



Procedimiento SIKA®
(Junio 1998)

Pliego General de Condiciones Técnicas para la aplicación de los productos Sika en el hormigón proyectado por vía seca, semihúmeda y húmeda.

Índice:		Página
0. Disposiciones Generales		3
1. Objeto		3
2. Prescripciones generales	2.1. Introducción	3
	2.2. Normativa	3
	2.3. Definiciones	3
	2.3.1 Gunitar	3
	2.3.2 Mortero proyectado	3
	2.3.3 Hormigón proyectado	3
	2.3.4 Gunitado por vía seca	3
	2.3.5 Gunitado por vía húmeda	3
	2.3.6 Gunitado por vía semihúmeda	3
	2.3.7 Rebote de proyección	4
	2.4. Tipos de hormigón proyectado	4
	2.4.1 Según su aplicación	4
	2.4.2 Según sus características	4
	2.5. Componentes del hormigón proyectado	4
	2.5.1 Cementos	4
	2.5.2 Áridos	5
	2.5.3 Agua	5
	2.6. Otros componentes del hormigón proyectado	6
	2.6.1 Aditivos	6
	2.6.2 Adiciones	6
	2.7. Sistemas de proyección	7
	2.7.1 Vía seca	7
	2.7.2 Vía húmeda	7
	2.7.3 Vía semihúmeda	8
	2.8. Velocidad de proyección en el gunitado	8
	2.9. Campos de aplicación	9
	2.10. Límites del PLIEGO DE CONDICIONES	9
3. Productos SIKA	3.1. Aditivos acelerantes de fraguado	9
	3.1.1 SIGUNITA® R	9
	3.1.2 SIGUNITA® R-2	10
	3.1.3 SIGUNITA® RF	10
	3.1.4 SIGUNITA® 49 AF	10
	3.1.5 SIGUNITA® LN	11
	3.1.6 SIGUNITA® LN-60	11
	3.1.7 SIGUNITA® L-65	11
	3.1.8 SIGUNITA® L-22 R	12
	3.1.9 SIGUNITA® L-24 E	12
	3.1.10 SIGUNITA® L-50 AF	12

	3.2.	Aditivos superfluidificantes	13
	3.2.1.	SIKAMENT® TF-100	13
	3.2.2.	SIKAMENT® TN-100	13
	3.2.3.	SIKAMENT® 200 R	13
	3.2.4.	SIKAMENT® 300	14
	3.2.5.	SIKAMENT® TUNELCRETE	14
	3.3.	Aditivos estabilizadores de fraguado	14
	3.3.1.	SIKATARD® 902/908/914	14
	3.3.2.	SIKATARD® 930	15
	3.3.3.	SIKACRETE® PPX	15
	3.4.	Productos complementarios	15
	3.4.1.	SIKACRETE® P	15
	3.4.2.	SIKACRETE® L	16
	3.4.3.	SIKACRETE® PPR	16
	3.4.4.	SIKA® PUMP	16
	3.4.5.	SIKATELL® 100	17
	3.4.6.	SIKATELL® 200	17
	3.4.7.	SIKACEM® GUNITE 133	17
	3.4.8.	SIKACRETE® GUNITE 113	18
4. Fabricación	4.1.	Componentes del hormigón proyectado	18
	4.2.	Dosificaciones	18
	4.3.	Aditivos y adiciones	19
	4.4.	Amasado	21
	4.5.	Transporte	21
5. Proyección	5.1.	Maquinaria	21
	5.2.	Dosificadores del aditivo acelerante de fraguado	22
6. Ensayos	6.1.	Ensayos previos "in situ"	22
	6.2.	Ensayo de resistencia a la penetración	23
	6.3.	Ensayo de penetración-extracción de pernos	23
	6.4.	Ensayo de resistencia al arrancamiento	23
	6.5.	Ensayo de resistencia de probetas testigo	23
7. Factores importantes	7.1.	Temperatura ambiente	23
	7.2.	Temperatura del hormigón	24
	7.3.	Temperatura del agua	24
	7.4.	Edad del cemento	24
	7.5.	Tipo de cemento	24
	7.6.	Espesores de hormigón proyectado	24
	7.7.	Relación agua/cemento	24
	7.8.	Rebote de proyección	24
8. Propiedades del hormigón proyectado	8.1.	Aspecto	25
	8.2.	Coloración	25
	8.3.	Adherencia	25
	8.4.	Porosidad	25
	8.5.	Densidad aparente	25
	8.6.	Resistencia a compresión	25
	8.7.	Resistencia a tracción	26
	8.8.	Permeabilidad	26
	8.9.	Módulo de elasticidad	26
9. Condiciones de almacenamiento			26
10. Varios	10.1.	Seguridad	27
	10.2.	Compatibilidad	27
	10.3.	Asistencia técnica	27

0. Disposiciones generales

Dependiendo de las exigencias técnicas exigibles al hormigón proyectado, este procedimiento también puede ser utilizado en soluciones mixtas con algún otro producto **Sika** tales como impermeabilizaciones principales con láminas SIKAPLAN® TUNEL, impermeabilizaciones primarias con Sika® 4a u otros productos complementarios.

1. Objeto

El presente Pliego 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.

2. Prescripciones generales

2.1. Introducción

El hormigón proyectado se ha convertido en una herramienta de extraordinaria importancia en el campo del sostenimiento de túneles y obras subterráneas. Hoy en día su aplicación está ampliamente generalizada en casi todos los proyectos, tanto como sistema para el sostenimiento como en el revestimiento definitivo de este tipo de obras.

2.2. Normativa

Los trabajos aquí descritos se basan en las Normas UNE de la serie 83.600 - 83.609, destacando entre todas la UNE 83.607.- Hormigón y mortero proyectado. Recomendaciones de utilización.

2.3. Definiciones

2.3.1.

Gunitar

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.

2.3.2.

Mortero 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.

2.3.3.

Hormigón 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.

2.3.4.

Gunitado 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.

2.3.5.

Gunitado 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.

2.3.6.

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.

2.3.7. Rebote de proyección

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

2.4. Tipos de hormigón proyectado

2.4.1. 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)

2.4.2. 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

2.5. Componentes del hormigón proyectado

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. Los principales componentes del hormigón son:

- Cemento
- Áridos
- Agua
- Aditivos
- Adiciones

2.5.1. Cementos

Se utilizarán 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 vigente Instrucción para el Proyecto de Ejecución de Obras de Hormigón en masa o armado.

Normalmente los cementos a utilizar en los morteros u hormigones proyectados serán del tipo I, categorías 42,5R ó 52,5R. En el caso de que las condiciones especiales locales lo aconsejaran, se podrán utilizar otros cementos con la aprobación de los autores del diseño de la obra. 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 el hormigón proyectado vaya a estar expuesto a la acción de suelos o aguas subterráneas con una alta concentración de sulfatos, deberá emplearse cemento resistente a sulfatos. En los tratamientos para revestimientos refractarios, se deberán emplear cementos aluminosos (endurecimiento rápido),

que confieran una resistencia al calor y proporcionen 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.

2.5.2.

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.

Se define como **árido fino** para morteros y hormigones, el material compuesto por partículas duras y resistentes de las 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 (EH-91).

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 del 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 constitución 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.

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 de grano superiores a 25 mm.

Sika ha obtenido las curvas granulométricas 0-4,0-8, 0-12, 0-15, 0-20 y 0-25 partiendo de las normas que reflejan un amplio compendio basado en la experiencia de numerosos trabajos ejecutados durante un período de muchos años, así como en las siguientes Normas y Curvas tipo:

- UNE 83-607-94
- ASTM C 33
- BS 882 (normas inglesas)
- A.C.I. (Publicación SP - 14)
- Curvas granulométricas de LINDER
- Curvas granulométricas de DROGSLER

Las curvas granulométricas 0-4 y 0-8 se emplean para la confección de morteros proyectados, mientras que las curvas 0-12, 0-15 y 0-20 se emplean para hormigones proyectados. Dichas curvas son válidas tanto para vía seca, semihúmeda como para vía húmeda. En el caso de la vía húmeda, la curva resultante deberá aproximarse lo más posible a la curva del mayor % retenido.

2.5.3.

Agua

El agua para mezclar y curar debe ser limpia y estar 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 estará constituida fundamentalmente por la añadida directamente a la amasada y por la procedente de la humedad de los áridos.

El agua deberá cumplir las prescripciones de la vigente Instrucción para el Proyecto de Ejecución de Obras de Hormigón en masa o armado.

2.6. Otros componentes del hormigón proyectado

2.6.1.

Aditivos

El aditivo principal utilizado tanto en el hormigón proyectado por vía seca como por vía húmeda es el aditivo acelerante de fraguado. Este producto se presenta en polvo o en líquido. La acción del aditivo acelerante en el fraguado inicial y en el endurecimiento del cemento difieren mucho en función de la clase y tipo de cemento, de la cantidad de agua añadida y de la temperatura ambiente, por lo que se hace imprescindible la realización de ensayos previos. Estos ensayos previos de laboratorio deben complementarse con pruebas preliminares en obra para tener en cuenta la influencia de todas las variables de la misma. La incorporación de aditivos acelerantes producen aumentos en las resistencias iniciales y disminución en las finales, con respecto a un hormigón patrón sin aditivar.

La base química de estos aditivos acelerantes de fraguado son los silicatos y los aluminatos, y su dosificación comprende rangos en torno a:

* Vía Seca:

- Polvo:	3-6% del peso del cemento
- Líquido:	4-6% del peso del cemento
- Polvo libre de álcali:	4-5% del peso del cemento
- Líquido libre de álcali:	4-6% del peso del cemento
- Polvo no corrosivo:	4-6% del peso del cemento

* Vía Húmeda:

- Silicatos:	10-15% del peso del cemento
- Aluminatos:	3 - 6% del peso del cemento
- Líquido libre de álcali:	4 - 8% del peso del cemento
- Polvo libre de álcali:	4 - 6% del peso del cemento

Con la utilización de los silicatos la disminución de resistencias finales puede llegar al 50%. Con el empleo de los aluminatos no debe superar el 20-25%, y con los aditivos acelerantes libres de álcali es inapreciable.

En el hormigón proyectado por **vía seca** pueden emplearse otros aditivos como por ejemplo retardadores de fraguado, reductores del rebote, etc..

En el hormigón proyectado por **vía semihúmeda** se deben emplear aditivos estabilizadores para conseguir la manejabilidad en el transporte, además de otro tipo de aditivos como reductores del rebote, etc..

En el hormigón proyectado por **vía húmeda** es necesario y obligatorio el empleo de aditivos superfluidificantes, y en algunos casos estabilizadores de fraguado, con el fin de conseguir la manejabilidad y la transportabilidad del hormigón, utilizándose además otros tipos de aditivos tales como reductores del rebote, facilitadores de bombeo, etc..

2.6.2.

