Sika
Breviario del Hormigón

El hormigón,
nuestra especialidad

Índice

I.- Componentes del hormigón 4

1.- Cemento 4
2.- Grava y arena 6
3.- Materiales de reciclado 10
4.- Agua de amasado 11
5.- Aditivos del hormigón 12
6.- Adiciones del hormigón 12

II.- Hormigón según normas 15

1.- Resistencia a compresión del hormigón 16
2.- Propiedades particulares 16
1.- Impermeabilidad al agua 16
2.- Resistencia al hielo 16
3.- Resistencia a las sales de deshielo 17
4.- Resistencia a agentes químicos 17
5.- Resistencia a la abrasión 19

III.- Fabricación, transporte, puesta en obra 20

1.- Hormigón preparado, hormigón de obra 20
2.- Consistencia del hormigón 20
1.- Hormigón bombeado 22
2.- Hormigón fluido 25
3.- Hormigón proyectado 29
4.- Hormigones para obras submarinas 32
5.- Hormigón para encofrados deslizantes 34
6.- Hormigón para carreteras 36
3.- Hormigón prefabricado 37
1.- Hormigón para la fabricación de elementos 37
2.- Hormigón para dovelas 39

4.- Retraso del fraguado/ hormigones de verano 42
5.- Aceleración del endurecimiento/ hormigones de invierno 50

IV.- Hormigones especiales 54

1.- Hormigón de alta impermeabilidad 54
2.- Hormigón de alta resistencia 56
3.- Hormigón autocompactable (S.C.C.) 57
4.- Hormigón visto 58
5.- Hormigón aireado 60
6.- Hormigón ligero 65
7.- Hormigón espumado. Hormigón celular 66
8.- Hormigón pesado 66
9.- Hormigón en masa 67
10.- Hormigón coloreado 68
11.- Hormigón lavado 68
12.- Hormigón compactado con rodillo 69
13.- Hormigón duro 70
14.- Hormigón con fibras 71

V.- Preparación del encofrado 73

VI.- Interrupciones en el hormigonado 75

VII.- Tratamiento de curado 77

I. Componentes del hormigón

1. Cemento

El cemento es un conglomerante hidraúlico no metálico, inorgánico que se presenta en forma de polvo muy fino. “Hidraúlico” significa que el conglomerante se puede mezclar con agua y que puede endurecer de manera autónoma tanto en el aire como en el agua.

La fabricación
El cemento Portland presenta una composición química bien definida. Se fabrica a partir de calizas, margas y arcilla mezclados y medidos en proporciones determinadas. El polvo obtenido se calcina a 1450°C obteniéndose el clinker. El cemento presenta una finura bien definida después de moler el clinker. Esta finura se expresa por la superficie específica según Blaine.

- Cemento normal ≈ 3.000 cm^2/g.
- Cemento de alta resistencia > 3.500 cm^2/g.

Tipos de cemento
La norma UNE 80.301-96 clasifica los cementos según su composición, en los tipos siguientes:

Tipos de Cemento	Denominación	Designación	Clinker K	Escoria de h. alto S	Humo Sílice D	Puzolanas Naturales P	Cenizas Volantes 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 volante	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 horno 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

y su categoria resistente según el cuadro siguiente:

CLASE RESISTENTE	Resistencia a la compresión N/mm²			
	2 días	7 días	28 días	
32,5	-	≥16,0	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 13,5	-		
42,5	≥ 13,5	-	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 R	≥ 20,0	-		
52,5	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-
52,5 R	≥ 30,0	-		

2. La grava y la arena

Material
La grava y la arena, llamadas áridos, constituyen la armadura del hormigón. Por lo tanto es muy importante que los huecos sean rellenados lo más completamente posible por la pasta de cemento.

Contenido por m³ de hormigón
Un metro cúbico de hormigón contiene normalmente de un 70-75% de grava y arena .

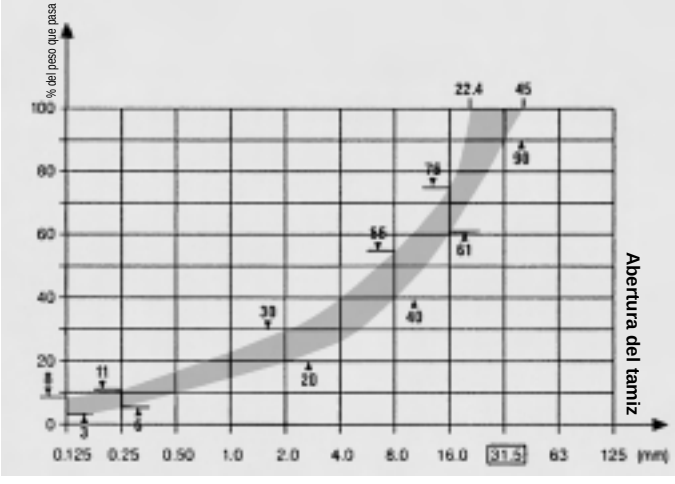
Origen
Yacimientos sedimentarios en los grandes valles fluviales: partículas redondeadas. Depósitos fluviales recientes (morianicos): partículas con áridos redondeados. Rocas sedimentarias trituradas artificialmente (áridos de machaqueo): partículas con aristas vivas.

Forma óptima de las partículas
A ser posible esférica. Las formas lajosas no son recomendables. (La relación espesor-largo no será superior a 0,4). La forma de los áridos tiene una gran influencia en la trabajabilidad del hormigón fresco.

Calidad
Rocas sanas y duras no alteradas por la intemperie. Se deben evitar los esquistos de marga o mica (que se pueden partir fácilmente con un martillo) así como las muy blandas o porosas.

Sustancias nocivas
Greda, humus, marga, arcilla, yeso, rocas que contengan cloruros y sulfatos, etc.

Curvas granulométricas
Si se emplean áridos naturales de forma redondeada y la curva granulométrica no ha sido definida mediante ensayos previos, el reparto dimensional de los granos debe situarse entre los límites indicados en el gráfico.



La curva de tamizado debe ser lo más regular posible.

Finos
Son partículas de diámetro inferior a 0,125 mm (se consideran finos el cemento, el filler y el humo de sílice).Una cantidad elevada de finos equivale a un aumento de la cantidad de agua necesaria para el amasado del hormigón. Por el contrario si la cantidad de finos es pequeña se reduce la trabajabilidad del hormigón presentando una exudación y segregación apreciables.

Tamaño máximo de los áridos

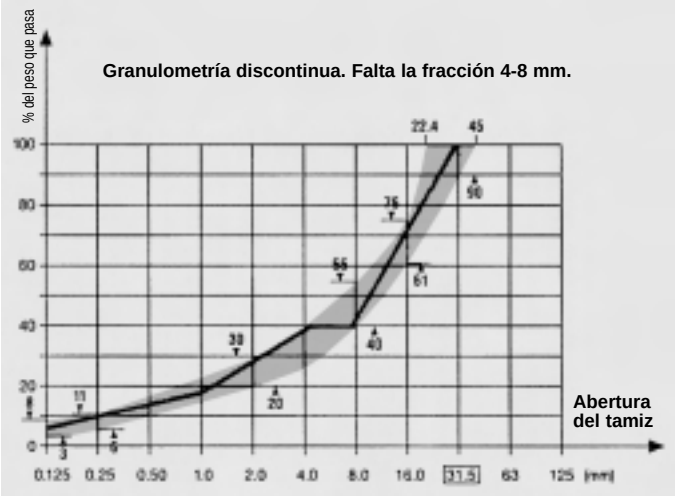
- Hormigón normalmente ø 32 ó 16 mm
- Mortero hasta ø 8 mm

Se denomina tamaño máximo de árido a la abertura del tamiz por el que pasa más del 90% en peso y cuando además pasa la totalidad por el tamiz de abertura doble.

Fracciones granulométricas
Se trata de arena y grava que se suministra en forma de fracciones (por ejemplo 0-4/4-8/8-16/16-32) en vez de todo en conjunto.

Granulometría discontinua
Una granulometría discontinua es aquella curva granulométrica en la que falta, total o parcialmente, una fracción granulométrica (por ejemplo 4-8) en este entorno la curva granulométrica presenta un trazo horizontal o muy ligeramente ascendente.
Con este tipo de curvas, una pequeña modificación en el contenido de arena o agua tiene un efecto muy pronunciado sobre la consistencia y trabajabilidad del hormigón que una curva continua.

Áridos de machaqueo y rodados
Los áridos esféricos son sinónimo de un hormigón de fácil colocación y compactación. Los áridos con una superficie muy lisa pueden tener una influencia negativa sobre las resistencias del hormigón. Los áridos de machaqueo, a igualdad de manejabilidad, necesitan una cantidad mayor de agua. Una mayor adherencia permite mejorar sensiblemente la resistencia a compresión y sobre todo a tracción del hormigón.



