.03
Arido A	0-8	1646.70	998.00
Arido B	0-0	0.00	0.00
Arido C	0-0	0.00	0.00
Humo de Silice		0.00	0.00
Estabilizador		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
Fibras Tipo	0	0.00	0.00
TOTAL MEZCLA SECA		2046.70	1127.03
A/C=0,4 (corregida)		164.94	164.94
		0.00	0.00
Acelerante	4 %	20.00	14.29
		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
TOTAL con Acelerantes		2231.64	1306.26
VIA SECA/SEMIHUMEDA			
A/C<=0,2 (en áridos)	0.2	40.00	40.00
MANEJABILIDAD APROX.	3	Horas	
Túnel			06-Mar-01

Construction





VIA HÚMEDA

Dosificaciones Finales por Metro Cúbico

COMPONENTES		Kilos	Litros
Cemento	CEM I 42,5 R	385.00	124.19
Arido A	0-5	1176.80	449.16
Arido B	0-0	0.00	0.00
Arido C	5-12	528.71	220.29
Humo de Sílice	4 %	15.00	20.83
		0.00	0.00
		0.00	0.00
Superplastificante		5.78	4.77
Superplastificante		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
Estabilizador		0.00	0.00
Impermeabilizante	1 %	0.00	0.00
AGUA A/C	0.49	219.50	219.50
Fibras Tipo	Fibra Metálica	35.00	14.00
TOTAL MEZCLA		2365.78	1052.75
	4 %	0.00	0.00
	4 %	0.00	0.00
Acelerante	4,0 %	15.40	10.13
	3,5 %	0.00	0.00
Acelerante L. Álcali	6 %	0.00	0.00
	2 %	0.00	0.00
TOTAL con Acelerantes		2381.18	1062.88
MANEJABILIDAD	3	HORAS	
Tunel		099/01/HP	19-Feb-01



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

3.3 Transporte.

El transporte del hormigón proyectado se debe y suele hacerse en camión hormigonera. Tanto en la vía seca como en la vía húmeda, se deberán respetar las normas establecidas (estado y control de las aspás interiores de mezclado), no adicionar nunca agua en su recorrido y estar constantemente en movimiento en su traslado a la obra. El tiempo de transporte total (*mezclado + transporte + aplicación*), se tendrá en cuenta tanto en el diseño de la dosificación, como en la validez de utilización de la mezcla de acuerdo con lo establecido en la Normativa UNE 83607-94. Conviene efectuar un remezclado rápido durante 1 minuto por metro cúbico transportado, antes de servirse a la máquina de proyectar. Si se detectase una manejabilidad o trabajabilidad inferior a la requerida por dicha máquina, se deberá corregir mediante remezclado rápido intenso en el caso de la vía seca o de la corrección del cono mediante la adición de aditivo superplastificante en el caso de la vía húmeda. Nunca se deberá añadir agua, salvo en casos extremos, ya que se puede producir una reducción apreciable en las resistencias a compresión.

4. Aplicación del Hormigón Proyectado

4.1. Preparación de superficies. Todo tratamiento de hormigón proyectado (gunita) necesita una preparación de superficies, según como sea el soporte. Esta preparación de superficies, será con chorro de aire a presión, chorro de aire y agua a presión o chorro de agua a alta presión. Como norma general se deberán retirar los restos de materiales sueltos que estén sobre el soporte, evitando la creación de falsas zonas que no adhieran al revestimiento posterior. En líneas generales se deberá hacer siempre la preparación de superficies mediante humectación del soporte para conseguir las debidas condiciones en cada tipo.

4.2. Colocación de armaduras. Los sistemas normalmente utilizados de fijación de mallas se pueden denominar como fijaciones ligeras. En los casos de obras de Ingeniería Civil, como túneles, muros y taludes se hace necesario la fijación por medio de sistemas pesados, como son bulones, barras, anclajes, etc. En el caso de que dos o más capas de armadura vayan a ser gunitadas, la capa externa no debe ser asegurada directamente con la capa interna, sino que debe ser escalonada de manera que permita a la cara interna ser proyectada sin interferencia.

4.3. Proyección.

Una vez elegido el tipo de máquina, así como el diámetro de las mangueras de proyección, el funcionamiento será el siguiente:

1º Comprobación de las mangueras de proyección para ver si están limpias, para lo cual se conectan a un compresor que disponga de un manómetro. Si

Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid

Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38

E-Mail: info@es.sika.com

www.sika.es

éste mostrara una presión superior a la normal significará que las mangueras están sucias o taponadas. En este caso deberán limpiarse doblándolas, torciéndolas o golpeándolas suavemente con un martillo, volviendo a dar aire y expulsando así el material que pueda estar obstruyendo la manguera de aire.