Adiciones

Se podrán utilizar adiciones siempre y cuando se hayan efectuado los ensayos previos. Las adiciones más empleadas en la actualidad en el hormigón proyectado son:

- Cenizas volantes
- Humo de sílice
- Fibras de acero

Las cenizas volantes confieren al hormigón una mayor adherencia al soporte, aumentan su densidad, las resistencias finales, el tiempo de manejabilidad y mejoran el acabado. Su adición no deberá ser superior al 15% del peso del cemento cuando éste sea del tipo II, y de un 20% cuando sea del tipo I. Con el empleo de las cenizas volantes las resistencias iniciales se reducen, aunque las resistencias finales a 28 días aumentan.

El humo de sílice o microsíllice mejora muy considerablemente la adherencia del hormigón proyectado, disminuye su rebote, mejora la trabajabilidad y la impermeabilidad, y aumenta las resistencias iniciales y finales. El uso del humo de sílice como adición en el hormigón proyectado debe de ir acompañado con el empleo de un su-

perfluidificante, ya que por una parte se obtiene la defloculación de dicho humo de sílice y por lo tanto un buen reparto en la pasta de cemento, y por otra para la propia defloculación del cemento. Existen adiciones de humo de sílice tanto en polvo como en slurry (líquido).

Las fibras metálicas incorporadas al hormigón proyectado mejoran la resistencia a la fisuración su ductilidad la absorción de energía y su resistencia al impacto. La presencia de las fibras de acero transforma el comportamiento frágil del hormigón en un comportamiento dúctil, aguantando deformaciones importantes sin perder su capacidad portante. La superficie de dichas fibras deberá estar limpia, y no incorporarán lubricantes u otros productos que puedan impedir una buena adherencia al hormigón. La fibra estará conformada para obtener un buen anclaje al hormigón. La distribución de fibras en la mezcla deberá ser homogénea, no permitiéndose la formación de erizos. Las fibras podrán estar encoladas en peines para facilitar su puesta en obra. Su dosificación variará en función de la resistencia requerida, aunque normalmente se suelen emplear unos 30-35 kg. por m³ de hormigón, con el fin de facilitar su mezclado en el hormigón.

2.7. Sistemas de proyección

Para la proyección de la mezcla de hormigón existen 3 procedimientos diferenciados:

- Vía seca
- Vía húmeda
- Vía semihúmeda

2.7.1.

Vía seca

El sistema de hormigón proyectado por vía seca ha sido definido anteriormente en el apartado 2.3.4. Consta de una serie de fases, y requiere unos equipos especializados.

El cemento y los áridos deben estar mezclados adecuadamente hasta conseguir una perfecta homogeneidad en proporciones variables. Lo normal es utilizar un cemento Portland, aunque a menudo se emplean cementos especiales, junto con diferentes clases de áridos (artificiales ó naturales, de río o de machaqueo). Dicha mezcla de cemento/áridos en seco se introduce en un alimentador, entrando en la manguera de transporte mediante una rueda ó distribuidor (rotor). La mezcla es transportada mediante aire a presión hasta una boquilla o pistola especial. Esta boquilla va equipada con un distribuidor múltiple perforado, a través del cual se pulveriza agua a presión que se mezcla con el conjunto cemento/áridos. La mezcla ya húmeda se proyecta desde la boquilla sobre la superficie que debe gunitarse.

En este sistema, la adición de los aditivos acelerantes de fraguado en polvo se realizará sobre la tolva de alimentación de la máquina gunitadora, mientras que en el caso de empleo de aditivo acelerante líquido, éste se dosificará mediante un dosificador de aditivos apropiado, añadiéndose a la mezcla de hormigón unos 4 ó 5 m. antes de la boquilla de proyección.

2.7.2.

Vía húmeda

El sistema de hormigón proyectado por vía húmeda ha sido definido anteriormente en el apartado 2.3.5.

Las máquinas de mezcla húmeda producen mortero u hormigón para proyectar por dos procedimientos: **Flujo diluido y Flujo Denso**. La diferencia fundamental entre ambos sistemas está en el sistema de transporte de la mezcla de hormigón.

En el hormigón proyectado vía húmeda por flujo diluido, la mezcla se introduce en una máquina de proyección del tipo rotor, realizándose el transporte de dicha mezcla desde la máquina de proyección hasta la boquilla de salida por medio de aire comprimido.

En el hormigón proyectado vía húmeda por flujo denso, la mezcla se introduce en una máquina de proyección del tipo bomba, realizándose el transporte de dicha mezcla desde la máquina de proyección hasta la boquilla de salida por bombeo mediante pistones, añadiéndose en la misma boquilla el aire comprimido.

Los recientes progresos tanto de nuevas máquinas como de aditivos estabilizadores, han conducido a esta tecnología a un sistema perfectamente compatible con el

fin deseado y con una ventaja importante como es la no formación de polvo y el mantenimiento de la relación agua/cemento. Las diferentes fases que componen el sistema de hormigón proyectado por vía húmeda son las siguientes:

1. El cemento, los áridos y el agua, junto con un aditivo superfluidificante se mezclan adecuadamente en la planta de hormigón hasta conseguir una perfecta homogeneidad en proporciones variables. Lo normal es emplear un cemento Portland tipo I52,5R, junto con diferentes clases de áridos (artificiales o de machaqueo). Para facilitar el bombeo en el flujo denso y diluido se le adiciona humo de sílice. Además es conveniente estudiar el cono de salida y el tiempo de transporte para conseguir en el momento de alimentación a la máquina una plasticidad mantenida durante toda la operación (cono 8-12). Si el tiempo de manejabilidad es elevado (por encima de las 3 horas) se deberán emplear aditivos estabilizadores de fraguado.
2. La mezcla húmeda de cemento/áridos se introduce en un alimentador o mezclador.
3. La mezcla entra en la manguera mediante una rueda o distribuidor (flujo diluido), o en los émbolos de bombeo (flujo denso). Los acelerantes se adicionan en la boquilla, para conseguir resistencias iniciales elevadas y favorecer la disminución del rebote de proyección.
4. La mezcla se transporta mediante aire a presión hasta una boquilla o pistola especial. Esta boquilla va equipada con un distribuidor de aire, para ayudar a la proyección.
5. La mezcla se proyecta desde la boquilla sobre la superficie que debe gunitarse.

2.7.3.

Vía semihúmeda

El sistema de hormigón proyectado por vía húmeda ha sido definido anteriormente en el apartado 2.3.6.

El sistema de hormigón proyectado por vía semihúmeda es idéntico en sus primeras fases a la vía seca, difiriendo únicamente de él en que se utilizan áridos con humedades de hasta el 8 %, bien debido a su procedencia o a una adición de agua en la mezcladora y que a una distancia aproximadamente de 4-5 m. de la boquilla de proyección se efectúa la adición complementaria del agua, 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, así como la pérdida de cemento en la mezcla al salir de la boquilla especialmente diseñada para este sistema. 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, que la relación agua/cemento sea adecuada, permitiendo una homogeneidad de resultados no superior al 10 %.

2.8. Velocidad de proyección en el gunitado

El uso de las máquinas de hormigón proyectado por vía seca desde el punto de vista de la velocidad de proyección puede dividirse en tres grandes categorías: gunitados de alta velocidad, gunitados de baja velocidad y gunitados de transporte.

El gunitado de alta velocidad se consigue empleando una boquilla pequeña y una alta presión de aire, de lo que resultan una alta velocidad en la boquilla y una gran velocidad de impacto, con velocidades de partículas de 90 a 120 metros por segundo. Esta gunita posee una compactación extraordinaria. El índice de colocación (rendimiento) de un gunitado a alta velocidad resulta bajo. Su uso, debido al tamaño de las boquillas, se establece exclusivamente para morteros.

El gunitado de baja velocidad se consigue empleando una máquina de gran producción y una manguera de diámetro superior con una boquilla amplia, a menudo de paso directo. La gunita que se obtiene con la técnica de baja velocidad, no se compacta quizás tan bien como la de alta velocidad, pero no obstante, posee todas las propiedades típicas de una gunita, como son: Baja relación agua/cemento, buena compactación "in situ", alto contenido de cemento, etc.

El gunitado de transporte se consigue empleando máquinas con un rotor que tenga unos huecos más anchos, siendo su finalidad el transportar la mezcla en seco hasta la distancia conveniente (máximo 100 m. en horizontal). Estos sistemas se utilizan como estaciones intermedias o bien para elevar a alturas suficientes las

mezclas secas para posteriormente trabajar con ellas. En estos casos, las boquillas tienen determinados mecanismos que reducen el aire de proyección por medio de unos frenos metálicos, que al permitir escapar el aire, dejan caer la mezcla en el sitio preparado.

El tipo de máquina empleado en la práctica depende del tipo de gunita que se requiera, pero casi todas las máquinas permiten que se adapte en alguna medida su producción. Las propiedades de la gunita por vía seca pueden modificarse cambiando la salida acoplada al rotor, el tamaño de la manguera o el diámetro de la boquilla de salida.

En lo referente a la velocidad de proyección del hormigón proyectado por **vía húmeda**, normalmente se trabaja con una velocidad inferior a la de la vía seca. En la vía húmeda el transporte de la mezcla se realiza mediante bombeo (émbolo) hasta la boquilla de salida, en la cual se incorpora el aire comprimido para acelerar la mezcla, necesitando por lo tanto un caudal de aire inferior para la proyección. Por dicha razón, la velocidad de proyección en la vía húmeda es inferior a la vía seca, debiéndose ajustar la cantidad de aire manualmente con el fin de proporcionar la compactación suficiente, e influyendo en la obtención de un porcentaje menor de rebote de proyección.

2.9. Campos de aplicación

Los productos **Sika** mencionados en el presente Pliego de Condiciones relacionados con el hormigón proyectado están especialmente indicados para:

- Sostenimiento en excavaciones subterráneas
- Revestimientos y entibaciones en túneles y obras subterráneas
- Trabajos de consolidación en excavaciones de túneles
- Impermeabilización primaria según el procedimiento Oberhasli
- Revestimiento y sostenimiento de rocas y taludes
- Reparación de estructuras de hormigón
- Reparaciones, saneamiento de juntas y superficies sometidas a fuertes acometidas de agua.
- Construcción de piscinas, depósitos, vasos, etc..

2.10. Límites del Pliego de Condiciones

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.

3. Productos Sika

Los materiales básicos a utilizar son: aditivos acelerantes de fraguado SIGUNITA® en sus diferentes tipos dependiendo de la aplicación, aditivos superfluidificantes SIKAMENT®, aditivos estabilizadores de fraguado SIKATARD® para vía húmeda y SIKACRETE® PPX para vía seca, los cuales 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 PLIEGO DE CONDICIONES.

Como productos complementarios o auxiliares se pueden considerar las adiciones a base de humo de sílice SIKACRETE®, los aditivos facilitadores de bombeo SIKAPUMP®, los aditivos reductores del rebote SIKATELL®, y los morteros preparados para su proyección SIKACEM® GUNITE 133 y SIKACRETE® GUNITE 113.

3.1. Aditivos acelerantes de fraguado

3.1.1. SIGUNITA® R

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Polvo blanco
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
Conservación:	2 años
Presentación:	Sacos de 20 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.

3.1.2.