Arenas de machaqueo
Dicho tipo de arenas tienen aristas vivas, según la piedra machacada, pueden presentar formas planas y alargadas. La arena de machaqueo necesita una mayor cantidad de agua e influye negativamente en la trabajabilidad del hormigón.

Cantidad de agua necesaria
Se trata de la cantidad de agua necesaria para mojar completamente la superficie de una mezcla de arena y grava.

El 95% de la superficie específica de los áridos corresponde a la fracción granulométrica 0-4 mm. Variaciones en esta fracción tienen un efecto más importante sobre la consistencia que variaciones en las fracciones más gruesas.

3. Materiales de reciclado

Sucede frecuentemente que grandes yacimientos naturales de grava y arena son al mismo tiempo depósitos de agua subterránea difícilmente reemplazables. Dichas zonas están cada vez más restringidas para la explotación de graveras.

Posibilidades alternativas

- Demolición, preparación y reutilización del hormigón viejo.
- Utilización generalizada de rocas machacadas según la regla: lugar de extracción = lugar de utilización (por ejemplo construcción de túneles)
- Producción de arena-grava de machaqueo a partir de formaciones rocosas óptimas con adición eventual de fracciones más idóneas.
- Reutilización de finos recuperados del agua de lavado del hormigón.

Machaqueo de las rocas disponibles

Para la producción de arena o grava, hoy en día se acepta la utilización de materias primas sin seleccionar o especialmente elegidas .

Esto significa que disponemos de materias primas cualitativamente peores. Las mezclas de grava y arena presentan:

- rocas con menor resistencia
- forma de los granos menos favorable
- reparto menos homogéneo de las fracciones granulométricas
- contenido más elevado de componentes débiles y/o porosos, etc.

Hormigón viejo machacado

Se admiten hormigones viejos que no contengan ninguna sustancia nociva como por ejemplo:

- Cloruros en hormigones viejos de carretera
- Yeso en el hormigón procedente de edificios

• Composición de la mezcla
Los ensayos nos demuestran que es interesante utilizar como árido grueso el hormigón viejo y como árido fino la fracción 0-4 de arena natural.

• Cantidad de agua necesaria
La absorción de agua es más elevada que con áridos naturales, por lo tanto utilizando hormigón viejo es necesaria una mayor cantidad de agua. Se recomienda una prehumidificación antes de la puesta en obra.

• Modificación de las propiedades
La experiencia ha demostrado que la utilización de hormigón viejo machacado para la preparación de hormigones nuevos provoca una alteración de sus propiedades como por ejemplo:

- Reducción de la resistencia a compresión y del módulo E (la literatura los sitúa entre 10 y 30%)
- La dosificación más alta de cemento se traduce en un aumento de la fluencia y la retracción.

4. Agua de amasado

Definición
El agua de amasado es la cantidad de agua que hay que añadir a la mezcla del hormigón durante el amasado además de la debida a la humedad propia de los áridos.

Idoneidad
Se puede utilizar agua potable sin necesidad de realizar ensayos previos. Sin embargo, aguas de otras procedencias deben ser objeto de control con el fin de asegurar que no contienen sustancias orgánicas o sales minerales perjudiciales al hormigón. El agua no debe alterar las propiedades del hormigón fresco.

5. Aditivos del hormigón

Objeto
Aditivos son aquellas sustancias o productos que incorporados al hormigón, mortero o pasta antes o durante el amasado y/o durante un amasado suplementario, en una proporción no superior al 5% del peso del cemento producen la modificación deseada en dicho hormigón, mortero o pasta, en estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.
El efecto de los diferentes aditivos Sika está descrito con detalle en los capítulos siguientes.

6. Adiciones del hormigón

Las adiciones son sustancias muy finas que se añaden al hormigón como complemento del cemento.
Su objetivo es influir sobre las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido.
Las adiciones pueden ser de diferente naturaleza:

- Sustancias orgánicas: por ejemplo materias sintéticas en forma de polvo
- Sustancias inertes: polvo calcáreo. Su papel principal es mejorar las propiedades del hormigón fresco reemplazando los finos.
- Colorantes: color en forma de pigmentos (ver hormigón coloreado)
- Sustancias puzolánicas: las principales sustancias utilizadas son las cenizas y el humo de sílice. Ambos contribuyen de manera activa al endurecimiento. La reacción depende sobre todo del contenido de SiO_2 y de la finura de las partículas.

Tabla comparativa

Característica \ Producto	Cemento	Puzolana Industrial		Unidad
	Cemento Portland	Cenizas	Humo de Sílice	
Peso específico	3120-3190	2100-2350	2100-2200	kg/m^3
Superficie específica	2800-5000	3000-5500	180000-220000	cm^2/g
Densidad aparente	1200-1400	800-1000	200-300	kg/m^3
Pérdida por calcinación	0,5-5,0	0,5-12,0	0,7-4,0	%
SiO_2	17-25	40-55	95	%

La tecnología Sika del humo de sílice

Humo de sílice

Es un polvo extremadamente fino (aprox. 0.1 µm) de sílice amorfo (SiO_2) obtenido en la producción del silicio y sus aleaciones. Se trata de una puzolana altamente reactiva.

Reacción

Tiene lugar con la cal libre producida en la hidratación del cemento. Durante esta reacción el humo de sílice se transforma en un silicato de calcio hidratado que es insoluble en agua.

Efectos

En el hormigón fresco

- Una importante cohesión de la mezcla
- Óptima trabajabilidad

En el hormigón endurecido

- Matriz de cemento reforzada, compacta y más durable
- Una mayor impermeabilidad al agua y valores más altos de la resistencia al hielo, sales de deshielo y agentes químicos.

Campos de aplicación

Siempre que se necesite un hormigón al que se le exigen altas prestaciones en cuanto a su puesta en obra o durabilidad.

Productos Sika:

SIKACRETE P SIKACRETE HD	productos a base de humo de sílice con adición de un polímero
SIKA FUME S92 D	producto a base de humo de sílice densificado
SIKACEM 830	producto a base de humo de sílice con adición de varios polímeros.

Dosificación

Los mejores resultados se obtienen con dosificaciones comprendidas entre 5-10% del peso del cemento.

1. Resistencia a compresión del hormigón

La capacidad de carga y la idoneidad de los elementos de hormigón deben ser definidos y controlados por el ingeniero. En este contexto uno de los valores determinantes es la resistencia a compresión del hormigón.

Clasificación
Hoy en día las centrales de hormigón ofrecen una gama muy variada de hormigones de calidad garantizada y controlados regularmente. La resistencia a compresión es el factor determinante del control.

Resistencia a compresión del hormigón
La Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) designa los hormigones por sus propiedades especificándose si es hormigón en masa o armado, resistencia característica, consistencia, tamaño máximo del árido y ambiente a que estará expuesto, teniendo su designación el siguiente formato:

T-R/C/TM/A

- T: Indicativo que será HA o HM en el caso de hormigón armado o en masa respectivamente.
- R: Resistencia característica a compresión expresada en N/mm^2.
- C: Letra inicial del tipo de consistencia.
- TM: Tamaño máximo del árido en milimetros
- A: Designación del ambiente

HA-25/B/20/IIF: Hormigón armado de resistencia característica 25 N/mm^2, consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm, destinado a colocarse en ambiente IIa.

2. Propiedades particulares

El hormigón no solamente se clasifica por su resistencia a compresión. La mejora de la durabilidad, que cada vez se pide más, exige propiedades particulares, sinónimos de un hormigón más resistente en el tiempo.

Propiedades:

- Impermeabilidad al agua
- Resistencia al hielo
- Resistencia a las sales de deshielo
- Resistencia a los agentes químicos
- Resistencia a la abrasión

En función de las necesidades, el responsable técnico puede exigir una o varias de dichas propiedades. Ensayos preliminares sistemáticos son condición indispensable para la utilización de hormigones con propiedades particulares.

2.1. Impermeabilidad al agua.

Un hormigón, no fisurado, es impermeable al agua cuando la cantidad de agua filtrada (qw) es menor que la cantidad mínima de agua evaporable (qd) en la superficie exterior.

Solicitaciones debidas al agua

Condiciones que deben satisfacerse para la impermeabilidad al agua:

qw < qd (expresada en gramos por m^2 y hora)

qw: depende de la absorción capilar del hormigón

qd: depende de:
- temperatura ambiente
- humedad relativa
- intensidad del viento

Clasificación

Un hormigón impermeable al agua viene definido por el valor qw=10-12 gr/m^2 hora para elementos de 25 cm de espesor.

Nota

Consultar igualmente el capítulo “Hormigones de alta impermeabilidad”.