2º Conectar las mangueras formando el menor número posible de curvas y a ser posible sin ningún rizo, asegurándose adecuadamente las uniones entre mangueras.

3º Comprobar la salida del agua o del aditivo acelerante, para los casos de vía seca o húmeda respectivamente, así como el funcionamiento de las bombas dosificadoras del aditivo acelerante de fraguado en el caso de que se utilicen. Esta comprobación se realizará quitando la tobera de la boquilla y desatracando si es preciso los inyectores de agua o de aditivo acelerante. Esta operación se deberá efectuar con la boquilla hacia abajo para prevenir que la corriente de agua o de aditivo acelerante vuelva hacia atrás por la manguera.

4º Estando funcionando el agua o la bomba del aditivo acelerante se deberá dar entrada al aire comprimido exclusivamente, con lo cual se examinará el abanico que forma la pistola, viendo inmediatamente si existe algún fallo de suministro en los inyectores. Si el abanico es débil quiere decir que no hay suficiente presión de aire, en este caso se deberá incrementar la misma.

Una vez pasada esta operación, el gunitador está preparado para comenzar el trabajo. La primera operación será la de proyectar una mezcla de aire y agua sobre el soporte, a fin de humedecer la superficie. Esta práctica es recomendable para todo tipo de soporte, hormigón, madera, arpillera, roca, tierra o acero. La manguera está ahora conectada con la boquilla y la gunitadora, y la proyección puede comenzar. El gunitador mantendrá la boquilla (pistola) hacia abajo, en espera del suministro de la mezcla. Cuando la mezcla llegue regulará rápidamente el suministro y dirigirá el chorro al soporte al revestir. La distancia entre el soporte y la boquilla o pistola estará situada entre 0,6 y 1,5 m, moviendo la boquilla rítmicamente en series de rizos de lado a lado y de arriba abajo, con el fin de trabajar de modo uniforme.

En el caso de que se produzca cualquier irregularidad en el suministro de la mezcla o de escasez de este material, el gunitador deberá dirigir la boquilla fuera de la zona de trabajo, hasta que la alimentación vuelva a ser normal. Si el chorro de mezcla que sale de la boquilla, disminuye de repente, indica una obturación parcial o una avería en la boquilla. En el caso de que el abanico de agua se haga desigual, el trabajo se debe parar y limpiar o cambiar la parte afectada (inyectores). Conseguida una uniformidad de proyección, el desarrollo del trabajo está ahora en manos del gunitador, que debe dirigir constantemente al maquinista, para que regule el abastecimiento aumentando o reduciendo la presión así como la velocidad. Al terminar el trabajo se deberán limpiar perfectamente las mangueras y la máquina, para lo cual se cortará el suministro de la mezcla y se dejará el aire comprimido salir libremente por la manguera, doblando ésta antes de la boquilla, disparando de vez en cuando la cantidad de aire para que se limpie totalmente, máquina gunitadora y mangueras en todo su recorrido.

Cuando la proyección se hace en vertical, es decir, que el punto o soporte del trabajo está por encima de la boquilla, las mangueras deben vaciarse antes de parar el trabajo, ya que si no se hace así la mezcla caerá al fondo al quedar sin presión, y no será posible moverla. En este tipo de trabajos es muy conveniente disponer de un doble juego de mangueras, ya que en el caso de una obturación se puede inmediatamente disponer de otra paralela de repuesto

- 4.4. **Rechazo o rebote.** El rechazo es la pesadilla del gunitador y del gunitado. Un gunitador que haya aprendido a controlar el rebote es muy difícil de encontrar. El rebote está formado por los componentes que no se adhieren a la capa de gunitado o a las armaduras, sino que salen rebotados fuera del lugar adecuado. La proporción inicial de rebote es alta cuando el chorro de mezcla se dirige directamente al soporte sobre el que se trabaja y también cuando se dirige sobre la armadura, pero la formación de una capa amortiguadora sobre el soporte (adherida por la baja relación agua/cemento), reduce dicha cantidad. Por ello los espesores gruesos tienen una menor proporción de rebote y el espesor delgado tiene los más altos porcentajes.

Una aplicación correcta de acuerdo con el arte de gunitar tiene una importancia fundamental, por lo que insistimos en que la correcta aplicación y la geometría debe ser la adecuada.