SIGUNITA® R-2

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Polvo blanco
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
Conservación:	2 años
Presentación:	Sacos de 25 kg.
Dosificación:	4-8% del peso del cemento

Se deberán realizar ensayos previos de compatibilidad con el cemento a emplear en la obra, mediante ensayo de inicio de fraguado (Vicat). Permite la aplicación de espesores importantes de gunita incluso en proyecciones en bóveda, reduciendo el rechazo.

3.1.3.

SIGUNITA® RF

Aditivo acelerante de fraguado en polvo, no corrosivo, con pH neutro, especialmente indicado para morteros y hormigones proyectados por vía seca.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Polvo amarillento
pH:	6,0 ± 1
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
Conservación:	1 año
Presentación:	Sacos de 25 kg.
Dosificación:	4-8% del peso del cemento

Al ser un producto no corrosivo, se eliminan los riesgos de manipulación existentes con otros aditivos acelerantes. Aumenta las resistencias iniciales y disminuye el rechazo de proyección.

3.1.4.

SIGUNITA® 49 AF

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias minerales especiales
Aspecto:	Polvo marrón claro
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
Conservación:	1 año
Presentación:	Sacos de 25 kg.
Dosificación:	4-8% 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.

3.1.5. SIGUNITA® LN

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Líquido incoloro
Densidad:	aprox. 1,31 kg/lit
pH:	aprox. 13
Temperat. de trabajo:	Por encima de 0°C
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
Conservación:	3 meses
Presentación:	Bidones de 250 kg., ó a granel
Dosificación:	4-6% del peso del cemento

Permite la aplicación de espesores importantes de gunita incluso en proyecciones en bóveda, reduciendo a su vez el rechazo, y aumentando las resistencias iniciales.

3.1.6. SIGUNITA® LN-60

Aditivo acelerante de fraguado en estado líquido, especialmente indicado para trabajos de hormigón proyectado por vía semihúmeda por flujo diluido (rotor).

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Líquido incoloro
Densidad:	aprox. 1,28 kg/lit
pH:	aprox. 12
Temperat. de trabajo:	Por encima de 0°C
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco, protegido de las heladas
Conservación:	3 meses
Presentación:	Bidones de 250 kg., ó a granel
Dosificación:	3-6% del peso del cemento

Permite la aplicación de espesores importantes de gunita incluso en proyecciones en bóveda, reduciendo a su vez el rechazo, y aumentando las resistencias iniciales.

3.1.7. 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 TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Líquido incoloro
Densidad:	aprox. 1,36 kg/lit
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:	5-10% del peso del cemento

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

3.1.8. 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 TÉCNICOS

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:	Bidones de 250 kg., 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.

3.1.9. SIGUNITA® L-24 E

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Líquido
Densidad:	aprox. 1,45 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:	Bidones de 250 kg., 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.

3.1.10. SIGUNITA® L-50 AF

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Sustancias inorgánicas especiales
Aspecto:	Líquido blanquecino
Densidad:	aprox. 1,4 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:	Bidones de 250 kg., ó a granel
Dosificación:	6-8% 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.

3.2. Aditivos superfluidificantes

3.2.1. SIKAMENT® TF-100

Aditivo superfluidificante de efecto prolongado, especialmente indicado para morteros y hormigones proyectados por vía húmeda.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Melamina modificada
Aspecto:	Líquido marrón oscuro
Densidad:	aprox. 1,2 kg/lt
pH:	aprox. 8
Almacenamiento:	Al resguardo del hielo
Conservación:	2 años
Presentación:	Bidones de 230 kg., ó a granel
Dosificación:	1-1,5% del peso del cemento

Mejora la manejabilidad del hormigón en los casos de tiempo caluroso o cuando se necesiten tiempos de manejabilidad elevados de hasta 2,5 - 3 horas desde su fabricación hasta su aplicación. Aumenta las resistencias a compresión finales.

3.2.2. SIKAMENT® TN-100

Aditivo superfluidificante, especialmente indicado para morteros y hormigones proyectados por vía húmeda.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Naftaleno formaldehído
Aspecto:	Líquido marrón oscuro
Densidad:	aprox. 1,2 kg/lt
pH:	aprox. 8
Almacenamiento:	Al resguardo del hielo
Conservación:	2 años
Presentación:	Bidones de 240 kg., ó a granel
Dosificación:	0,8-1% del peso del cemento

Permite la proyección de espesores importantes de hormigón, con unos tiempos de inicio de fraguado reducidos. Aumenta las resistencias a compresión finales. Reduce el rebote de proyección.

3.2.3. SIKAMENT® 200R

Aditivo superfluidificante de efecto prolongado.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Melamina modificada
Aspecto:	Líquido marrón
Densidad:	aprox. 1,15 kg/lt
pH:	aprox. 8
Almacenamiento:	Al resguardo del hielo
Conservación:	2 años
Presentación:	Garrafa de 30 kg., bidones de 230 kg., ó a granel
Dosificación:	1,5-2% del peso del cemento

Mejora la manejabilidad del hormigón en los casos de tiempo caluroso o cuando se necesiten tiempos de manejabilidad elevados de hasta 2,5 - 3 horas desde su fabricación hasta su aplicación. Aumenta las resistencias a compresión finales.

3.2.4.

SIKAMENT® 300

Aditivo superfluidificante de alto rendimiento.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Melaminas sintéticas modificadas
Aspecto:	Líquido marrón
Densidad:	aprox. 1,23 kg/lit
pH:	aprox. 9
Almacenamiento:	Al resguardo del hielo
Conservación:	1 año
Presentación:	Garrafa de 30 kg., bidones de 250 kg., ó a granel
Dosificación:	0,5-1,5% del peso del cemento

Permite la proyección de espesores importantes de hormigón, con unos tiempos de inicio de fraguado reducidos. Aumenta las resistencias a compresión finales. Reduce el rebote de proyección.

3.2.5.

SIKAMENT® TUNELCRETE

Aditivo superfluidificante de efecto prolongado que combina sus propiedades con las del humo de sílice en slurry, especialmente indicado para trabajos de hormigón proyectado por vía húmeda de gran durabilidad.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Combinación de sustancias activas con agentes estabilizadores, superfluidificante y humo de sílice en slurry.
Aspecto:	Líquido gris oscuro-negro
Densidad:	aprox. 1,30 kg/lit
pH:	aprox. 5
Almacenamiento:	En lugar seco y fresco, entre 1° y 35°C
Conservación:	6 meses
Presentación:	Bidones de 250 kg., ó a granel
Dosificación:	4-8% del peso del cemento

Permite la proyección de espesores importantes de hormigón. Aumenta las resistencias a compresión finales. Reduce el rebote de proyección. Se recomienda su utilización en los casos en los que se exija como propiedad fundamental la durabilidad del hormigón proyectado, como p.e. en los casos de hormigones proyectados estructurales.

3.3. Aditivos estabilizadores de fraguado

3.3.1.

SIKATARD® 902/908/914

Aditivos estabilizadores de fraguado especialmente indicados para trabajos de hormigón proyectado por vía húmeda. La utilización de cada uno de ellos dependerá del tiempo de manejabilidad exigido.

Cumple con la Norma ASTM CA94 tipo G

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Agentes sintéticos dispersantes y aditivos retardantes
Aspecto:	Líquidos de color verde
Densidad:	entre 1,10 y 1,15 kg/lit
pH:	aprox. 3 (Sikatard 902 pH 7)
Almacenamiento:	En lugar seco y fresco, entre 1° y 35°C
Conservación:	6 meses
Presentación:	Bidones de 250 kg., ó a granel
Dosificación:	0,5-2% del peso del cemento

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.

3.3.2.

SIKATARD® 930

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Solución acuosa de sales policarbonatadas
Aspecto:	Líquido incoloro
Densidad:	aprox. 1,11 kg/lit
pH:	aprox. 3
Almacenamiento:	En lugar seco y fresco, entre 1° y 35°C
Conservación:	1 año
Presentación:	Bidones de 250 kg., ó a granel
Dosificación:	0,2-2% del peso del cemento

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.

3.3.3.

SIKACRETE® PPX

Adición a base de humo de sílice, superfluidificante y estabilizador de fraguado para hormigones y morteros proyectados por vía semihúmeda.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Humo de sílice, melaminas y aditivos especiales
Aspecto:	Polvo gris oscuro
Almacenamiento:	Al resguardo de la humedad
Conservación:	6 meses
Presentación:	Sacos de 24 kg.
Dosificación:	2-7% del peso del cemento

Con la utilización de esta adición se pueden confeccionar gunitas con porcentajes de humedad elevados y mantenerlos estables hasta un tiempo de manejabilidad máximo de 24 horas. Además al llevar humo de sílice en su composición se aumenta la durabilidad de los mismos.

3.4. Productos complementarios

3.4.1.

SIKACRETE® P

Adición a base de humo de sílice, especialmente indicada para hormigones proyectados y bombeados.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Humo de sílice y aditivos especiales
Aspecto:	Polvo gris
Almacenamiento:	Al resguardo de la humedad
Conservación:	1 año
Presentación:	Sacos de 15 kg.
Dosificación:	15 kg/m ³

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.

3.4.2.

SIKACRETE® L

Adición líquida a base de humo de sílice, especialmente indicada para hormigones proyectados y bombeados.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Humo de sílice y aditivos especiales
Aspecto:	Líquido gris oscuro-negro
pH:	Aprox. 4,0
Densidad:	Aprox. 1,4 kg/lit
Almacenamiento:	Protegido de las heladas, entre 1° y 35°C
Conservación:	6 meses
Presentación:	Garrafas de 30 kg., ó contenedores de 1 m ³
Dosificación:	4% del peso del cemento

Con la utilización de este aditivo 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.

3.4.3.

SIKACRETE® PPR

Adición a base de humo de sílice, polímeros y acelerante de fraguado especialmente indicada para hormigones y morteros proyectados por vía seca.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Humo de sílice, polímeros y acelerante de fraguado
Aspecto:	Polvo gris oscuro
Densidad:	Aprox. 0,7 kg/lit
Almacenamiento:	Al resguardo de la humedad
Conservación:	6 meses
Presentación:	Sacos de 24 kg.
Dosificación:	6-8% del peso del cemento

Se emplea para hormigones y morteros proyectados por vía seca preparados y ensilados con árido seco para su proyección por vía seca, permitiendo a su vez aumentar notablemente las resistencias a compresión del hormigón, la resistencia a la tracción, la adherencia, etc.

3.4.4.

SIKA® PUMP

Aditivo para hormigón bombeado.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Solución polimérica reguladora de viscosidad
Aspecto:	Líquido verde claro
pH:	Aprox. 9
Densidad:	Aprox. 0,99 kg/lit
Almacenamiento:	Protegido de las heladas, entre 1° y 35°C
Conservación:	1 año
Presentación:	Garrafas de 25 kg, bidón de 200 kg, ó a granel
Dosificación:	0,2-1% 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.

3.4.5.

SIKATELL® 100

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

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Solución acuosa de ácido silícico coloidal
Aspecto:	Líquido rojizo
pH:	Aprox. 10
Densidad:	Aprox. 1,10 kg/lt
Almacenamiento:	Protegido de las heladas, entre 1° y 35°C
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 seca de elevada calidad, altas resistencias y densidades, reduciéndose el rebote de proyección hasta niveles mínimos.