2.2. Resistencia al hielo

Los daños provocados por el hielo son muy importantes cuando los elementos de hormigón están saturados de agua y sometidos a frecuentes y bruscos ciclos de hielo-deshielo. Debido a un aumento

del volumen de agua que contiene el hormigón se produce una destrucción progresiva de las capas superficiales.

Condiciones para la resistencia al hielo

- Utilización de áridos resistentes al hielo
- Una estructura compacta del hormigón
- Un hormigón con oclusión de microburbujas de aire
- Un curado intenso y cuidadoso
- Un grado de hidratación del hormigón lo más alto posible.

2.3. Resistencia a las sales de deshielo

Cuando se utilizan sales de deshielo (principalmente cloruro de sodio con el fin de bajar el punto de congelación del agua) el enfriamiento de la superficie del hormigón se produce bruscamente debido a la absorción del calor desde el interior.
Esta situación, unida a las interacciones posibles entre las capas heladas y no heladas, puede ser el origen de un debilitamiento de la estructura del hormigón.

Condiciones para la resistencia a las sales de deshielo

- Áridos resistentes al hielo
- Hormigón con aire ocluido y estructura densa
- Evitar la acumulación de mortero fino en la superficie
- Curado intenso y cuidadoso
- Hormigonar con anticipación suficiente al empleo de las sales de deshielo, con el fin de dar tiempo a que el hormigón fragüe perfectamente

2.4. Resistencia a los agentes químicos.

Ataques químicos
El hormigón puede ser atacado por sustancias nocivas que están presentes en el agua, suelo y gases (por ejemplo aire).

Tipos de ataques
Es muy normal que el agua sea transmisora de sustancias nocivas. El

agua corriente, por su renovación continua, puede ser particularmente agresiva.

Efecto disolvente: Ataque progresivo del exterior hacia el interior.
→ Causa principal: presencia de acidez (también agua de montaña pobre en cal y lejías concentradas).

Hinchamiento: Ataque desde el interior debido a un aumento de volumen en el seno de la pasta de cemento endurecido.
→ Causa principal: presencia de sulfatos (por ejemplo aguas selenitosas). Estos sulfatos penetran profundamente en el hormigón reaccionando con las partículas de cemento dando lugar a la etringita (desintegración de la pasta de cemento endurecida).

Grado de agresividad de aguas naturales
La norma DIN 4030 clasifica los ambientes según su agresividad de acuerdo con el siguiente criterio:

Composición del fluido	Efecto corrosivo		
	Bajo	Alto	Muy Alto
pH	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5
CO_2	15-30	30-60	>60
Ión Amonio (NH_4+) mg/l	15-30	30-60	>60
Ión Magnesio (Mg^2+) mg/l	100-300	300-1500	>1500
Ión Sulfato (SO_4=) mg/l	200-600	600-3000	>3000

Si dos o más cantidades están en el cuarto superior del rango (o en el cuarto inferior en el caso del pH) el efecto corrosivo debe aumentarse un nivel. Esto no es aplicable al agua del mar.

Medidas a tomar

- La resistencia de un hormigón es mayor cuanto sea más impermeable y tenga un grado de hidratación elevado (edad y tratamiento de curado).

- Exigencias mínimas “Hormigón impermeable al agua”
- Obtener un factor agua/cemento lo más bajo posible (empleo de Sikament). Ejemplo: a/c < 0,45 para un grado de agresividad muy fuerte. La adición de humo de sílice mejora notablemente la impermeabilidad.
- En presencia de sulfatos: utilizar la tecnología del Sika-humo de sílice así como un cemento resistente a los sulfatos.
- Cuando las agresiones sean muy fuertes: protección suplementaria del hormigón mediante un revestimiento.
- Aumentar el espesor de recubrimiento de las armaduras en al menos 10 mm.

2.5. Resistencia a la abrasión

Solicitación por abrasión
Una superficie de hormigón puede ser solicitada mecánicamente no solo por el tráfico rodado sino también por partículas sólidas que arrastra el agua.

Condiciones para una mejor resistencia a la abrasión
La pasta de cemento endurecida es menos resistente a la abrasión que los áridos, sobre todo si es porosa (exceso de agua de amasado). Dicha porosidad disminuye proporcionalmente con la reducción del factor agua/cemento aumentando la cohesión con los áridos.

- Un factor a/c de 0,40-0,45 es ideal
- Elegir una curva granulométrica apropiada eligiendo unos áridos gruesos especiales y realizando un curado cuidadoso (capítulo Hormigón duro)
- Esparcido sobre la superficie de un material duro (capítulo Hormigón duro).

III. Fabricación, transporte, puesta en obra

1. Hormigón preparado, hormigón de obra

La fabricación de hormigones en centrales no cesa de aumentar. Hoy en dia, es posible pedir a una central situada en las cercanias de la obra, cualquier tipo de hormigón.
Por el contrario, el hormigón confeccionado en obra, presenta varias ventajas, principalmente en las grandes obras caracterizadas por una necesidad permanente de hormigón.
En este caso la fabricación se realiza a pie de obra, con la ventaja de ser independiente del transporte que en ocasiones puede ser largo y complicado. Los transportes quedan reducidos a las materias primas que puedan pedirse con antelación y con independencia de la producción.
Las plantas de obra son actualmente tan modernas y perfectas que pueden producir hormigones de igual calidad que los de una de central fija.

2. Consistencia del hormigón

La puesta en obra requiere un hormigón que sea trabajable. La fácil compactación y nivelación aun en condiciones adversas como encofrados estrechos y armaduras densas. Solo de esta manera puede garantizarse la durabilidad de los elementos de hormigón. En cuanto a la trabajabilidad del hormigón juega un papel muy importante su consistencia.

Existen tres procedimientos para medirla:

- Ensayo de compactación (según Walz ISO 4.111)
  → para hormigones secos y plásticos
- Ensayo de escurrimiento (DIN 1048)
  → para hormigones blandos y plásticos
- Cono de Abrams (ISO 4109 (Slump))

Tipos de consistencia

	Procedimiento de medida		
Consistencia SIA	Compactación según Walz	Escurrimiento en mm	Cono en mm
K1	$\geq$ 1,26	no apropiada	no apropiada
K2	1,25-1,11	300-400	10-70
K3	$\leq$ 1,10	410-500	80-150
K4	no apropiada	$\geq$ 510	$\geq$ 160

Según la instrucción EHE las consistencias en España vienen definidas por el cono de Abrams medido en centímetros.

Consistencia	Intervalo en cm
Seca	0-2
Plástica	3-5
Blanda	6-9
Fluida	10-15

Las centrales de hormigón preparado son capaces de ajustar la consistencia a cualquier valor que se les pida. Dicha consistencia será la correspondiente al momento de la descarga en obra.

Modificación de la consistencia
Se puede modificar la consistencia añadiendo más agua pero esto comporta los siguientes inconvenientes:

- reducción de la resistencia a compresión
- aumento de la permeabilidad
- reducción de la durabilidad
- aumento de la retracción
- en el hormigón fresco: segregación y exudación

La trabajabilidad se puede mejorar sensiblemente mediante la adición de Sikament o Sika ViscoCrete a pie de obra en lugar de agua.

2.1.- Hormigón bombeado

Campos de aplicación del hormigón bombeado

• Para trabajos de hormigonado especiales o con plazos de ejecución muy cortos.
• Como complemento al hormigonado con grúa, por ejemplo directamente desde la central de obra.
• Para el hormigonado en lugares complicados o difícilmente accesible, por ejemplo trabajos subterráneos.

Composición

Granulometría

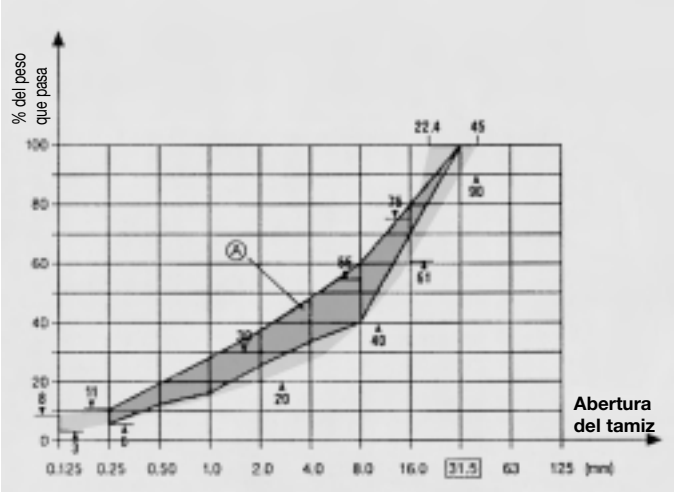
- diámetro máximo del árido < 1/3 del diámetro nominal de la tubería
- el mortero de la mezcla bombeable debe presentar buena cohesión con el fin de evitar la segregación en el transporte.