Para el cálculo del rebote existen muchas teorías, tanto prácticas como analíticas ya que desde un punto de vista económico tiene mucha importancia, incidiendo en el coste del hormigón colocado. En lo que a pérdida de materiales se refiere, el fenómeno de rebote no tiene importancia, pero sí la tiene y mucha en cuanto al rendimiento del equipo de colocación. El porcentaje de rechazo, en cualquier punto y situación, depende de:

Relación agua/cemento

Proporción de la mezcla

Gunitador

Tipo de áridos (>Árido grueso = más rebote)

Eficacia de la hidratación

Presión del agua o del aire

Diseño de la boquilla

Velocidad de la proyección

Capacidad del compresor

Tamaño de la boquilla

Angulo y distancia del impacto

Habilidad del gunitador

Existen estudios analíticos que pueden complementar estas teorías como:

- Curvas de **LINDER**



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

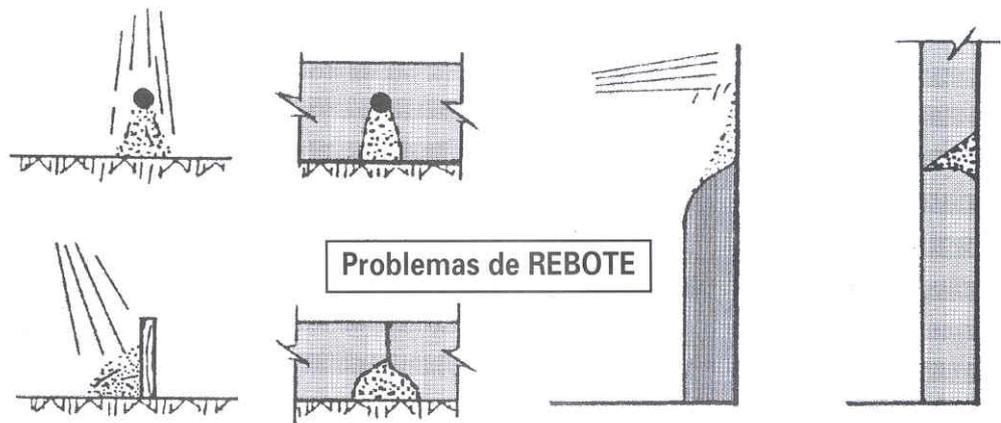
- Curvas de **DROGSLER**

Como experiencia, podemos establecer los siguientes parámetros:

Superficie soporte	Porcentaje % Vía seca	Porcentaje % Vía húmeda
Soleras	5 - 10	2 - 5
Hastiales	15 - 30	5 - 10
Bóvedas	25 - 40	10 - 15

Sí este rebote se almacena o cae en el propio hormigón proyectado, el resultado es la formación de bolsas de rechazo (mortero débil), que ocasiona fisuras en el revestimiento; su origen es la falta de profesionalidad en la ejecución. La reducción del rebote es una consideración muy importante para tenerla en cuenta, para lo cual se pueden utilizar adiciones o aditivos tales como **SIKAFUME S92D** o **SIKATELL 200**.

Construction



4.5. Curado. El curado de la gunita es importante en espesores delgados. Para ello se recomienda que la superficie terminada se mantenga continuamente mojada por lo menos durante los 7 días siguientes a la proyección.

5. Ensayos

Ensayos previos "in situ". La composición del hormigón debe determinarse en el curso de ensayos, y en ellos debe estudiarse las propiedades exigidas. Dichos ensayos deben realizarse en la obra y con antelación al comienzo de la misma, empleando las instalaciones y los componentes del hormigón definitivos. La evaluación posterior dependerá del resultado de los ensayos individuales. Para la determinación de la composición del hormigón, la dosificación necesaria de cemento, los porcentajes de áridos y de aditivo acelerante de fraguado, deberán

Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid

Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38

E-Mail: info@es.sika.com

www.sika.es



ensayarse diferentes mezclas. Además, se deberá ensayar un hormigón de igual composición sin aditivo acelerante (hormigón patrón) con objeto de determinar la caída de resistencias. Este hormigón testigo se utilizará también para comprobar la premezcla en las condiciones de la obra. Debido a la inevitable dispersión de resultados en el hormigón proyectado, el diseño de la mezcla debe prever el producir un hormigón de resistencia superior a la especificada.



Artesas de ensayo de hormigón proyectado. Obtención de testigos

En la práctica, para preparar un hormigón proyectado con un tamaño máximo entre 8 y 15 mm, el contenido de cemento debe ser de 360 a 450 kg/m³ (sin tener en cuenta el rebote). Si se reduce el contenido de cemento la adherencia del hormigón al soporte se reducirá notablemente.

Ensayos de control de calidad. Por medio de los ensayos de control de calidad durante los trabajos de ejecución, se debe verificar que los testigos (preparados, curados y almacenados según UNE 83.602 y 83.605), de hormigón proyectado alcancen las propiedades exigidas. Se recomienda llevar un control de calidad periódico de las granulometrías de los áridos, contenido de cemento y resistencias a compresión.