3.4.6.

SIKATELL® 200

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

DATOS TÉCNICOS

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 1° y 35°C
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.

3.4.7.

SIKACEM® GUNITE 133

Mortero preparado, monocomponente, para proyectar por vía seca, a base de cemento, resinas sintéticas y humo de sílice.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Mortero de cemento con humo de sílice y resinas sintéticas
Aspecto:	Polvo gris
Densidad:	Aprox. 2,2 kg/lt de mezcla fresca
Granulometría:	0-3 mm
Espesor de capa:	9 - 50 mm
Temperat. de aplicación:	Superior a 5°C
Resistencias mecánicas:	400 - 500 kg/cm ² a 28 días (compresión)
Adherencia al hormigón:	20-30 kg/cm ²
Módulo de elasticidad:	Aprox. 240.000 kg/cm ²
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco
Conservación:	6 meses
Presentación:	Sacos de 30 kg,

Se utiliza como mortero de reparación y revestimiento de grandes superficies, mediante proyección mecánica por vía seca, sobre soportes de hormigón, mortero, piedra, etc., tanto en obra nueva como en trabajos de reparación de galerías, obras hidráulicas, túneles, puentes, taludes, muros de edificación, etc.

Mortero preparado de fraguado rápido, monocomponente, para proyectar por vía seca, a base de cemento, arena de granulometría especial y humo de sílice.

DATOS TÉCNICOS

Tipo:	Mortero de cemento con humo de sílice
Aspecto:	Polvo gris
Densidad aparente:	Aprox. 1,5 kg/lit
Densidad real:	Aprox. 2,2 kg/lit de mezcla fresca
Granulometría:	0-3 mm
Espesor de capa:	9 - 60 mm
Temperat. de aplicación:	Superior a 5°C
Resistencias mecánicas:	> 400 kg/cm ² a 28 días (compresión)
Adherencia al hormigón:	12-20 kg/cm ²
Módulo de elasticidad:	Aprox. 300.000 kg/cm ²
Almacenamiento:	En lugar fresco y seco
Conservación:	6 meses
Presentación:	Sacos de 25 kg,

Se utiliza como mortero en trabajos de proyección por vía seca para gunitas de sostenimiento de altas solicitaciones, sobre superficies húmedas o con presencia débil de agua (impermeabilizaciones primarias, drenajes), así como en gunitas con elevadas resistencias iniciales y finales.

4. Fabricación

4.1. Componentes del hormigón proyectado

Es imprescindible en toda obra de hormigón proyectado disponer de unos datos previos relativos a los componentes del hormigón:

- Tipo de cemento
- Ensayo de inicio y final de fraguado con acelerantes de fraguado (Vicat)
- Granulometría de los áridos (arena y gravín)
- Densidades real y aparente de los áridos
- Compatibilidad de aditivos y adiciones con el cemento
- Exigencias del Pliego de Condiciones de la Obra (resistencias a compresión)

4.2. Dosificaciones

Disponiendo de los datos mencionados con anterioridad se podrá establecer las dosificaciones del hormigón proyectado teniendo en cuenta lo siguiente:

- La curva resultante de la mezcla de los áridos deberá entrar en el huso granulométrico correspondiente según la Norma UNE 83.607/94
- En el **hormigón proyectado por vía seca** habrá que dosificar la cantidad correspondiente de cemento por m³ (normalmente entre 375 y 400 kg) por cada 1.000 lt. de áridos, para lo cual habrá que tener en cuenta la densidad aparente de los áridos. En la vía seca se recomienda trabajar con arenas que tengan la menor cantidad de finos posibles, siendo las arenas lavadas las óptimas para este tipo de trabajos. Se deberá evitar que las humedades de los áridos sean superiores al 2%, ya que ello influirá en la manejabilidad de dicha gunita.
- En el **hormigón proyectado por vía húmeda**, la dosificación se realiza como si se tratara de un hormigón tradicional, al cual se le añade agua en una relación agua/cemento aproximadamente de 0,48 a 0,5. Normalmente se trabaja con hormigones proyectados con unos 380-400 kg de cemento por m³, unos 1.700 a 1.900 kg. de áridos y la mencionada relación agua/cemento, que dependerá de la granulometría de los áridos. En la vía húmeda por flujo denso, la más utilizada en la actualidad, se recomienda trabajar con arenas con porcentajes de finos próximos al 8-9%, con el fin de facilitar el bombeo de la mezcla. Es obligatorio el empleo de aditivos superfluidificantes.
- En el **hormigón proyectado por vía semihúmeda** habrá que dosificar la cantidad correspondiente de cemento por m³ (normalmente entre 350 y 400 kg) por cada 1.000 lt. de áridos, para lo cual habrá que tener en cuenta la densidad aparente de los áridos. En la vía semihúmeda se trabaja con áridos de humedad comprendida

entre el 2 - 8 % por lo que se recomienda utilizar estabilizadores que controlen el inicio de fraguado hasta 6 horas y trabajar con arenas que tengan la menor cantidad de finos posibles, siendo las arenas lavadas las óptimas para este tipo de trabajos. Se podrá añadir agua en la mezcla de áridos hasta conseguir la humedad necesaria controlable, ya que ello influirá en la manejabilidad de dicha gunita.

4.3. Aditivos y adiciones

Los aditivos y adiciones a añadir en la planta de hormigón en el hormigón proyectado por **vía seca** son principalmente:

- SIKACRETE® PPX: aditivo estabilizador de fraguado en polvo, con humo de sílice incorporado, a utilizar en aquellos casos en los que la humedad de los áridos sea excesiva y el tiempo de manejabilidad ó de transporte de la mezcla sea elevado
- SIKACRETE® P: adición en polvo, que aumenta la trabajabilidad, la durabilidad y las resistencias iniciales y finales, a la vez que disminuyen el rebote de proyección y la permeabilidad del hormigón.
- SIKACRETE® PPR: adición a base de humo de sílice y acelerante de fraguado, a utilizar únicamente en aquellos casos en los que los áridos estén completamente secos, para aumentar las resistencias iniciales y finales, evitando la adición del acelerante de fraguado en el tajo.

No se recomienda la adición en planta de los aditivos acelerantes de fraguado, ya que normalmente los áridos componentes de la mezcla de gunita en seco tienen una humedad considerable que hace que durante el tiempo de transporte de la mezcla ésta se pueda apelmazar e iniciar el fraguado de la misma.

En el hormigón proyectado por **vía húmeda** es obligada la adición de un aditivo superfluidificante en la planta de hormigón con el fin de reducir la relación agua/cemento y de aumentar las resistencias iniciales y finales. El tipo de superfluidificante SIKAMENT® a añadir dependerá del tiempo de manejabilidad necesitado y de la compatibilidad con el tipo de cemento a utilizar en la obra, por lo que se deberán realizar ensayos con anterioridad al comienzo de la obra.

Además del aditivo superfluidificante se pueden añadir en la planta de hormigón aditivos estabilizadores de fraguado SIKATARD® 902/908/914/930 en los casos en los que se necesiten tiempos de manejabilidad superiores a las 3 horas. Al igual que en la vía seca, se pueden añadir adiciones a base de humo de sílice tipo SIKACRETE® P ó SIKACRETE® L, con el fin de aumentar las resistencias iniciales y finales del hormigón, además de disminuir el rebote de proyección.

En los casos en los que existan dificultades de bombeo de la mezcla de hormigón por la mala calidad de los áridos o por la falta de finos de los mismos, se podrán emplear adiciones a base de humo de sílice o bien aditivos facilitadores del bombeo SIKA® PUMP.

Los aditivos y adiciones a añadir en la planta de hormigón en el hormigón proyectado por **vía semihúmeda** son principalmente:

- SIKACRETE® PPX: aditivo estabilizador de fraguado en polvo, con humo de sílice incorporado, cuando el tiempo de manejabilidad ó de transporte de la mezcla sea elevado.
- SIKACRETE® P / SIKACRETE® L: adiciones en polvo y líquido respectivamente, que aumentan la trabajabilidad, la durabilidad y las resistencias iniciales y finales, a la vez que disminuyen el rebote de proyección y la permeabilidad del hormigón.

En cualquier caso, es necesario realizar un estudio serio previamente antes de comenzar cada obra, analizando todos los factores que intervienen en el hormigón proyectado, con el fin de conseguir optimizar dicho hormigón de acuerdo con las exigencias del Pliego de Condiciones de la Obra.

HORMIGÓN PROYECTADO POR VÍA SECA		
- Aditivos acelerantes de fraguado:	- Polvo:	SIGUNITA® R SIGUNITA® R-2 SIGUNITA® RF SIGUNITA® 49 AF
	- Líquidos:	SIGUNITA® LN SIGUNITA® LN-60 SIGUNITA® L-65 SIGUNITA® L-50 AF
- Adiciones:	- Estabilizador:	SIKACRETE® PPX (polvo)
	- Humo de sílice:	SIKACRETE® P (polvo)
	- H.Sílice + acelerante:	SIKACRETE® PPR (polvo)
	- Reductor de rebote:	SIKATELL® 100

Tabla 1: Aditivos y adiciones en el hormigón proyectado vía seca

HORMIGÓN PROYECTADO POR VÍA SEMIHÚMEDA		
- Aditivos acelerantes de fraguado:	- Polvo:	SIGUNITA® R SIGUNITA® R-2 SIGUNITA® RF SIGUNITA® 49 AF
	- Líquidos:	SIGUNITA® LN SIGUNITA® LN-60 SIGUNITA® L-50 AF
- Adiciones:	- Estabilizador:	SIKACRETE® PPX (polvo)
	- Humo de sílice:	SIKACRETE® P (polvo)
	- Reductor de rebote:	SIKATELL® 100

Tabla 2: Aditivos y adiciones en el hormigón proyectado vía semihúmeda

HORMIGÓN PROYECTADO POR VÍA HÚMEDA		
- Aditivos acelerantes de fraguado:	- Polvo:	SIGUNITA® 49 AF
	- Líquidos:	SIGUNITA® L-22 R SIGUNITA® L-24 E SIGUNITA® L-50 AF SIGUNITA® L-65
- Superfluidificantes:		SIKAMENT® TN-100 SIKAMENT® TF-100 SIKAMENT® 200 R SIKAMENT® 300 SIKAMENT® TUNELCRETE
- Humo de sílice:		SIKACRETE® P (polvo) SIKACRETE® L (líquido)
- Estabilizadores:		SIKATARD® 902/908/914 SIKATARD® 930
- Reductor del rebote:		SIKATELL® 200
- Facilitador bombeo:		SIKA® PUMP

Tabla 3: Aditivos y adiciones en el hormigón proyectado vía húmeda

4.4. Amasado

Para el correcto funcionamiento de los aditivos y adiciones es fundamental que exista una perfecta mezcla entre todos los componentes del hormigón proyectado, tanto en el hormigón proyectado por vía seca como por vía húmeda.