Para esto la dosificación de la fracción 0-0,25 mm (finos + cemento) debe ser:

450 kg/m^3 para tamaño máximo ø 16 mm
400 kg/m^3 para tamaño máximo ø 32 mm

Cuando se utilicen áridos de machaqueo se debe aumentar esta cantidad en 25-50 kg/m^3.

Los finos que falten pueden compensarse con la adición de humo de sílice.



Cemento
Contenido > 300 kg/m³, recomendándose 325-330 kg/m³ de cemento normal.

Trabajabilidad
Un hormigón seco se bombea muy difícilmente. la aspiración es difícil y la presión aumenta. Para el bombeo de hormigón se necesita una consistencia de :

escurrimiento 350-410 mm
compactación 1.18-1.08
cono 8-12 cm

Factor agua-cemento
Un factor a/c demasiado alto nos conduce inevitablemente a una segregación y a la obstrucción de las tuberías

a/c a partir de 0,42

Sikament o Sika ViscoCrete permiten el bombeo con factores a/c relativamente bajos.

Observaciones importantes

Aire ocluido

- El hormigón microporoso resistente al hielo y a las sales de deshielo se bombea fácilmente con la condición de que el contenido de aire ocluido sea inferior al 5%. Contenidos mayores pueden producir un efecto de muelle.

Tubería

- ø normales 100-125 mm
- Con diámetros más pequeños la consistencia puede ser plástica
- Las uniones deden ser estancas con el fin de evitar pérdidas de presión y finos.
- Los primeros metros de la tubería deben colocarse horizontalmente y sin curvas sobre todo si después de este tramo se hace ascendente.
- En verano, se recomienda proteger las tuberías de una exposición intensa al sol.

Mezcla lubricante

Su función es recubrir las paredes interiores de la tubería mediante una capa con alto contenido de finos con el fin de asegurar un bombeo fácil.

- Fórmula:
  Mortero 0-4 mm, contenido de cemento el mismo o ligeramente superior al del hormigón que se vaya a bombear. Cantidad a utilizar en función del diámetro y longitud de la tubería: 0.5-1.0 m^3.

A nivel de control de hormigón, la mezcla lubricante se carga al final en la hormigonera para que sea lo primero que llegue a la bomba. Después de que haya pasado dicha mezcla por la bomba se recomienda mezclar bien el hormigón en la hormigonera antes de alimentar la bomba.

Calidad de hormigón bombeado y productos utilizados

Hormigón bombeado Exigencias cualitativas	Productos
- Hormigón bombeable normal mejorado	Plastiment HP1; Sika Pump Sikament 290 Sikament 390
- Aumento de resistencia mecánica y de la impermeabilidad y facilidad de bombear durante un largo periodo.	Sika Pump Sikament 200 R
- Elevada resistencia mecánica e impermeabilidad junto a una alta bombeabilidad	Sikament Sika Pump Sika ViscoCrete
- Hormigones de altas prestaciones con mejor resistencia a los sulfatos, resistencias mecánicas elevadas, mayor impermeabilidad todo ello junto a una excelente bombeabilidad.	Sikacrete HD
Como complemento a las exigencias ya dichas mejor resistencia al hielo y sales de deshielo	SIKA AER 5
Retraso del fraguado	SIKA RETARDER 50

2.2. Hormigón fluido

Campos de aplicación

El hormigón fluido es de consistencia líquida y sus principales campos de aplicación son:

- Elementos de grandes superficies que tengan que ser hormigonados rápidamente como por ejemplo: paradas de autobuses, pavimentos, losas, etc.
- Estructuras de difícil acceso, con encofrados estrechos y gran densidad de armaduras (por ejemplo cámaras blindadas, canales...)

Composición
El hormigón fluido se obtiene a partir de un hormigón con un escurrimiento de 300-400 mm al que se le añade Sikament o Sika ViscoCrete.
El escurrimiento de un hormigón fluido debe estar comprendido entre 510-600 mm. Su composición es parecida a la del hormigón bombeado:

- Proporción de finos + cemento (0-0.25) para un árido de tamaño máximo 32 mm: 360-450 kg/m^3.
- Los áridos de río son más indicados que los de machaqueo. Los finos que faltan se pueden reemplazar con la adición de humo de sílice.
- Contenido de cemento > 300 kg/m^3 normalmente 325-350 kg/m^3

Adición de Sikament o Sika ViscoCrete, fluidificación
Normalmente la adición se realiza a pie de obra directamente en la hormigonera o camión hormigonera. Es importante asegurarse de que la mezcla ha sido buena:

➔ **Amasado complementario 1 minuto/m^3 de hormigón** (5 minutos como mínimo)

Igualmente puede realizarse la adición en la propia central con la condición de que la duración del transporte sea corta:
Otras soluciones que pueden adoptarse:

1/3 en la central de hormigón
2/3 en obra

Ejemplo: una dosificación normal de 1.2% realizada en la central se puede repartir del modo siguiente:
Central 0.5%
Obra 0,8-0,9%
Con esta solución es aconsejable aumentar ligeramente la dosificación.

También puede hacerse una dosificación complementaria en obra en caso de interrupciones. La cantidad a emplear en este caso será del 30-50% de la utilizada en origen. este tipo de dosificación complementaria solo debe realizarse en casos excepcionales.

Hormigón con aire ocluido: El aireante debe añadirse en la central de hormigón.

Fluidificante y duración de su efecto
Los valores que a continuación se indican son a título orientativo. Los valores reales se determinarán mediante ensayos preliminares .

Hormigón base			Hormigón fluido	
Factor a/c	Escurrimiento	Sikament	Factor a/c	Nuevo escurrimiento
0,53	400 mm	0,8%	0,53	570 mm
0,50	350 mm	1,0%	0,51	580 mm
0,48	300 mm	1,2%	0,49	570 mm
0,46	250 mm	1,8%	0,47	560 mm

Duración del efecto
La duración del efecto varia con la temperatura y tipo del cemento. Como orientación puede decirse que varia entre 30 y 90 minutos. El efecto puede prolongarse en función del tipo de Sikament o Sika ViscoCrete utilizado y/o de su combinación con Sika Retarder 50.

La duración del efecto se reduce con cementos muy finos y/o temperaturas altas.

Observaciones importantes

• El transporte debe realizarse siempre en camión hormigonera
• El hormigón fluido puede bombearse
• El hormigón fluido no debe colocarse con gruas o carros
• La utilización de conductos adecuados (ø min 20-30 mm) o de un sistema de canaletas permite acceder a cualquier tipo de elementos sin necesidad de bombeo (pendiente mínima 1:4 a 1:5).
• Atención al hormigonado de superficies con pendiente: evitar pendientes superiores al 2-3%. (En el hormigonado de placas, se puede mejorar el escurrimiento colocando un film de plástico en el soporte).
• Encofrados: Empalmes verticales y horizontales estancos. El vertido de grandes volúmenes de hormigón puede originar presiones muy elevadas sobre las paredes del encofrado. Por lo tanto es conveniente dimensionar el sistema de encofrado y su fijación.
• Compactación: Los muros, pilares y en general todos los elementos altos y esbeltos se deben vibrar durante un corto espacio de tiempo con el fin de eliminar el aire. Una compactación demasiado prolongada puede causar segregación. Las losas y elementos en masa deben vibrarse de forma cuidadosa en los bordes y entorno de las bandas de junta.

Calidad del hormigón fluido y empleo de productos

Hormigón fluido: exigencias	Producto
Incremento de resistencias mecánicas y estanquidad.	Sikament 300 Sikament 500 Sikament 500 HE Sika ViscoCrete
Largo periodo de actividad.	Sikament 200 R Sika ViscoCrete
Hormigón fluido de altas pretaciones y aumento de resistencia a los sulfatos.	Sikament 300 Sikament 500 Sikamente 500 HE Sikament 200 R Sikacrete H D Sika ViscoCrete
Productos complementarios. Resistencia al hielo y a las sales de deshielo.	Sika Aer 5
Retraso del fraguado.	Sika Retarder 50

2.3.- Hormigón proyectado

Campos de aplicación

El hormigón proyectado se utiliza en el sostenimiento, consolidación y revestimiento de obras subterráneas, trabajos de reparación de estructuras, vasos, depósitos y estabilización de taludes. El hormigón proyectado se transporta desde la máquina gunitadora al punto de proyección por medio de conductos (tubos rígidos o flexibles) y se aplica en flujo diluido o denso sobre el soporte adecuado. La compactación queda asegurada por la energía desarrollada en el impacto (> 50m/sg). La mezcla (áridos- cemento-adiciones y aditivos) se preparan antes del transporte.