Ensayos de control del hormigón endurecido. Por medio de los ensayos de endurecimiento se examina in situ el hormigón y sus propiedades características. A tal efecto, se han de realizar ensayos en el hormigón "joven" así como sobre testigos extraídos. Los testigos extraídos según UNE 83.602, deben serlo a su debido tiempo y lo más cercano posible al momento del ensayo.

Métodos de ensayo. La resistencia a compresión del hormigón "joven" se estudia por métodos indirectos (curvas de calibración) basadas en ensayos de endurecimiento. Dichos métodos facilitan medidas indirectas de la resistencia, derivadas de curvas de calibración. Por ello, deberá disponerse de las curvas de calibrado para cada tipo de hormigón que se vaya a ensayar. Cualquier cambio en la composición del hormigón provocará efectos variables en función del método de ensayo que se trate.



Ensayo UNE 83.603



Ensayo UNE 83.604

Resistencia a la penetración. En este ensayo, se mide la fuerza requerida para empujar una aguja de dimensiones definidas dentro del hormigón proyectado, empleándose un penetrómetro de aguja. El ensayo se describe en la norma UNE 83.603.

Penetración-extracción de pernos. Se colocan unos pernos dentro del hormigón proyectado para extraerlos posteriormente y medir la fuerza de extracción al arrancamiento. El parámetro para medir la resistencia es la relación entre la fuerza de extracción y la profundidad de penetración del perno. Este procedimiento está en desuso por las dificultades de colocación.

Resistencia al arrancamiento. Se colocan elementos compuestos de mango y pasador, proyectándose sobre ellos el hormigón; posteriormente son extraídos para medir la resistencia a cortante, según norma UNE 83.604, del material proyectado.

Ensayos directos. Las probetas empleadas para este propósito, son probetas testigo de dimensión apropiada, extraídas del hormigón proyectado, tomadas in situ (al azar en la estructura) o bien en paneles de ensayo proyectados para este fin. Las condiciones de realización de las muestras, curado, conservación, corte y rotura están desarrolladas en las UNE 83.602 y UNE 83.605. Para determinar la resistencia a compresión se han de ensayar, al menos, tres testigos por ensayo. Por la experiencia acumulada en la realización de hormigones proyectados por vía

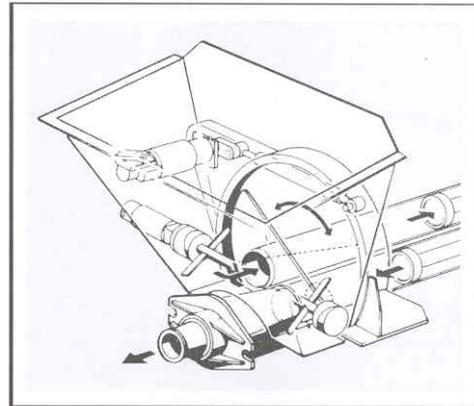
húmeda, se recomienda principalmente que el diámetro de los testigos sea como mínimo de 70 mm. Y que su altura sea lo más aproximado al doble del Diámetro

6.Equipos y herramientas

Los equipos de gunitado, tanto de vía seca como de vía húmeda, hoy en día disponen de los procedimientos más avanzados y estudiados y se complementan con módulos autónomos (unidades completas de trabajo), que disponen de todos los servicios complementarios para el hormigón proyectado como son el aire comprimido, energía eléctrica, bombas de agua, dosificadores, cintas transportadoras, carro móvil y brazo hidráulico, lo que permite una movilidad fácil para el desarrollo de cualquier trabajo en cualquier tajo. Se distinguen tres tipos de máquinas para la proyección por vía seca (flujo diluido):

- * Sistema de dos cámaras
- * Sistema de tornillo
- * Sistema de rotor

Bomba de pistones de vía húmeda



Detalle de una máquina de proyección por vía seca Aliva

Existen actualmente en el mercado más de 30 modelos.



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

En cuanto a las máquinas para la proyección por vía húmeda, se distinguen tres tipos, por Flujo Diluido y Flujo Denso:

- * Sistema rotor
- * Sistema tubo flexible
- * Sistema de émbolos

Existen igualmente en el mercado actual más de 40 modelos.