En ambos casos, se recomienda que la planta de hormigón a utilizar disponga de amasadora, en la cual se pueda conseguir una perfecta mezcla de los áridos, cemento, agua (en el caso de la vía húmeda), aditivos y adiciones, siendo especialmente recomendable en el caso de empleo de adición de fibras metálicas por la dificultad que entraña su perfecta mezcla en el hormigón.

La disponibilidad de amasadora en la planta de hormigón en muchos casos no es fácil, ante lo cual por lo menos se deberá asegurar una perfecta unión de la mezcla en el camión hormigonera, el cual deberá tener en buenas condiciones sus palas. Para la adición de aditivos líquidos en la planta de hormigón, en el hormigón proyectado por vía húmeda (superfluidificantes, estabilizadores, etc.), se deberá disponer de unos dosificadores que aseguren la entrada de la cantidad establecida de cada aditivo, bien en la amasadora o bien en el camión hormigonera.

4.5. Transporte

El transporte de la mezcla de hormigón hasta la obra se realiza normalmente con camiones hormigonera. Será necesario prever antes del comienzo de la obra la estimación del tiempo de transporte con el fin de analizar la necesidad o no de utilizar aditivos estabilizadores de fraguado que nos permitan disponer de una mezcla en buenas condiciones en el momento de su proyección.

5. Proyección

5.1. Maquinaria

Los equipos de gunitado disponen hoy en día de los procedimientos más avanzados y estudiados, y se complementan con modelos autónomos que disponen de todos los servicios complementarios para el hormigón proyectado como aire, energía eléctrica, bombas de agua, dosificadores, cintas transportadoras, carro móvil y brazos robot hidráulicos, lo cual permite una movilidad fácil para el desarrollo de cualquier trabajo. En toda obra se deberá intentar disponer, si las condiciones de la misma lo permiten, de un robot de proyección tanto para el caso de proyección por vía seca como por vía húmeda, con el cual se conseguirá una mejor calidad final del gunitado. El tipo de máquina empleado en la práctica dependerá del tipo de gunita que se requiera, pero casi todas las máquinas permiten que se adapte en alguna medida su producción. Las propiedades de la gunita pueden modificarse cambiando la salida acoplada al rotor, el tamaño de la manguera ó el diámetro de la boquilla o pistola.

En general se recomendará, si es posible, la proyección automatizada por medio de brazos robot hidráulicos. Con su utilización se mejorará la calidad del hormigón, se disminuirán los porcentajes de rebote, se mejorarán en gran medida las condiciones de trabajo y la seguridad del mismo, además de obtenerse unas dispersiones menores en los resultados de resistencias de dicho hormigón. En el hormigón proyectado por vía húmeda es obligada la utilización de dichos brazos hidráulicos debido a los rendimientos que se obtienen y a los empujes soportados por los sistemas de transporte que imposibilitan su proyección manual.

En cualquier caso, independientemente del sistema de proyección escogido (vía seca/vía húmeda/vía semihúmeda), la máquina de proyección deberá asegurar un transporte continuo del hormigón con el fin de conseguir una colocación uniforme del mismo, descartándose así las máquinas enfoscadoras con velocidades de proyección escasas.

Las máquinas de hormigón proyectado por **vía seca /semihúmeda de flujo diluido** (tipo ALIVA), más conocidas como gunitadoras, disponen de un tambor ó rotor perforado con una serie de cilindros, a través de los cuales baja la gunita procedente de la tolva de alimentación de la máquina. En la parte inferior del rotor, la gunita entra en la tubería de transporte, en la cual se le añade el aire comprimido que empuja al hormigón en seco hasta la boquilla de salida, adicionándose el agua en la misma boquilla (vía seca) ó a 4-5 m de la misma (vía semihúmeda).

Las máquinas de hormigón proyectado por **vía húmeda flujo diluido** (tipo ALIVA) son similares a las de vía seca, con un diámetro de los cilindros algo superior para permitir la bajada del hormigón ya húmedo (cono 10-12 cm), por lo cual ya no se le adiciona el agua en la boquilla de salida.

Las máquinas de hormigón proyectado por **vía húmeda flujo denso** (tipo ALIVA) son adaptaciones de las bombas de hormigón tradicionales. Estas máquinas se limitan a un bombeo de la mezcla húmeda (cono 10-12 cm), empujada por émbolos hasta la boquilla de salida, en la cual se le adiciona el aire a presión y el aditivo acelerante.

5.2. Dosificadores del aditivo acelerante de fraguado

Para la utilización del **aditivo acelerante de fraguado en polvo** en el hormigón proyectado por vía seca se deberá prever la instalación de un sistema de dosificación. Dichos equipos dosificadores normalmente constan de una tolva en la que se alimenta el acelerante, y un tornillo sinfín cuya velocidad de giro regula la cantidad de acelerante añadida a la mezcla de hormigón antes de introducirse a través de la tolva de alimentación de la máquina gunitadora. Para trabajos pequeños se puede añadir manualmente el aditivo acelerante, tomando las medidas de precaución necesarias (guantes, mascarilla, gafas de protección, etc.), añadiendo el acelerante sobre la misma tolva de la máquina.

Para la dosificación de **los aditivos acelerantes de fraguado líquidos** tanto para el hormigón proyectado por vía seca como por vía húmeda, se deberán emplear obligatoriamente equipos de dosificación del tipo peristálticos o volumétricos (con émbolos), de tal forma que se pueda controlar perfectamente la cantidad de aditivo añadida, además de asegurarnos una mezcla íntima entre la mezcla de hormigón y dicho acelerante. El acelerante en este caso se añadirá a la mezcla de hormigón en la boquilla de salida.

Las cantidades de aditivo acelerante deberán regularse de acuerdo con el caudal de hormigón proyectado que suministre el equipo, por lo que el dosificador ha de estar perfectamente sincronizado con la bomba o rotor, o bien poder regularse manualmente en el caso de la vía seca. Además, se tendrán en cuenta los cambios producidos en la viscosidad y densidad de dichos aditivos.

6. Ensayos

La composición del hormigón proyectado por vía húmeda y la comparación en su fabricación con un hormigón tradicional, así como la necesidad de utilización de unos parámetros diferentes a la vía seca (trabajabilidad, tiempo de fraguado de la mezcla y su coordinación en la obra), obligan a unos ensayos más exhaustivos, no sólo por el necesario control de la obra realizada, sino por la necesidad de ellos para que el sistema sea realizable.

6.1. Ensayos previos "in situ"

La composición del hormigón proyectado debe determinarse en el curso de los ensayos, y en ellos deben ensayarse las propiedades requeridas del hormigón proyectado. Los ensayos previos deben llevarse a cabo a pie de 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 proyectado (dosificación necesaria de conglomerante y acelerante) deben ensayarse al menos dos mezclas con diferentes tipos de conglomerante con la dosificación óptima de acelerante. Además, debe ensayarse 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. En algunos casos es recomendable llevar a cabo este ensayo en el transcurso de los ensayos de control (e.g. mezcla suministrada desde una planta de hormigón preparado).

Debido a la inevitable dispersión de los resultados en el hormigón proyectado, el diseño de la mezcla debe contemplar el producir un hormigón proyectado de resistencia superior a la especificada. (Valor orientativo 15 - 20% del valor mínimo del tipo de resistencia correspondiente, pero no mayor de 5 N/mm²).

Por medio de los ensayos de control de calidad durante los trabajos de ejecución, se debe comprobar que con la condición de que las muestras del ensayo se hayan preparado, curado y almacenado, según UNE 83.602 y 83.605, el hormigón y mortero proyectado deberán alcanzar las propiedades exigidas.

Por medio de los ensayos de endurecimiento, se examinan in situ y en un momento determinado el hormigón y las propiedades características del hormigón proyectado. A tal efecto, se han de llevar a cabo ensayos en el hormigón "joven" así como sobre testigos extraídos. Los testigos extraídos, según UNE 83.602, deben serlo a su debido tiempo pero lo más cercano posible al momento de ensayo.

La resistencia a compresión del hormigón "joven" se estudia por métodos indirectos (curvas de calibración basadas en ensayos de endurecimiento). Dichos métodos, proporcionan medidas de la resistencia a compresión indirectas y derivadas de curvas de calibración. Esta es la razón por la que debe disponerse de las curvas de calibrado para el particular 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. (Para hormigón reforzado con fibra de acero, han de elaborarse curvas por separado y han de reconsiderarse las adaptaciones para los distintos métodos).

6.2. Ensayo de resistencia a la penetración

En este ensayo, se mide la fuerza requerida para empujar una aguja de dimensiones definidas dentro del hormigón ó mortero proyectado. Para esto se emplea un penetrómetro de aguja. El método de ensayo se describe en la norma UNE 83.603, y nos proporcionará la resistencia estimada de dicho hormigón proyectado en periodos comprendidos entre el momento de su proyección y 2 horas después de la misma.

6.3. Ensayo de penetración/extracción de pernos

En este ensayo se deben de colocar unos pernos dentro del hormigón proyectado para extraerlos posteriormente y medir la fuerza de extracción (arrancamiento). El parámetro para determinar la resistencia a compresión es la relación entre la fuerza de extracción y la profundidad de penetración.

6.4. Ensayo de resistencia al arrancamiento

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

6.5. Ensayo de resistencia de probetas testigo

Las probetas empleadas para este propósito, son probetas testigos de dimensiones apropiadas, extraídas del hormigón proyectado, y que son tomadas del hormigón proyectado in situ (al azar en la estructura) o bien de paneles de ensayo proyectados especialmente para este fin, (UNE 83.602), siendo más representativas las del primer caso.

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.

Este tipo de probetas es susceptible de emplearse en ensayos de durabilidad.

7. Factores importantes

La calidad final, la aplicación y las características del hormigón proyectado, así como la efectividad de los acelerantes de fraguado se verán influidas en gran medida por una serie de factores importantes que alterarán sus propiedades.

7.1. Temperatura ambiente

Se deberá evitar en la medida posible la aplicación del hormigón proyectado a baja temperatura ambiente, ya que ello influirá en el inicio de fraguado del hormigón

proyectado. A bajas temperaturas la acción de los aditivos acelerantes se retrasará provocando problemas en la aplicación, lo que obligará a aumentar las dosificaciones de dicho tipo de aditivos. Se deberá trabajar en cualquier caso por encima de +1°C de temperatura ambiente. Dicho problema es más acuciante en el caso de trabajar con aditivos acelerantes a base de silicato.

7.2. Temperatura del hormigón

El efecto que produce la temperatura baja de un hormigón (3-10°C) es similar a la que se presenta cuando se trabaja a baja temperatura ambiente, influyendo igualmente en el inicio de fraguado de dicho hormigón proyectado. A bajas temperaturas la acción de los aditivos acelerantes se retrasará provocando problemas en la aplicación, lo que obligará a aumentar las dosificaciones de dicho tipo de aditivos. Dicho problema se podrá solucionar en el caso de la vía húmeda, en la cual el agua se le añade en la planta de hormigón, calentando el agua de amasado.

7.3. Temperatura del agua

Se deberá evitar trabajar con agua de amasado a bajas temperaturas, ya que ello retrasará el inicio de fraguado y la acción de los acelerantes.