Procedimientos

Proyección por vía seca

- La mezcla a proyectar, con una humedad de áridos < 4-8 % (según máquina de proyectar), se transporta por medio de aire comprimido (flujo diluido). En la boquilla de proyección se añade el agua o el agua y aditivo acelerante antes de ser proyectada.

Proyección por vía húmeda

- La mezcla a proyectar con todos sus componentes, aditivada para obtener una consistencia y manejabilidad adecuada al tiempo y tipo de trabajo, con Sikament o Sika Tard, se transporta a través de conductos flexibles o rígidos por medio de flujo denso o diluido (según tipo de bomba de proyección). La incorporación de aire comprimido y aditivo acelerante se realiza en la boquilla, con el fin de proyectar la mezcla sobre la superficie de aplicación

Composición

El tamaño máximo de áridos quedará definido tanto por el equipo de transporte y proyección como por el espesor de capa a realizar. El tamaño mas utilizado en hormigón proyectado es 0-12 mm.

Para proyección por vía seca

- Espesores inferiores a 3 cm. 0-4 mm.

- Espesores hasta 5 cm. 0-8 mm.
- Espesores > de 5 cm. 0-12 mm.

Para proyección por vía húmeda

- Espesores hasta 5 cm. 0-8 mm.
- Espesores hasta 15 cm. 0-12 mm.
- Espesores > de 15 cm. 0-20 mm. raramente

Contenido de cemento

• Vía seca	0-4 / 0-8	400/450 kg/m3
	0-12	350/425 kg/m3
• Vía húmeda	0-8 / 0-12	375/425 kg/m3

Mezcla seca

Se caracteriza por una dosificación de 1.000 lts de áridos (húmedad < 8 %) en densidad aparente con el cemento necesario (350/450 kg/m3). Con un rechazo del 20 % se obtienen 700 litros aproximadamente de hormigón endurecido sobre el soporte.

Mezcla húmeda

Se caracteriza por una dosificación de 1.025 litros de mezcla áridos/cemento/agua, similar a un hormigón tradicional. Con un rechazo del 12 % se obtienen 666 litros aproximadamente de hormigón endurecido sobre el soporte.

Pérdidas por rechazo

Se define como rechazo la cantidad de material que ha rebotado después del impacto contra el soporte. Esta cantidad depende de la capacidad de adhesión de la mezcla, de la naturaleza del soporte a revestir y del arte de gunitar (ángulo de proyección, distancia al soporte y rotación de la boquilla).
Sin aditivos especiales las pérdidas por rechazo normalmente son:

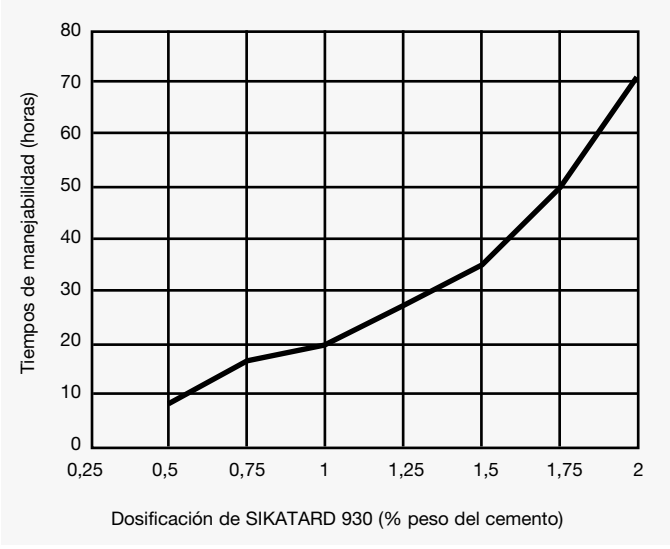
- para superficies verticales 12-25 %
- para superficies en techo 20-35 %

Las pérdidas por rechazo están compuestas fundamentalmente por granos gruesos. El hormigón que queda en la pared, tiene por lo tanto un mayor contenido de cemento.

Propiedades del hormigón proyectado y utilización de productos

Debido al fuerte desarrollo de la técnica de proyección, de la tecnología del hormigón, de la maquinaria y de los aditivos y adiciones, el hormigón proyectado alcanza las mismas resistencias mecánicas y homogeneidad que un hormigón de altas prestaciones. Por lo tanto, para el constructor de obras subterráneas es mucho mas importante, desde el punto de vista económico, conservar las propiedades del hormigón fresco así como de los sistemas que puedan afectarlo.

Hormigón proyectado: propiedades para su colocación	Productos
Proyección por vía seca Acelerante de fraguado	Sigunita LN PLUS Sigunita R y R2
Acelerante de fraguado libre de álcali	Sigunita 49 AF
Mejora de la cohesión unido a la reducción de pérdidas por rechazo	Sikacrete P
Mejora de la resistencia mecánica, impermeabilidad y simultaneamente una reducción de rechazo	Sikacrete P
Proyección por vía húmeda Superplastificante	Sikament T 3402/3406
Superplastificante de altas prestaciones	Sika Viscocrete T 3543
Estabilizador de fraguado	Sikatard 930
Acelerante de fraguado	Sigunita L 22 R
Acelerante de fraguado libre de álcali	Sigunita L 50 RF
Mejora de la cohesión unido a la reducción de pérdidas para rechazo	Sikacrete P Sika Fume S 92 D
Mejora de las resistencias mecánicas, impermeabilidad y simultaneamente reducción de rechazo	Sikacrete P Sika Fume S 92 D



2.4. Hormigón para obras submarinas. Campos de aplicación.

Como su nombre indica se trata de hormigón colocado a una cierta profundidad de la superficie, por ejemplo:

- Construcciones portuarias
- Ejecución de pilares de puentes en los ríos
- Pozos profundos en suelos inestables donde pueden existir filtraciones de agua debido al nivel freático.

Composición

En este contexto, el objetivo principal, a parte de puesta en obra, es que el hormigón conserve una buena cohesión y resista al deslavado. Esto presupone el tener un hormigón “graso”, muy rico en finos.

Para hormigones con tamaño máximo 32 mm

- Contenido de cemento 350 kg/m³ mínimo
- Finos, incluido el cemento > 400 kg/m³
- Consistencia: escurrimiento > 450 mm

Una proporción insuficiente de finos se puede compensar con la adición de Sika Fume S 92 D.

Observaciones a tener en cuenta

El procedimiento Contractor es un método que tiene por finalidad la colocación de hormigón bajo agua con las menores pérdidas posibles. Este procedimiento consiste en utilizar un tubo (ø 20-40 mm) cuya extremidad inferior esté embutida en el hormigón ya colocado. El tubo se retira poco a poco de modo que el extremo se mantenga inmerso en el hormigón para evitar la entrada de agua.
Otro método utilizado también hoy en ida es la colocación del hormigón con ayuda de una bomba asegurando igualmente que el extremo de la manguera se mantenga introducido suficientemente en el hormigón fresco.
Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El deslavamiento es directamente proporcional a la velocidad del flujo de agua. Lo mejor, por supuesto, es la ausencia total de corriente.
- Deben evitarse las diferencias de presión (diferencias de nivel), como por ejemplo en los pozos.

Utilización de productos

Propiedades exigidas al hormigón fresco	Productos
Buena fluidez y bombeabilidad con un factor a/c bajo	Sikament Sika Viscocrete
Mejora de la cohesión del hormigón fresco	Sika Fume S 92 D

2.5. Hormigón para encofrados deslizantes

En la construcción con encofrados deslizantes, el encofrado se desplaza verticalmente al mismo tiempo que se realiza el hormigonado, trabajándose 24 horas sobre 24. En este caso, el encofrado y la plataforma de trabajo se fijan a postes colocados en el centro del muro. El encofrado se eleva entre 12 y 20 cm por hora como mínimo en función de la temperatura. El desplazamiento se realiza mediante gatos hidráulicos. Los postes, colocados en los manguitos en su parte superior, se apoyan en el hormigón endurecido. Los machones y los tubos se izan poco a poco a medida que avanza el hormigonado. Este tipo de trabajo lo realizan empresas especializadas.

La construcción con encofrados deslizantes es rápida y racional. Este procedimiento está especialmente indicado para estructuras altas y de forma simple como p.ej.

- Depósitos elevados y silos
- Torres y chimeneas

Composición del hormigón con encofrados deslizantes

Considerando que la altura de este tipo de encofrados suele ser 1.20m y que el avance es de unos 20 cm hora, el hormigón debe tener una rigidez, después de 6-7 horas, suficiente para ser autoportante. De otro lado, el fraguado no debe ser excesivamente rápido para evitar que partes de hormigón queden pegadas en el encofrado que se desplaza. Una de las condiciones que debe respetarse para realizar un deslizamiento sin problemas es hormigonar siempre una altura constante en un mismo plazo de tiempo. de este modo el endurecimiento se realiza simultáneamente en toda la capa. La temperatura junto a un factor a/c óptimo, tienen una gran importancia.