Sika PM 500 en la feria SMOPYC 2005

7. Ventajas e Inconvenientes de los Sistemas de Hormigón Proyectado

Vía seca / Vía Húmeda

Ambos sistemas presentan ventajas e inconvenientes. Como información es importante resaltar que en España el porcentaje de utilización es actualmente:

- 5 % de Vía seca - 95 % de Vía Húmeda

Comparándolos, y con un criterio de experiencia en el desarrollo de los trabajos en túneles, podemos afirmar que:

VIA SECA

- * En la boquilla se tiene el control del agua y de la consistencia de la mezcla
- * Permite mayor longitud de tubería o manguera de trabajo
- * Se adapta perfectamente para la utilización de robots de proyección
- * El equipo es menos voluminoso y más económico que el de la vía húmeda
- * Se adapta perfecta y rápidamente a las necesidades de la obra, sin necesidad de



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

limitación por fraguado de la mezcla

- * El sistema produce más polvo que en la vía húmeda
- * Los aditivos se añaden en tolva o en boquilla en polvo y líquido respectivamente
- * Velocidad de proyección alta (80-100 m/s)

VIA HÚMEDA

Flujo Denso

VENTAJAS INCONVENIENTES

- * Gran capacidad de producción* Inversión fuerte y gran dimensión de máquina
- * Poco consumo de aire comprimido* Necesidad de consistencia para bombeabilidad
- * Distancias grandes de proyección* Baja formación de polvo
- * Menor rebote* Mas operaciones de limpieza necesarias
- * Perdidas de material por limpieza

VIA HÚMEDA

Flujo Diluido

VENTAJAS INCONVENIENTES

- * Equipo compacto y más barato* Baja capacidad
- * Mayor rango de manejabilidad* Gran necesidad de aire comprimido
- * Menor operación de limpieza* Menor distancia de proyección (50-60 m máx.)
- * Sin pérdidas de mezcla* Mayor formación de polvo
- * Menor consumo de cemento* Más rebote

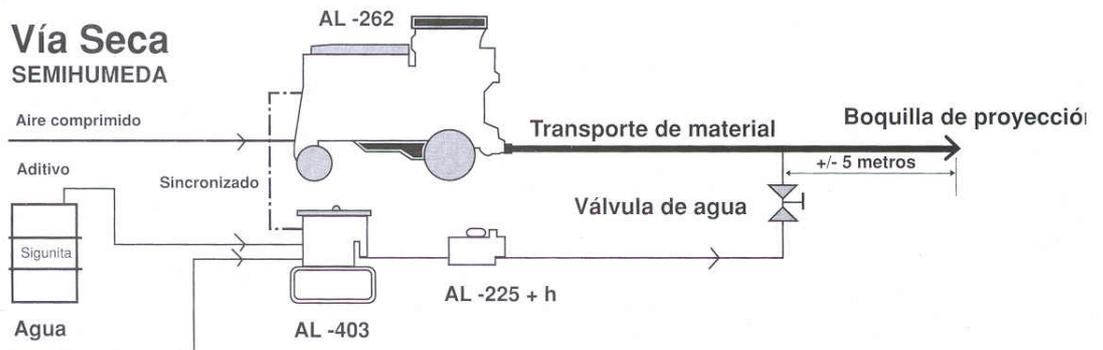
TABLA COMPARATIVA		SISTEMAS DE HORMIGÓN PROYECTADO	
UNIDAD	H.PROYECTADO VIA SECA	H. PROYECTADO VIA HUMEDA	
Cantidad	m ³ mezcla seca: 1650 kg	m ³ hormigón: 2300 kg	
Bomba	Aliva, Meyco, SBS	Aliva 285-277, Putzmeister, Schwing	
Transporte	Flujo diluido	Flujo diluido / denso	
Mangueras	40-50 mm	50-60 mm	
Manejo boquilla	Manual / Brazo	Brazo Hidráulico	
Rendimiento	3-9 m ³	8-25 m ³	
Rendimiento por equipo	30 m ³	80 m ³	