7.4. Edad del cemento

El cemento a utilizar en trabajos de hormigón proyectado deberá tener una edad de fabricación reciente, evitándose el empleo de cementos "viejos" que influirán negativamente en el inicio de fraguado del hormigón y retrasando la acción de los acelerantes, e impidiendo la aplicación de espesores importantes de hormigón.

7.5. Tipo de cemento

Se recomienda en general para trabajos de hormigón proyectado tanto por vía seca como por vía húmeda la utilización de cementos de alta resistencia inicial, preferiblemente del tipo I 42.5 R ó I 52.5 R. El empleo de otros tipos de cementos con adición de cenizas volantes ó fillers producirá un retraso en la acción de los acelerantes e imposibilitará la aplicación de capas gruesas de hormigón proyectado. En cualquier caso antes de comenzar la obra se deberá realizar un estudio de compatibilidad entre el cemento disponible y los diferentes tipos de acelerante existentes (ensayo de Vicat) con el fin de establecer el tipo de acelerante más idóneo de acuerdo con las condiciones de cada obra en particular.

En cualquier caso, el cemento será de un mismo tipo y de la misma marca, y se fabricará en una misma planta.

7.6. Espesores de hormigón proyectado

El espesor de hormigón proyectado que se podrá aplicar dependerá de diversos factores tales como el tipo, la edad y la cantidad de cemento, de la dosificación del aditivo acelerante de fraguado, de la calidad de los áridos (arena y gravín), de la compatibilidad existente entre el aditivo superfluidificante y el acelerante en el hormigón proyectado por vía húmeda, de la relación agua/cemento, así como de la habilidad y experiencia del gunitador.

7.7. Relación agua/cemento

La relación agua/cemento influye en gran medida en la calidad final, en su colocación, así como en las resistencias iniciales y finales del hormigón proyectado. En general se deberá trabajar con relaciones a/c lo más reducidas posibles, lo cual favorecerá además la posibilidad de aplicación de espesores mayores de hormigón. En el hormigón proyectado por vía húmeda se trabajará con relaciones a/c próximas a 0,48 lo cual se conseguirá por medio del empleo de aditivos superfluidificantes añadidos en planta, mientras que en el hormigón proyectado por vía seca y semihúmeda, la relación a/c será menor, aproximadamente 0,40, y dependerá sobre todo de la experiencia del gunitador.

7.8. Rebote de proyección

El rebote de proyección está formado por los componentes que no se adhieren a la capa de hormigón, y que salen rebotados fuera del lugar adecuado. La proporción inicial de rebote es alta cuando el chorro de mezcla se dirige directamente al soporte so-

bre el que se trabaja, y también cuando está dirigido a las armaduras, pero la formación de una capa amortiguadora reduce dicha cantidad. Por ello los espesores gruesos tienen una menor proporción de rebote en contra de los espesores delgados.

El porcentaje de rebote en todos los casos dependerá de la relación agua/cemento, del tipo de granulometría de los áridos, de la cantidad de árido grueso presente en la mezcla de hormigón, de la presión de agua (vía seca), de la velocidad de proyección (caudal de aire), del ángulo de proyección, de la distancia de proyección, del diseño del robot y, sobre todo, de la habilidad y experiencia del gunitador. Como experiencias, se pueden establecer los siguientes parámetros comparativos de porcentajes de rebote en los diferentes sistemas de proyección:

- Vía seca:	30 - 35%
- Vía húmeda:	8 - 12%
- Vía semihúmeda:	12 - 16%

La reducción del rebote es una consideración muy importante a tener en cuenta en una obra, para lo cual se debe hacer un estudio serio y exhaustivo de los factores enumerados con anterioridad, y utilizar además adiciones a base de humo de sílice tipo SIKACRETE®, o aditivos especiales reductores del rebote SIKATELL®.

8. Propiedades del hormigón proyectado

8.1. 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.

8.2. 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.

8.3. 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.

8.4. 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.

8.5. 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.

8.6. 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.

8.7. 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.

8.8. Permeabilidad

Un hormigón es estanco según la norma UNE si su coeficiente de permeabilidad Darcy es igual a 50×10^{-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.

8.9. Módulo de elasticidad

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

9. Condiciones de almacenamiento

Se deberá seguir en todo momento las condiciones de almacenamiento expuestas en la Hoja técnica de los aditivos acelerantes de fraguado recomendados en este Pliego de Condiciones. Dichos productos se deberán almacenar en lugares frescos y secos, y protegidos de la humedad y de las heladas, en sus envases originales cerrados y no deteriorados.

Iguals precauciones se deben mantener con los aditivos superfluidificantes, aunque su periodo de conservación es mayor, y con los otros productos complementarios relacionados con el hormigón proyectado.

PRODUCTO	CONSERVACIÓN
SIGUNITA® R	2 años
SIGUNITA® R-2	2 años
SIGUNITA® RF	1 año
SIGUNITA® 49 AF	1 año
SIGUNITA® LN	3 meses
SIGUNITA® LN-60	3 meses
SIGUNITA® L-65	6 meses
SIGUNITA® L-22 R	3 meses
SIGUNITA® L-24 E	3 meses
SIGUNITA® L-50 AF	3 meses
SIKAMENT® TF-100	2 años
SIKAMENT® TN-100	2 años
SIKAMENT® 200 R	2 años
SIKAMENT® 300	1 año
SIKAMENT® TUNELCRETE	6 meses
SIKATARD® 902/908/914	6 meses
SIKATARD® 930	1 año
SIKACRETE® PPX	6 meses
SIKACRETE® P	1 año
SIKACRETE® L	6 meses
SIKACRETE® PPR	6 meses
SIKA® PUMP	1 año
SIKATELL® 100	1 año
SIKATELL® 200	1 año
SIKACEM® GUNITE 133	6 meses
SIKACRETE® GUNITE 113	6 meses

Tabla 4: Periodos de conservación de productos para hormigón proyectado

10. Varios

10.1. 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.

10.2. 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.

10.3. Asistencia técnica

Para cualquier aclaración, consulten con nuestro Departamento Técnico



Fig. 1. Aplicación del hormigón proyectado en el sostenimiento de túneles.

Vía Seca

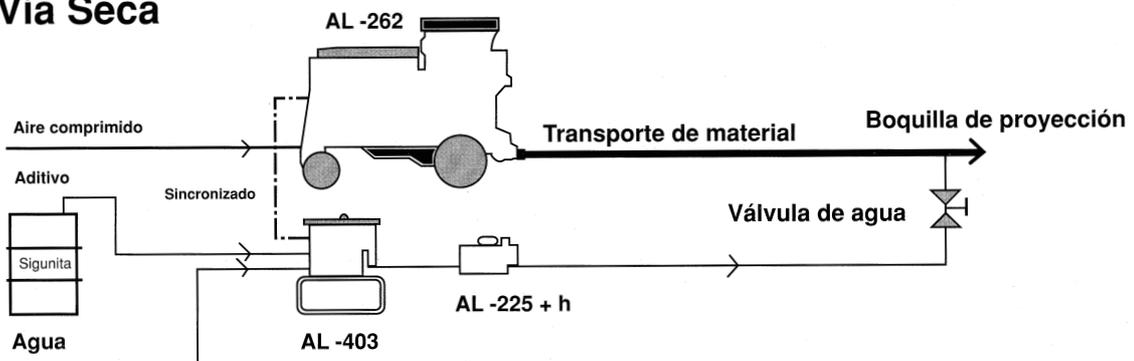


Fig. 2. Croquis sistema de proyección por vía seca.

Vía Seca SEMIHUMEDA

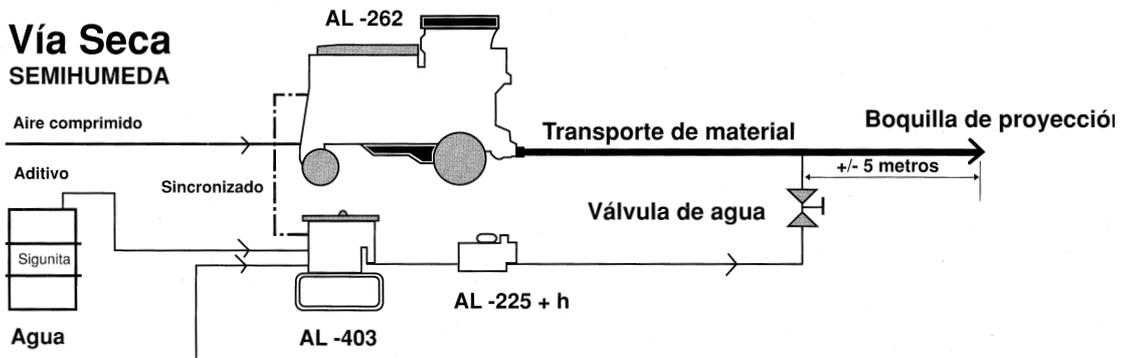


Fig. 3. Croquis sistema de proyección por vía semihúmeda.

Vía Húmeda

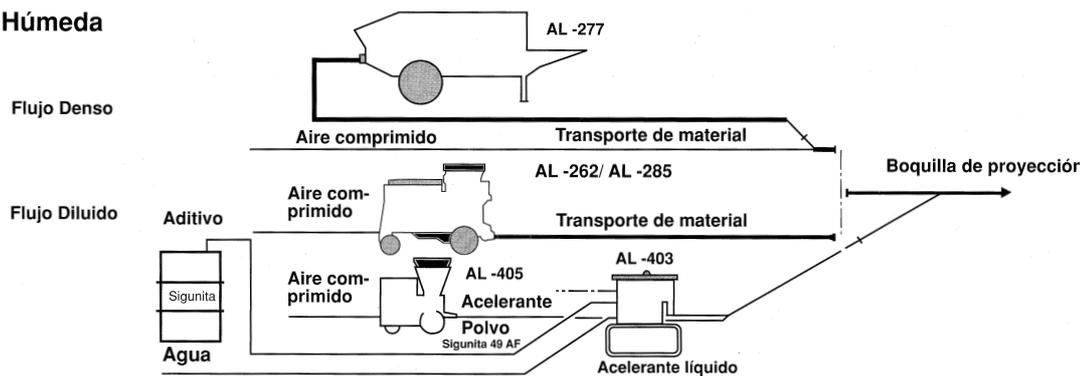


Fig. 4. Croquis sistema de proyección por vía húmeda.