El hormigón para encofrados deslizantes se coloca fundamentalmente con grúa.

Granulometría

- 0-32 mm (0-16 si las armaduras son muy densas)
- Cemento: 300 kg/m^3 mínimo
- Prever un cantidad de finos de 350-400 kg comprendido el cemento (similar al hormigón bombeado)

Consistencia

Se han tenido buenas experiencias con consistencias secas o plásticas, es decir con un escurrimiento máximo de 350 mm y un contenido bajo de agua.

Consideraciones a tener en cuenta

- El hormigonado de muros con espesores inferiores a 14 cm puede ser problemático (desconchones, anclajes de los postes, etc.).
- Las superficies recién desencofradas deben protegerse rápidamente del viento, sol, etc.

Utilización de productos

Propiedades exigidas al hormigón fresco	Producto
Alta resistencia inicial y buena trabajabilidad	Sikament 300. Sika Rapid 1 Sikament 500 Sikament 500 HE
Ligero retraso de fraguado en verano Incremento en la cantidad de finos	Sika Retarder 50
Oclusión de aire para hormigones resistentes al hielo y a las sales de deshielo	Sika Aer 5

2.6. Hormigón para carreteras

Campos de aplicación

El hormigón destinado a la construcción de carreteras, pistas de aeropuerto, suelos de grandes almacenes etc., se coloca mediante elementos mecánicos similares a los que se utilizan en las pavimentaciones asfálticas.

Este tipo de revestimiento se compone de capa portante y de rodadura o uso. Las principales características que deben cumplir son:

- Altas resistencias a compresión y flexotracción
- Resistencia elevada al hielo y las sales de deshielo
- Buenas propiedades antiderrapantes
- Resistente al desgaste

Composición

Granulometría

- Tamaño máximo ø 32 mm en la mayoría de los casos
- Contenido de finos (0-0.25 mm), incluido el cemento, no mayor de 420-450 kg/m^3.

Los áridos de machaqueo mejoran las propiedades antiderrapantes pero empeoran el rendimiento en su colocación.

Cemento

- Dosificación 300-350 kg/m3
- Consistencia y trabajabilidad

La trabajabilidad depende del tipo de maquinaria utilizada en su colocación. En la mayoría de los casos se utilizan hormigones secos (a/c < 0.50).

Consideraciones a tener en cuenta

- El contenido de aire ocluido debe ser al menos el 4%
- Las propiedades antiderrapantes se mejoran mediante una textura superficial especial (estrías transversales, cepillado con escobas), mediante el esparcido de carburo de silicio o de granalla de machaqueo 10-18.
- Realizar un tratamiento de curado continuo y permanente por pulverización de un producto de curado (Antisol) aplicándolo en el momento en que la humedad superficial ha disminuido.

Utilización de productos

Propiedades exigidas al hormigón	Producto
Hormigón fresco	
- Reducción del factor a/c para obtener resistencia mecánica elevada junto a una mejor trabajabilidad.	Plastiment HP1
- Reducción mayor del factor a/c.	Sikament 300 Sikament 500 Sikament 500 HE Sika Viscocrete
- Retraso de fraguado con temperaturas elevadas.	Sika Retarder 50
Hormigón endurecido	
- Oclusión de aire para una mejor resistencia al hielo y las sales de deshielo.	Sika Aer 5

3. Hormigón prefabricado

3.1. Hormigón para la fabricación de elementos

Contrariamente al hormigón de obra, el hormigón prefabricado es siempre confeccionado y colocado en un mismo lugar. Una vez endurecido los elementos se transportan y utilizan en otra parte.

Ejemplos:

Elementos	Fabricación	Armadura
Elementos para edificación: - losas - viguetas - tragaluces	Encofrados fijos con vibración interior y/o exterior	Armadura en ocasiones pretensada
Vigas de puente	Fabricación sobre plano, vibración interna y/o externa.	Armadura con pretensado múltiple
Tubos, postes	Por centrifugación	Armadura en ocasiones pretensada.
Elementos a base de cemento: - losas de jardín - baldosas de cemento - tuberías auxiliares de cemento	Realizadas con máquinas compactadoras	En general sin armadura
Procedimientos especiales	Tratamiento térmico del hormigón para mejorar sus resistencias iniciales. (Ver: hormigón de dovelas)	

Cada fabricante dispone de su propia fórmula de hormigón para la confección de sus elementos. En la mayoría de los casos se trata de hormigones de consistencia plástica con el fin de que su colocación y compactación sean lo más económicas posibles.

Para los elementos armados deben respetarse las mismas normas que para otro tipo de hormigones.

Utilización de productos

Exigencia que debe cumplir el hormigón para elementos prefabricados.	Productos
Reducción del factor a/c con buena trabajabilidad.	Sikament 300 Sikament 500 Sikament 500HE Sika Viscocrete
Mejora de las resistencias mecánicas y trabajabilidad muy buena	Plastiment HP1 Sikament 290 Sikament 390
Hormigón de altas prestaciones para elementos prefabricados.	Sikament 300 Sikament 500 Sikament 500HE Sika Viscocrete
Además: oclusión de aire para hormigones resistentes al hielo y sales de deshielo.	Sika Aer 5
Exigencias que deben satisfacer las mezclas de cemento	
Reducción de la formación de eflorescencias	Sikament 300 Sikament 500 Sikament 500HE Sika Viscocrete

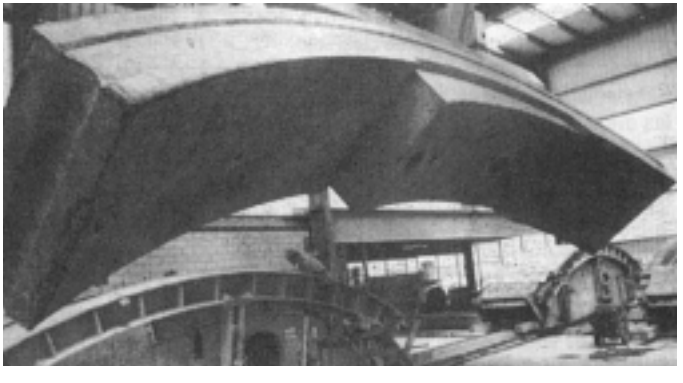
3.2. Hormigón para dovelas

Hoy en día, los métodos modernos de construcción de túneles en terrenos poco estables exigen la colocación rápida de un revestimiento integral, que sea capaz de resistir inmediatamente los esfuerzos a que está sometida toda la sección.
Este problema se resuelve mediante elementos prefabricados llamados dovelas o tubbing.

Fabricación

Debido al gran número y peso (hasta varias toneladas por pieza) las dovelas son fabricadas en la proximidad de la boca del túnel en instalaciones especialmente diseñadas para ello. Las exigencias de precisión son muy altas, es frecuente la utilización de encofrados de acero muy pesados. El desencofrado tiene lugar entre 5-6 horas despues, debiendo tener el hormigón necesariamente una resistencia a compresión de 20 N/mm^2. Por lo tanto, es indispensable un desarrollo acelerado de las resistencias mecánicas.

Existen diversos métodos: el primero, muy usual, está basado en la conservación del calor. Para ello, el hormigón se calienta a 28-30°C durante su amasado utilizando agua caliente o vapor. Después se coloca y trata el encofrado. La resistencia necesaria para el desencofrado se obtienen en un plazo de 5 h. en la cámara de vapor a 50-60°C.



Composición

A causa de la elevada temperatura, el hormigón fresco tiende a rigidizarse rápidamente, cosa que dificulta la compactación y la terminación superficial.

Granulometría
Normalmente 0-32 mm. Es conveniente que la granulometría sea parecida a la de un hormigón bombeable. El humo de sílice compensa la falta de finos, dando a la mezcla una mayor homogeneidad y trabajabilidad, sobre todo con áridos de machaqueo, mejorando sensiblemente la resistencia mecánica y su impermeabilidad. Así mismo mejora la resistencia a los sulfatos.
Cemento
En general cementos de alta resistencia inicial. Contenido 325-350 kg/m^3

Consistencia
Una colocación rápida y continua exige una consistencia plástica (escurrimiento=400-450 mm). La alta resistencia inicial necesita que el factor a/c sea bajo normalmente inferior a 0.48.

Consideraciones a tener en cuenta
El tratamiento de curado de las dovelas no se debe realizar en ningún caso con agua fría con el fin de evitar fisuras. La pulverización de un producto de curado como el Antisol E ha dado resultados satisfactorios.