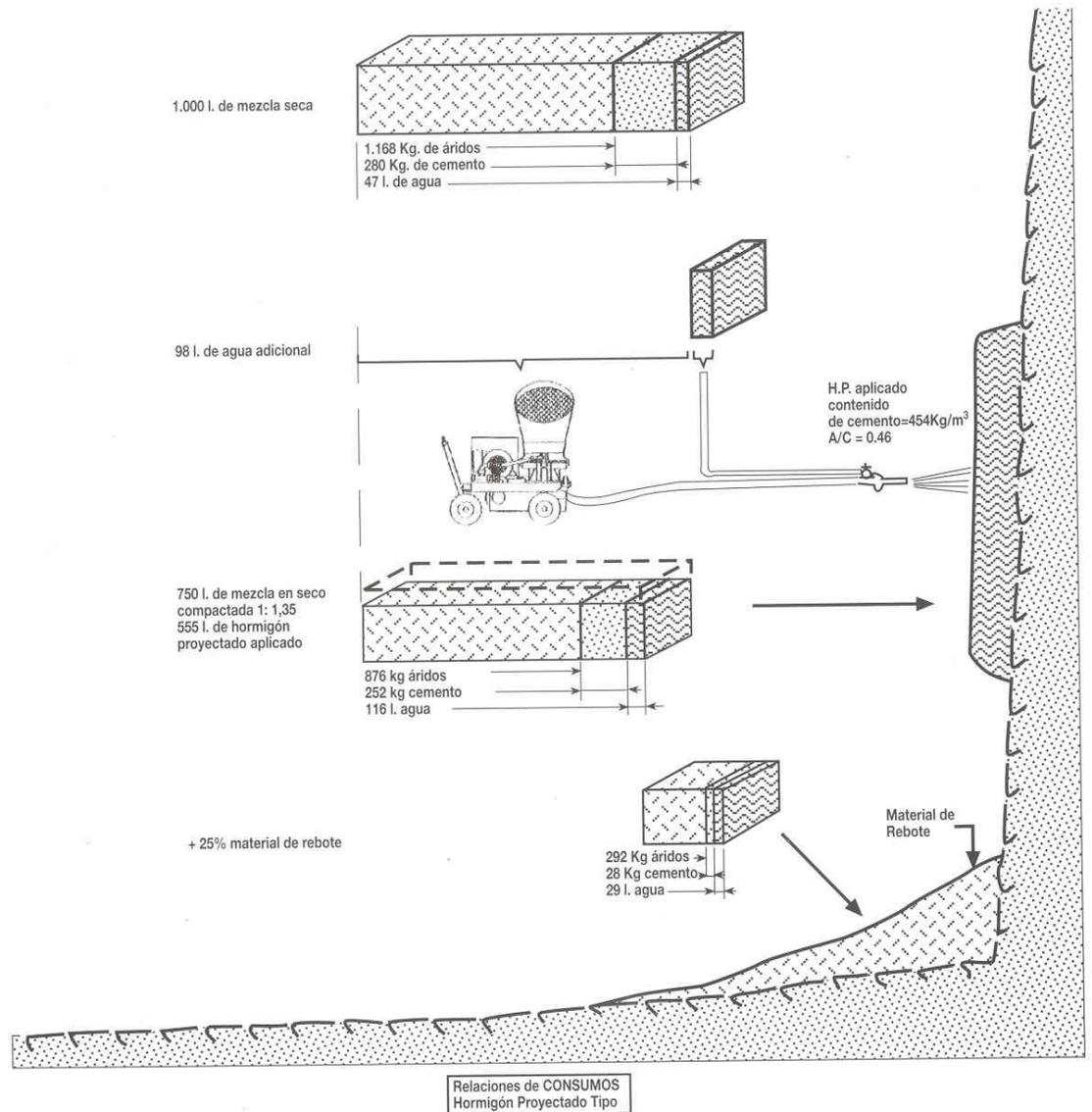
Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

Corresponde a una superficie (espesor 10 cm)	170 m ²	700 m ²
Avance en túnel 10 m de diámetro (espesor 10 cm)	6 m	25 m
Formación de polvo	Elevada	Débil
Rebote	<i>T. Convencional</i>	
H. Proyectoado Normal	20-40%	25-40%
H. Proyectoado Alta Calidad	15-25%	15-20%
Rebote	<i>T. Fresado</i>	
H. Proyectoado Normal	15-25 %	15-20%
H. Proyectoado Alta Calidad	8-12 %	8-10%
Coste de Hormigón Proyectoado de Alta Calidad		
Planta	42 – 54 €	42 – 54 €
Colocación	90 €	84 €
Total	132 – 144 €	126 – 138 €
Sin maquinaria, acelerantes, ni aditivos especiales		
Coste por m ³ de hormigón	204 €	180 €

Tabla 1.- Comparativa de sistemas de hormigón proyectoado



Croquis sistema de proyección por vía semihúmeda

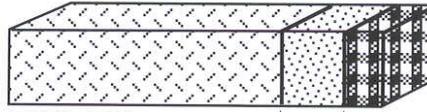


Representación esquemática de la vía seca.



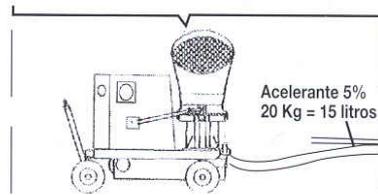
VIA HUMEDA

1.000 l. de mezcla



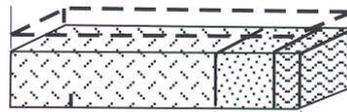
1.700 Kg. de áridos
400 Kg. de cemento
200 l. de agua

2.300 KG



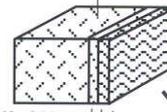
H.P. aplicado
contenido
de cemento=465Kg/m³
A/C = 0.5