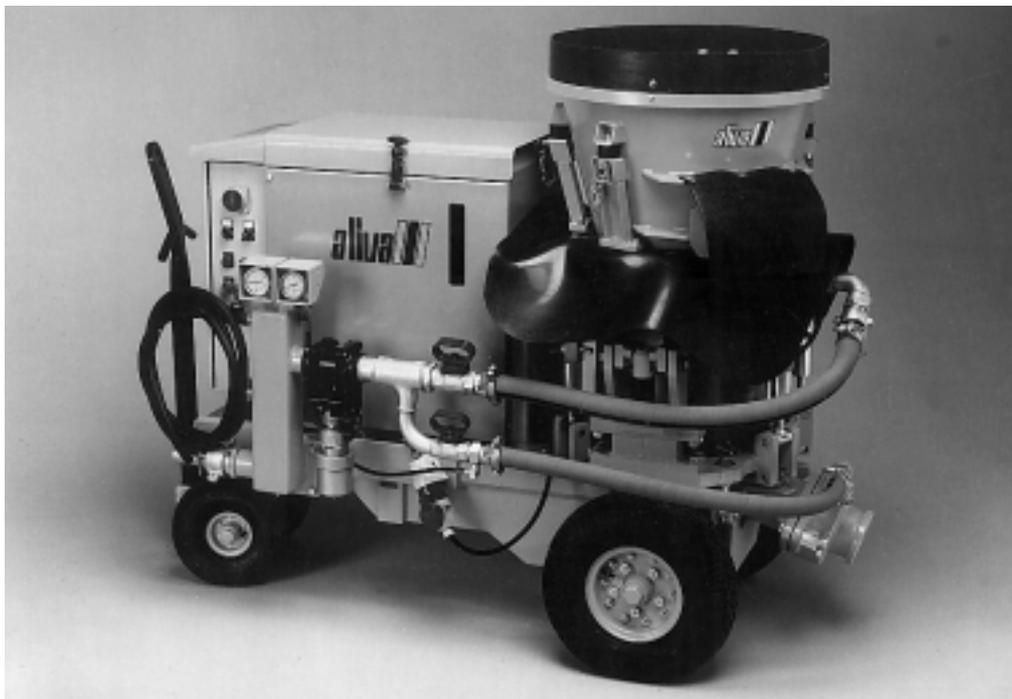


Fig. 5. Máquina gunitadora de vía seca.

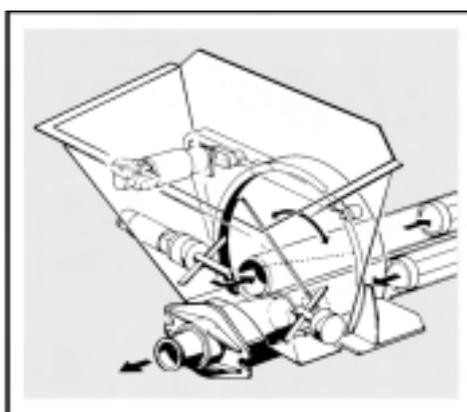


Fig. 6. Bomba de pistones de vía húmeda.



Fig. 7. Robot de proyección por vía seca-semihúmeda.



Fig. 8. Robot de proyección por vía húmeda.

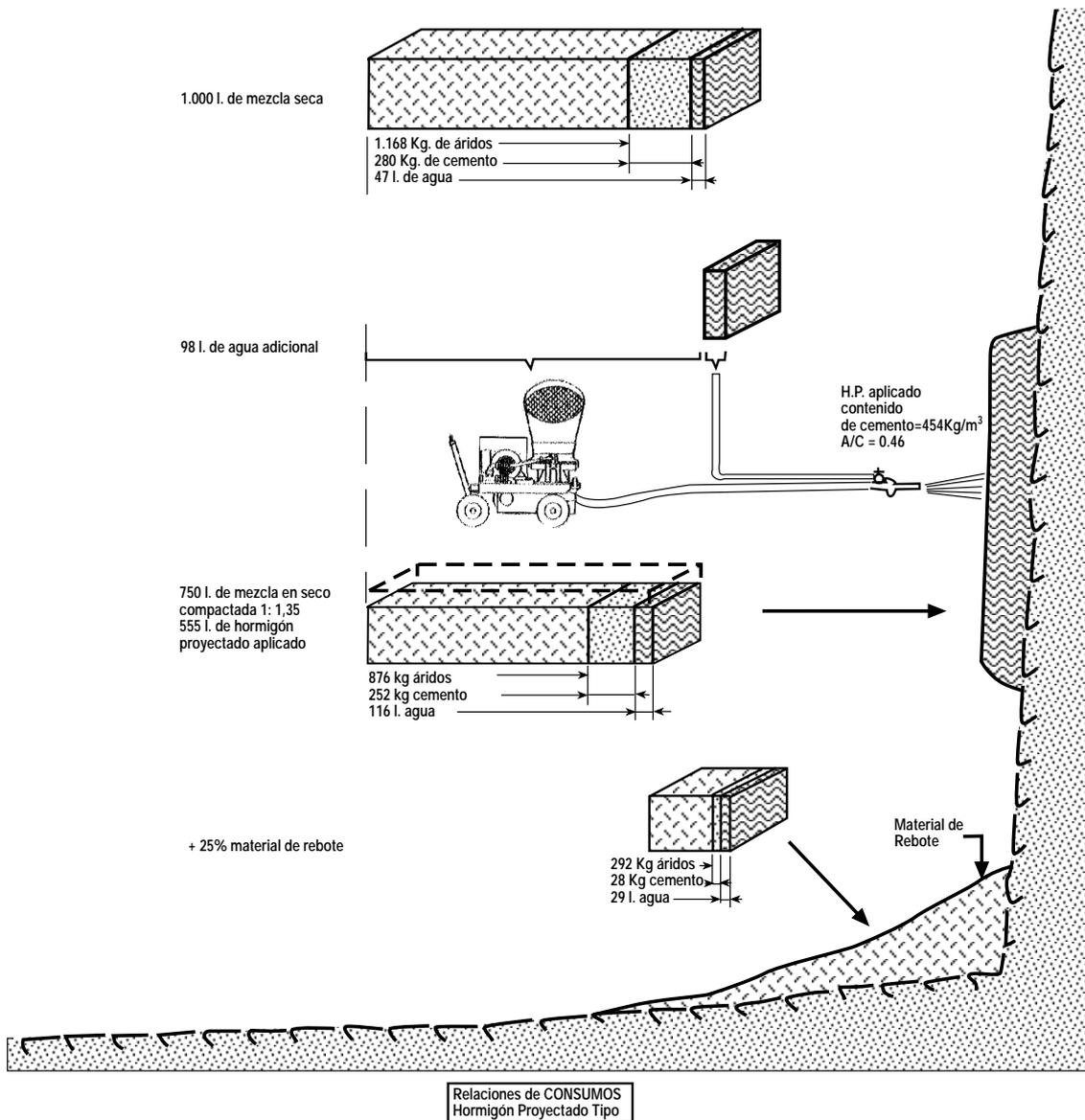
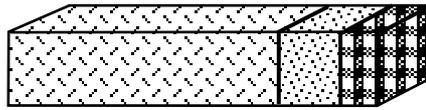


Fig. 9. Representación esquemática de la vía seca.

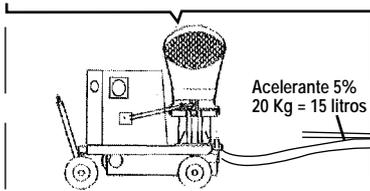
VIA HUMEDA

1.000 l. de mezcla



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

2.300 KG



Acelerante 5%
20 Kg = 15 litros

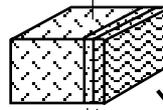
H.P. aplicado
contenido
de cemento=465Kg/m³
A/C = 0.5

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



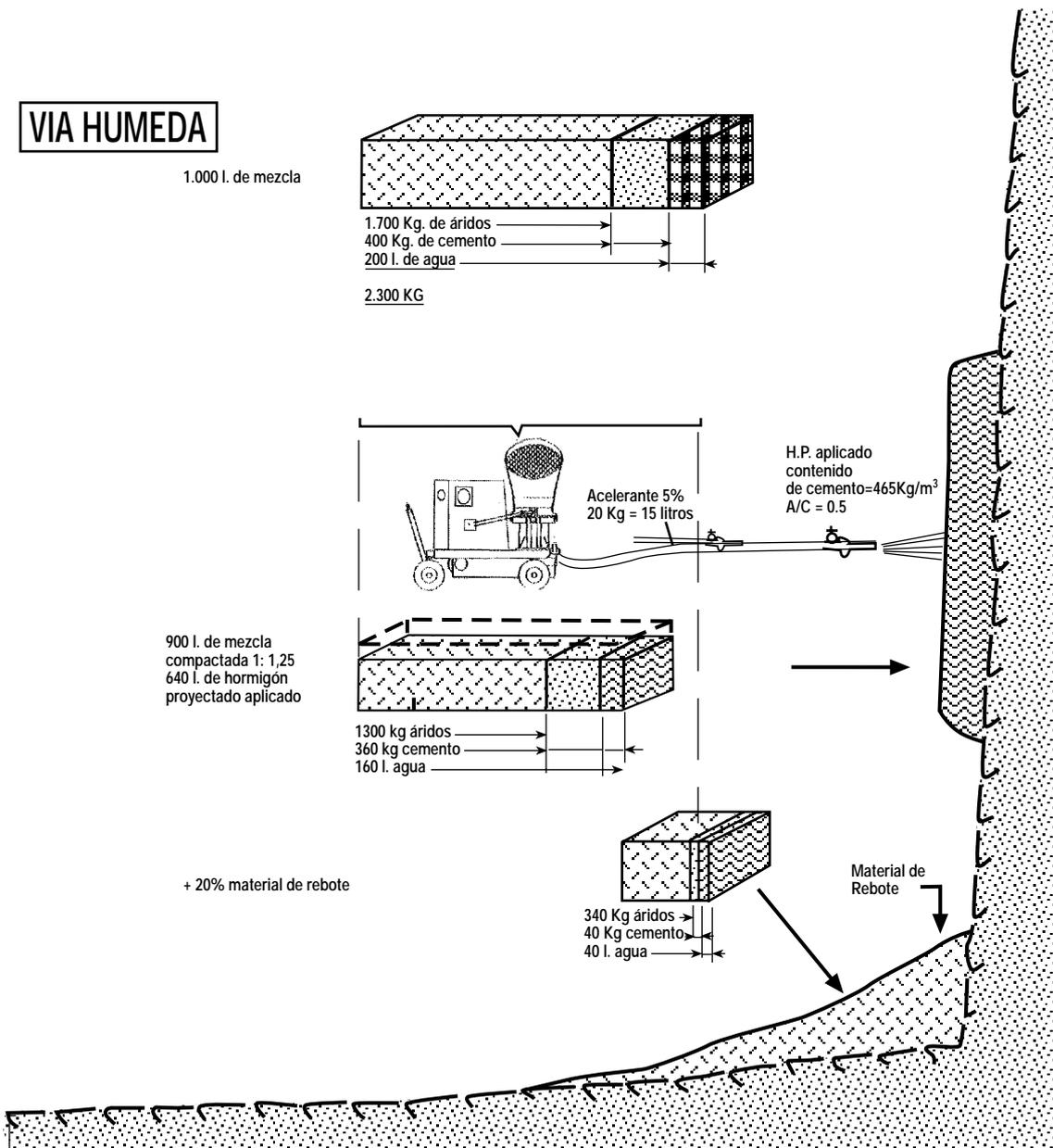
1300 kg áridos
360 kg cemento
160 l. agua

+ 20% material de rebote



340 Kg áridos
40 Kg cemento
40 l. agua

Material de Rebote



Relaciones de CONSUMOS
Hormigón Proyectado Tipo

Fig. 10. Representación esquemática de la vía húmeda.