Utilización de productos

Propiedades exigidas al hormigón fresco	Productos
Reducción del factor a/c manteniendo la trabajabilidad necesaria	Sikament 300 Sikament 500 Sikament 500HE Sika Viscocrete
Reducción del factor a/c con trabajabilidad muy buena y altas resistencias finales	Sikament 300 + Sikacrete HD Sikament 500 + “ Sikament 500HE + “ Sika Viscocrete + “
Oclusión de aire para mejorar la resistencia al hielo y a las sales de deshielo	Sika Aer 5

4. Retraso del fraguado / hormigones de verano

El hormigón debe protegerse de la desecación durante el transporte. Con alta temperatura ambiente, el hormigonado no está permitido si no se toman las debidas precauciones para permitir un perfecto curado. Las medidas a tomar dependen de la temperatura ambiente, la humedad relativa del aire, el viento reinante, la temperatura del hormigón fresco, la facilidad de disipación del calor asi como de las dimensiones del elemento a hormigonar.
Despues del hormigonado, la temperatura del hormigón fresco no debe pasar de +30°C, sin tomar medidas especiales.

Problemática

Temperaturas ambientales mayores de 25°C pueden producir problemas en hormigones de fraguado no retardado.

- La hidratación es la reacción química del cemento con el agua. Ello conduce, inmediatamente de su iniciación, al endurecimiento de la pasta de cemento después de pasar por un espesamiento y solidificación (principio de fraguado).
- Toda reacción química se acelera bajo el efecto de un aumento de temperatura.

Para el constructor, esto significa que el hormigonado con un hormigón de fraguado rápido es dificultoso, a veces imposible, no pudíendose hacer una buena puesta en obra y compactación. Una de las medidas que permiten paliar este problema es la utilización del retardador de fraguado Sika Retarder 50, que puede emplearse conjuntamente con fluidificantes o superfluidificantes de la gama Sika.

Sika-Retarder 50 en % del peso del cemento

		10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
		= Temperatura determintante						
Retraso del fraguado en horas	3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,9
	4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,1
	6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,5
	8	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,8
	10	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,5	2,0
	12	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,7	
	14	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	
	16	0,6	0,8	1,1	1,3	1,7		
	18	0,7	1,0	1,2	1,5	1,9		
	20	0,8	1,1	1,4	1,6			
	24	1,0	1,3	1,7	2,0			
	28	1,2	1,5	2,0				
	32	1,4	1,8					
	36	1,7	2,0					
	40	2,0						

Parámetros de influencia

El retraso del fraguado está influenciado por diferentes parámetros.

1. La temperatura
   - Una subida de temperatura acorta el retraso del fraguado y una bajada lo alarga.
   - Variaciones de temperatura por debajo de + 20°C tienen mayor influencia que las variaciones por encima de los + 20°C.

Regla Empirica

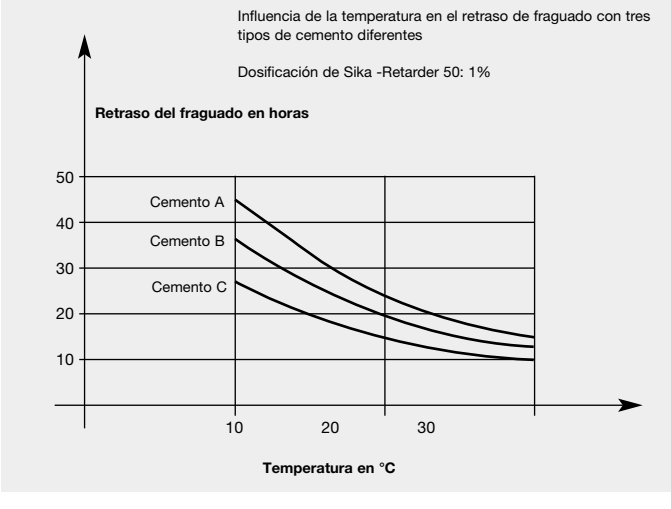
Cada grado centígrado por debajo de + 20°C prolonga el fraguado en aprox. una hora.

Ejemplo :	20°C (1%)	Retraso de fraguado de 14 horas
	10°C (1%)	Retraso de fraguado de 24 horas

Cada grado centígrado por encima de + 20°C acorta el retraso de fraguado en media hora.

Ejemplo :	20°C (1 %)	Retraso de fraguado de 14 horas.
	25°C (1 %)	Retraso de fraguado de 12 horas.

Para mayor seguridad : Prever ensayos preliminares



El factor agua-cemento

Ensayos hechos con hormigón H-30 con una dosificación del 1 % de Sika Retarder 50 han demostrado :

- que un aumento del factor a/c. de 0,01 provocaba una prolongación del retraso de fraguado de aprox. media hora.

Ejemplo (tomado del ensayo):

a/c.	0.42	Retraso del fraguado de 26 horas
a/c.	0.50	Retraso del fraguado de 29 horas.

En combinación con el Sikament

- En combinación con el Sikament 300 el Sika Retarder 50 aumenta ligeramente el tiempo de fraguado.

Por consiguiente, “estamos del lado bueno” cuando se respetan los valores del cuadro.

- En combinación con el Sikament 200 R el Sika Retarder 50 aumenta de manera importante el tiempo de fraguado.

Se recomienda la realización de ensayos preliminares en obras importantes.

Tipo y cantidad de cemento

La evolución de la hidratación puede variar de un cemento a otro en función de las materias primas utilizadas y del grado de molienda. El retraso depende también de estas variaciones que son particularmente sensibles para dosificaciones superiores al 1 %.

Para mayor seguridad :

- ensayos preliminares
- sistemáticamente para dosificaciones a partir del 2 %.

Volúmen de hormigón

Si en una estructura se prevé un mismo retraso para todo el hormigón, el volumen no tiene ninguna influencia sobre dicho retraso. Cuando comienza el fraguado en elemento adyacente (por ejemplo para una interrupción durante la noche en el hormigonado de una placa), la “temperatura determinante” se modifica en la zona de contacto (aumenta). Este fenómeno produce una reducción del retraso. Para evitar este incoveniente, hay que escoger un ancho suficiente (en general superior a 1,2 m) para la banda retardada.

Además, se pueden prever varias bandas con tiempos de fraguado en constante aumento (ver ejemplos).

Características del hormigón retardado

Endurecimiento: En un hormigón retardado el desarrollo de resistencia es más rápido, una vez que se inicia el endurecimiento, que para un hormigón normal.

Retracción/fluencia : La retracción en relación con la fluencia es menor que la de un hormigón no retardado.

Retracción inicial : Pueden aparecer fisuras después de una retracción inicial, provocadas por una deshidratación durante el fraguado (Evaporación superficial).

La protección contra la desecación de los hormigones retardados es por consiguiente muy importante.

➔ Tratamiento de curado.

Ejemplos de etapas de hormigonado con un retraso de fraguado

1. Retraso durante la noche

- Soleras de cimentación.
- Losas, pilares, etc...

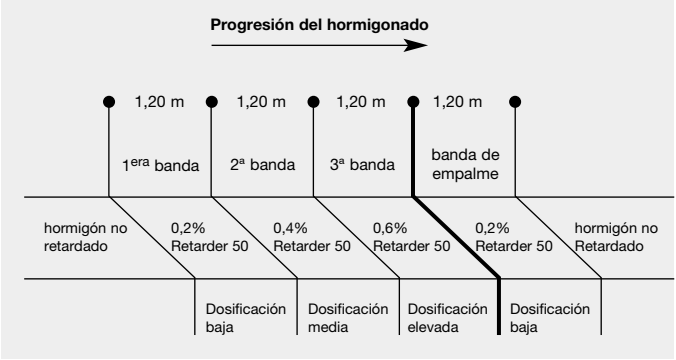
Al final de la etapa de hormigonado diario, se hormigonan 3 bandas de 1,2 m. de ancho cada una, dosificación creciente de retardador .

1^{era} banda: 1/3 de la dosificación principal
2ª banda: 2/3 de la dosificación principal
3ª banda: dosificación principal tomada del cuadro o del ensayo preliminar.

Paro de los trabajos durante la noche.

Vuelta a la operación a la mañana siguiente:

La primera banda (que enlaza con la tercera banda del día anterior) se hormigona con hormigón cuya dosificación de retardante corresponde a un 1/3 de la dosificación principal.



2. Efecto del retraso mediante un comienzo sincronizado del fraguado

Esta técnica se utiliza por ejemplo en los grandes tramos de puentes, losas, etc..

Los trabajos preliminares importantes que deben hacerse en este contexto son:

- Establecer un programa exacto de hormigonado con el ingeniero y el contratista.
- Definir la distribución de los tramos y el planing a que se refieren.
- Objetivo : el fraguado se hará al mismo tiempo en todos los tramos.
- Sabiendo los tiempos y las temperaturas, los ensayos preliminares permiten definir la dosificación para los diferentes tramos.