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



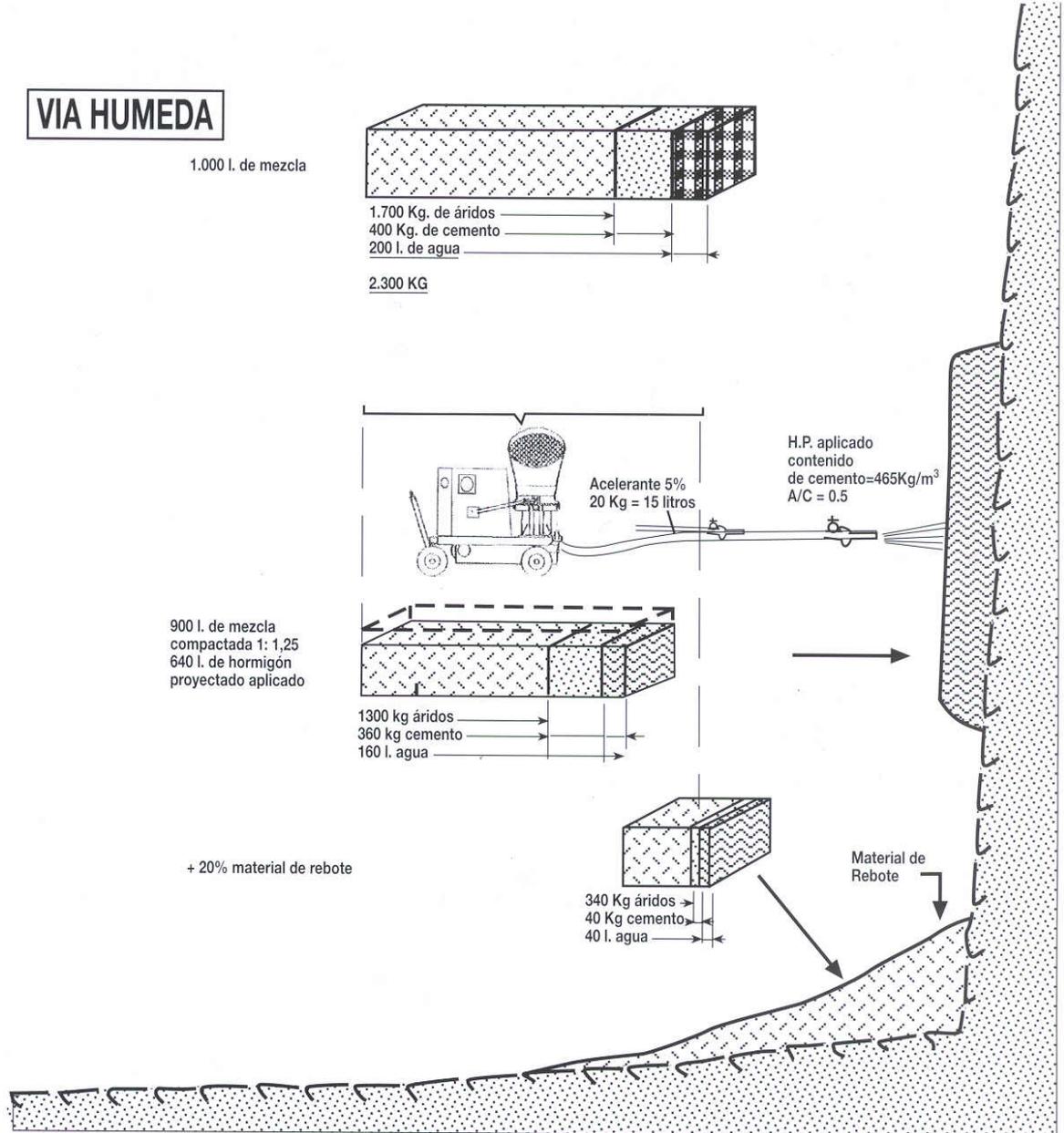
1300 kg áridos
360 kg cemento
160 l. agua

+ 20% material de rebote



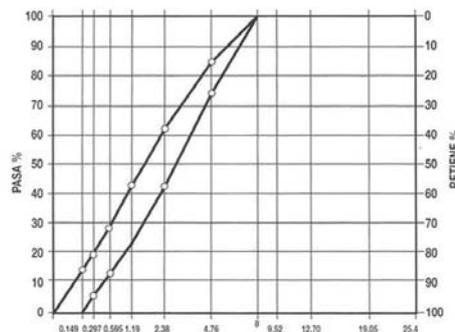
340 Kg áridos
40 Kg cemento
40 l. agua

Material de
Rebote

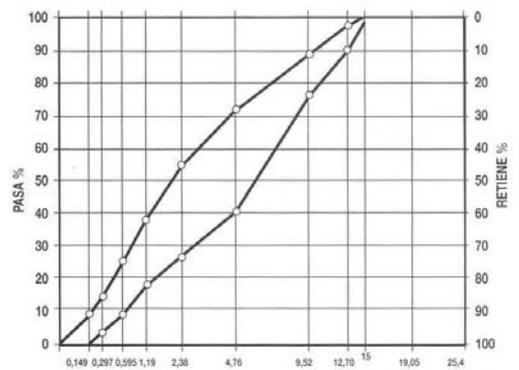


Relaciones de CONSUMOS
Hormigón Proyectado Tipo

Representación esquemática de la vía húmeda.