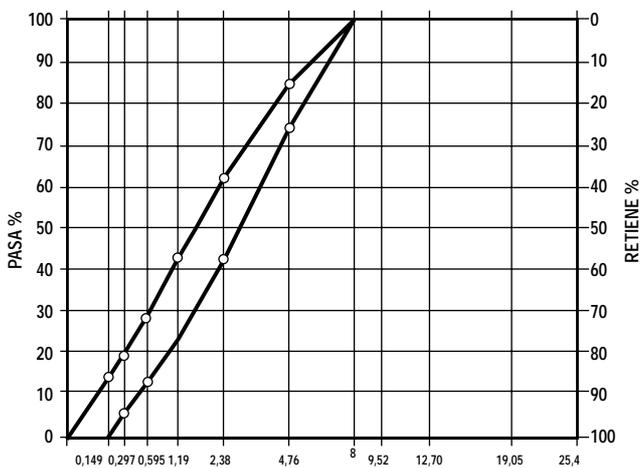


Fig. 11. Curva granulométrica 0-8.

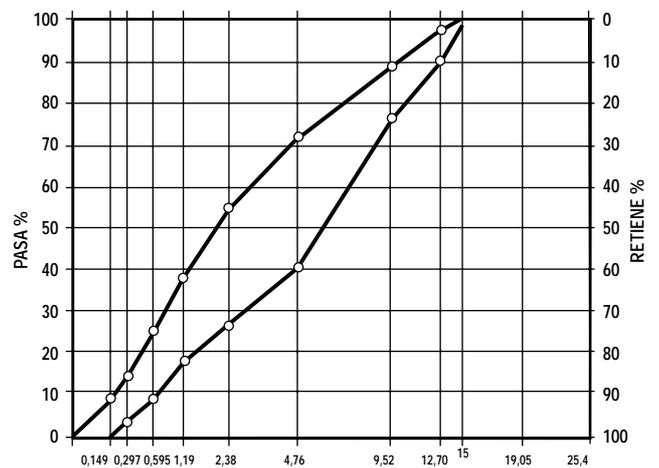


Fig. 12. Curva granulométrica 0-15.

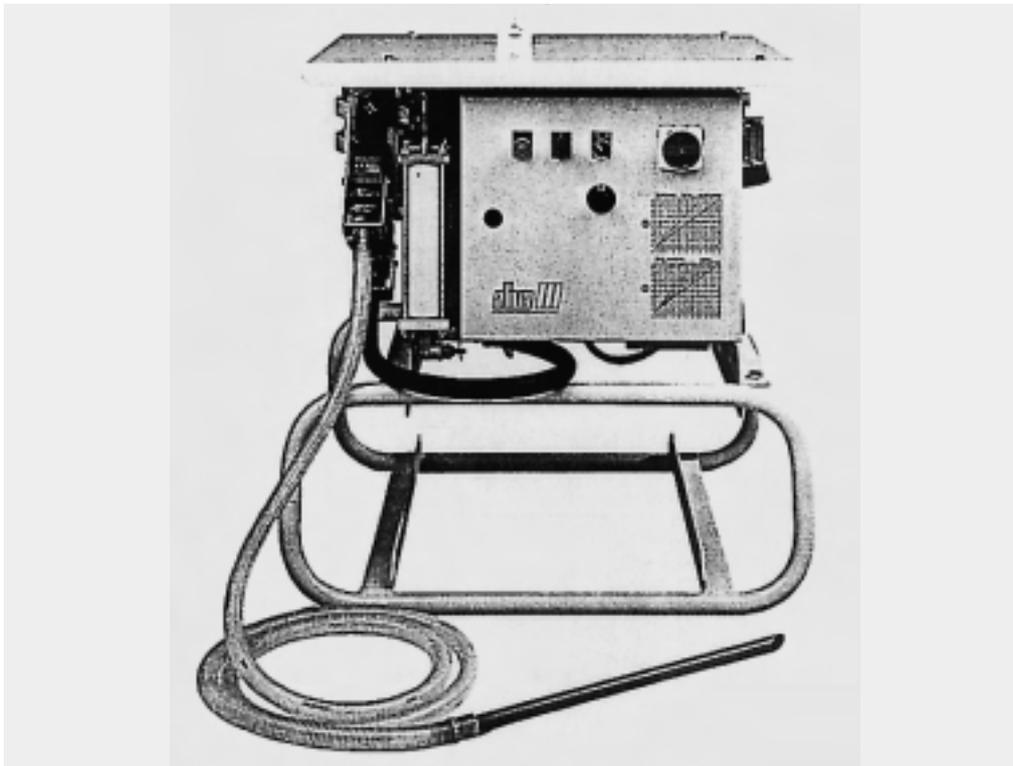


Fig. 13. Dosificador de aditivo acelerante líquido.

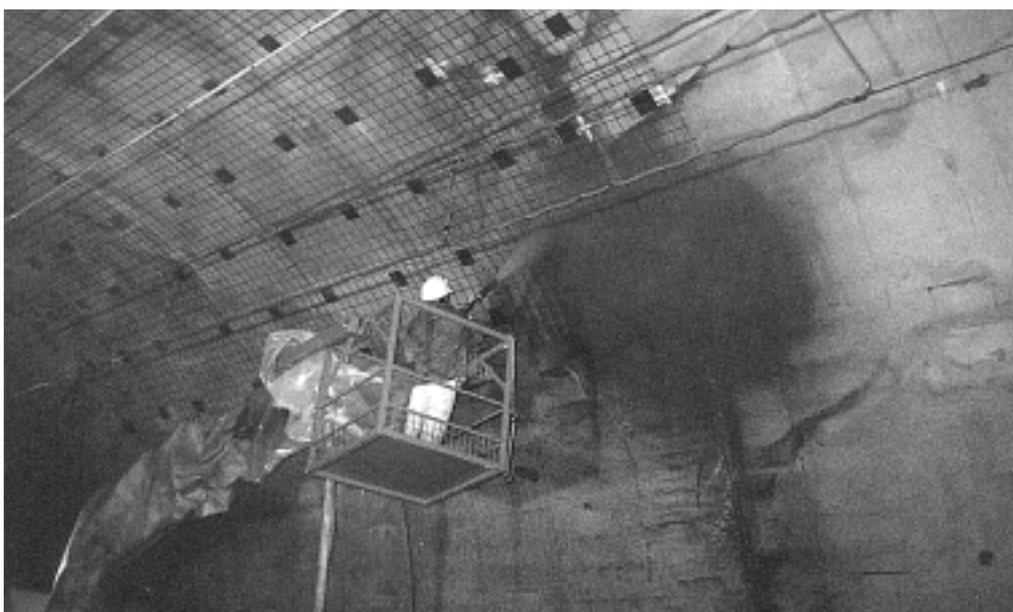


Fig. 14. Proyección manual del hormigón.

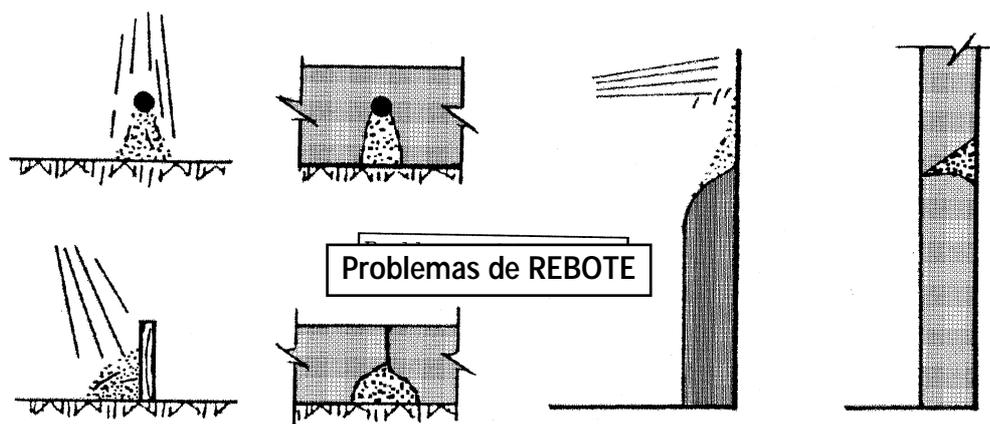


Fig. 15. Problema del rebote de proyección.



Fig. 16. Artesas de hormigón proyectado.



Fig. 17. Medición de resistencias iniciales mediante ensayo Proctor.



Fig. 18. Medición de resistencias iniciales mediante ensayo Hilti de penetración-extracción de pernos.



Fig. 19. Extracción de testigos de hormigón proyectado.

Sika® ofrece:

- SOLUCIONES CONTRASTADAS basadas en productos con tecnología de vanguardia.
- EXPERIENCIA adquirida en la aplicación de sus sistemas durante decenas de años.
- ASISTENCIA TECNICA a proyectistas, y clientes



Sika, S. A.

CENTRAL:

ALCOBENDAS 28108 (MADRID) - CARRETERA DE FUENCARRAL, 72 - POLIGONO INDUSTRIAL.
TEL. 91 662 18 18 /79 - FAX: 91 662 19 38 - APTO. CORREOS 202.

DELEGACIONES:

BARCELONA 08038: PLOMO, 15-17. - TEL. 93 223 13 81 - FAX 93 223 07 05
VIZCAYA 48150 (SONDIKA): POL. IND. IZARZA - TXORI-ERRI, 46. - TEL. 94 471 10 32 - FAX 94 471 11 66
MALAGA 29004: E. SALAZAR CHAPELA, 16 - CJTO. PROMISA - NAVE 25 - POL. IND. GUADALHORCE -
TEL. 95 224 38 60 - FAX 95 223 74 58
SEVILLA 41006: POL. IND. NAVISA, C/A, 59 - TEL. 95 463 38 66 - FAX 95 466 38 49
VALENCIA 46930 - QUART DE POBLET: POL. VALENCIA 2000 - CTRA. NAL. III, KM. 346 - C/ESTE. 2-C. -
TEL. 96 152 33 03 - FAX 96 152 16 37
PONTEVEDRA 36207 (VIGO): AVDA. DE LA MARINA ESPAÑOLA, 6. TEL. 986 37 12 27 - FAX 986 27 20 56
LAS PALMAS 35011: DR. APOLINARIO MACIAS, 35 (TECNICANARIAS) - TEL. 928 25 76 09 - FAX 928 25 05 88

TECNICOS COMERCIALES:

ALICANTE: TEL. 96 525 07 39 - FAX 96 524 59 01
BADAJOZ (MONTIJO): TEL./FAX 924 45 65 28
BURGOS: TEL./FAX 947 23 93 04
CIUDAD REAL (ALMAGRO): TEL./FAX 926 88 20 61
LA CORUÑA: TEL./FAX: 981 26 23 06
LEON: TEL./FAX: 987 80 24 46
PALMA DE MALLORCA: TEL./FAX: 971 73 69 17
SEGOVIA (CUÉLLAR): TEL./FAX: 921 14 14 11
TENERIFE: TEL./FAX: 922 50 02 92
ZARAGOZA: TEL./FAX: 976 52 92 44