Curva granulométrica 0-8.



Curva granulométrica 0-15.

Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
E-Mail: info@es.sika.com
www.sika.es



8. Otros datos de interés.

Formación de polvo y aerosoles

El proceso del hormigón proyectado tanto en la vía seca como en la vía húmeda es un generador de polvo y partículas de gran cantidad, existiendo una diferencia considerable a favor de la vía húmeda por la disminución de dicha generación de polvo. En líneas generales, es un problema de humectación de la mezcla, que se puede resolver convenientemente en el caso de la vía seca con la utilización de un proceso llamado semihúmedo que consiste en la adición del agua 5 metros antes de la boquilla de proyección, con lo que se reduce dicha formación de polvo. En todo caso, se deberá ventilar convenientemente la obra y tender hacia procesos de vía húmeda para mantener la higiene en el trabajo. Existen aditivos para la vía seca basados en celulosa que reducen considerablemente esta formación de polvo, pero encarecen considerablemente el precio final.

Sika dispone de una serie de productos basados en la tecnología del humo de sílice, además de los tradicionales aditivos acelerantes, superplastificantes y estabilizadores de fraguado para vía seca y húmeda, que permiten una utilización perfectamente estudiada y a medida de las necesidades. Los productos **Sika** basados en el humo de sílice confieren a la mezcla de los hormigones proyectados unas cualidades importantes que benefician a la disminución de rebote y que proporcionan una manejabilidad adecuada al fin perseguido, además de las ventajas de reacción con la cal libre del cemento, consiguiéndose hormigones más resistentes a los esfuerzos físicos así como a los ataques químicos y atmosféricos, con el consiguiente aumento del grado de durabilidad.

Para mayor información sobre este tema, se cuenta con una publicación del **Dr.-Ing. Dieter Handke**, sobre **“Reducción de la formación de polvo, durante los trabajos de Hormigón proyectado en Túneles”**, investigaciones llevadas a cabo bajo el patrocinio del Departamento de Operaciones y Tecnología de la Construcción de la Universidad de Ruhr en Bochum, Alemania. Esta publicación analiza todas las operaciones en la proyección por vía seca y húmeda, desde la mezcla hasta la aplicación, dando recomendaciones y resultados proporcionales al uso y técnicas de aplicación dependiendo de:

- * Contenido de cemento
- * Longitud de boquilla
- * Cantidad de aire comprimido
- * Tamaño de boquilla

9. Varios

9.1 Seguridad

La mayoría de los aditivos acelerantes de fraguado, a excepción de los acelerantes libres de álcali, son productos tóxicos, por lo cual se deberán tomar todas las medidas de seguridad posibles tales como la utilización de guantes de goma y gafas de protección durante los trabajos de proyección. En caso de salpicaduras de hormigón con SIGUNITA® sobre la piel o los ojos, se deberá lavar con abundante agua limpia y acudir inmediatamente a un médico especialista.



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
 Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
 E-Mail: info@es.sika.com
 www.sika.es

9.2. Compatibilidad

La mayoría de los aditivos acelerantes de fraguado, superfluidificantes y otros productos complementarios son compatibles entre sí. Sin embargo, se deberán realizar ensayos previos de compatibilidad entre los diferentes productos a emplear y los materiales (cemento, áridos) existentes en cada obra.

En el hormigón proyectado por vía húmeda no se deberán mezclar aditivos superfluidificantes de efecto prolongado tipo SIKAMENT® 200 R ó SIKAMENT® TF-100 con aditivos estabilizadores de fraguado tipo SIKATARD®, ya que existe una incompatibilidad química entre la mezcla de ambos y los acelerantes de fraguado que pueden inhibir el inicio de fraguado.

9.3. Asistencia técnica

Para cualquier aclaración, consulten con nuestro Departamento Técnico

Construction



Sika S.A.U., Calle Fuencarral 72, 28108 Alcobendas, Madrid
Tel: 91 657 23 75, Fax: 91 662 19 38
E-Mail: info@es.sika.com
www.sika.es