Ensayos preliminares

El ensayo preliminar se hará exclusivamente con la composición del hormigón prevista en la etapa retardada.

- Mismo factor a/c., mismo tipo de cemento y dosificación.

Los límites de compactación se controlarán en varias probetas para cada dosificación (en cubos de 20 l. como mínimo) en la obra y con una temperatura semejante a la que existe en el hormigonado.

Procedimiento :

- Determinar la dosificación del retardador tomando como base el cuadro.
- Llenar 5 cubos como mínimo con hormigón preparado según la formula escogida.
- 2 horas antes del comienzo del fraguado, vibrar el contenido del primer cubo.
- A continuación, vibrar un cubo cada hora (vibrar solamente una vez el contenido de un cubo).
- El fraguado ha comenzado cuando es imposible vibrar el contenido del cubo.
- Anotar el tiempo asi calculado y asegurarse que corresponde al que previamente se ha determinado (tomando como base el cuadro).
- En caso de haber una gran diferencia, corregir la dosificación basándose en un nuevo ensayo.

Medidas que deben tomarse en relación con los hormigones retardados

Encofrado

Los encofrados en madera empleados por primera vez pueden sobre todo en las proximidades de los nudos, provocar manchas o un enharinado, etc.. bajo el efecto de un desprendimiento de xilosa.
Los encofrados en madera muy absorbentes si no han sido suficientemente humidificados o tratados con Sika Desencofrante, los encofrados en madera absorben efectivamente mucha agua de la superficie del hormigón. Este fenómeno se acentua más en los hormigones retardados, ya que el efecto se prolonga durante un periodo más largo.
El encofrado en madera preparado según las reglas del arte con Sika Desencofrante da superficies vistas de bonito aspecto, aunque sean con hormigones retardados.

Compactación y tratamiento de curado

Es fundamental compactar el hormigón retardado, La siguiente etapa de hormigonado (a la mañana siguiente por ejemplo.) se compacta en conjunto con “la antigua capa”.

Las superficies cuyo fraguado se retrasa, se vibran y tratan adecuadamente.
El tratamiento de curado es importantisimo para evitar cualquier pérdida de humedad del hormigón retardado y compactado.
Los mejores métodos son:
Para las superficies con retraso de fraguado (losas y otros):

- Pulverización con Antisol (tener cuidado para caso de revestimiento ulterior) y cubierta mediante una lona de plastico o esteras aislantes.

Para los elementos retardados que deben vibrarse posteriormente :

- Revestimiento concienzudo mediante hojas de plástico o tejido de yute humedo. Proteger contra las corrientes de aire. El riego puede provocar un deslavado.

El retraso de fraguado en morteros

A menudo es necesario en verano retrasar el fraguado de los enlucidos y otros tipos de mortero.
Características:

- Las mezclas de mortero presentan un factor a/c menor que las mezclas de hormigón.
- Las proporciones de cemento son generalmente más elevadas.

Dosificación:

Las cantidades del aditivo retardador que se deben prever son por ello más elevadas:

Temperatura determinante	Contenido de CP	Dosificación de Sika-Retarder 50 en % para un retraso de fraguado			
°C	kg	4 h	8 h	12 h	16 h
15	500	0.5	0.9	1.4	1.8
	400	0.4	0.8	1.3	1.6
20	500	0.6	1.0	1.5	2.0
	400	0.5	0.9	1.4	1.8
25	500	0.6	1.1	1.8	2.2
	400	0.5	1.0	1.6	2.0

Se dan estos valores a titulo indicativo y deben confirmarse mediante ensayos preliminares.

Importante: Mezclar solamente la cantidad de mortero susceptible de colocarse en un corto plazo

Otras observaciones

- La “temperatura determinante” es en este caso la más elevada de las dos (temperatura del mortero fresco o ambiente).
- Prever tiempos de transporte los más cortos posible y proteger el mortero durante el transporte.
- Se cubrirá el mortero con una lona y se almacenará a la sombra.
- Después del fraguado, se protegerá el mortero durante varios días contra las pérdidas de humedad.

5. Aceleracion del endurecimiento/ hormigones de invierno

Extracto de la norma E HE: En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no habrán de producirse deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material. La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a +5°C. Se prohibe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc) cuya temperatura sea inferior a 0°C.

Problemática

El fraguado del cemento se ralentiza mucho con temperaturas bajas. Efectivamente, las reacciones químicas del cemento se interrumpen (sin embargo prosiguen siempre que haya un calentamiento posterior). La situación más peligrosa se da cuando el hormigón se hiela durante el fraguado, es decir, antes de haber alcanzado una resistencia mínima. Hay rotura de la estructura acompañada con la correspondiente pérdida de resistencia mecánica y calidad.

La resistencia mecánica mínima que un hormigón debe tener para resistir sin daño alguno a los primeros efectos de las heladas, umbral de la resistencia a la helada, se fija en 10 N/mm². Por consiguiente, la meta es alcanzar esta resistencia lo antes posible.

Medidas

1. Temperatura mínima

Según la norma SIA 162, la temperatura del hormigón fresco no debe jamás, durante la puesta en obra, descender por debajo de + 5°C. (Como titulo de comparación, la norma DIN exige una temperatura de hormigón fresco de + 10°C durante tres días completos cuando la estructura se ha ejecutado con temperatura ambiente inferior a -3°C). Estas temperaturas mínimas son muy importantes para que el fraguado se realice correctamente. Para ello, el hormigón debe protegerse contra toda pérdida de calor durante el transporte y puesta en obra (ver medidas de protección).

2. Reducción del factor a/c.

Un bajo contenido de agua es sinónimo de una evolución rápida de la resistencia inicial y sobre todo de un riesgo menor de helada ya que en general hay menos humedad. La adición de Sikament favorece esa reducción del agua de amasado, sin influir de forma negativa en la manejabilidad.

3. Aceleración del endurecimiento.

La adición del Sika-Antigel o del Friolite-oC se traduce por una aceleración de la hidratación provocada por un aumento de la temperatura del hormigón. Por consiguiente, se alcanza más rapidamente el umbral de la resistencia a heladas.
Plazo de espera en días (d) para alcanzar una resistencia de 10 N/mm². a 0°C.

Hormigón	Tiempo en días	
	sin anticongelante	con anticongelante
D 300, a/c. = 0.40 D 300, a/c = 0.50	3 días 7 días	1.5 días 3 días

4. Empleo de un cemento de alta resistencia inicial
Este método se basa en el hecho de que un cemento de alta calidad, molido finamente, desarrolla más rápidamente la resistencia inicial. La adición de Sikament permite obtener una óptima manejabilidad aun con el factor a/c muy bajo.

Medidas de protección en obra

1. No hormigonar sobre o contra un hormigón helado.
2. La temperatura de las armaduras será superior a 0°C.
3. La puesta en obra del hormigón será rápida y seguida inmediatamente de una protección contra las pérdidas de calor y evaporación (esta medida sigue siendo importante en verano). La medida más adecuada es el empleo de esteras aislantes.

Ejemplo: Temperatura ambiente - 5°C Temperatura del hormigón fresco 11°C:

Elemento de construcción	Tiempo de enfriamiento del hormigón a + 5°C	
Losa de hormigón; d = 12 cm., con encofrado madera	aprox. 4 h **sin** protección mediante esteras	aprox. 16 h. **con** protección mediante esteras

4. Para los forjados: prever eventualmente un calentamiento del encofrado desde abajo.
5. Controlar regularmente la temperatura ambiente, la del hormigón y la evolución de la resistencia mecánica (por ejemplo, con martillo.)
6. Prolongar el tiempo de desmontaje y desenconfrado.

Conclusión: Las medidas que deben tomarse para el invierno, serán planificadas y organizadas por todas las partes interesadas.

Empleo de los productos

Propiedades exigidas al hormigón fresco	Productos
Rápido alcance del umbral de resistencia a la helada.	Sika-Antigel Friolite-oC
Rápido alcance del umbral de resistencia a la helada mediante reducción de la cantidad de agua con mantenimiento de la manejabilidad.	Sikament-300 Sikament-FF Sikament 500 HE
Resistencia inicial muy elevada en un tiempo muy corto	Sikament + Sika-Antigel + cemento de altas resistencias iniciales

IV. Hormigones especiales

1. Hormigón de alta impermeabilidad

El hormigón no fisurado, amasado a partir de áridos densos, debe ser absolutamente estanco a los líquidos y a los gases. Las medidas que deben tomarse son las mismas para los dos fluidos. El objetivo principal es reducir la porosidad capilar.

Poros capilares

Estos poros, de un ø de 1/5 a 1/5000 mm. están unidos entre si . Se trata de cavidades producidas por el exceso de agua. Por consiguiente, son verdaderos "conductos" susceptibles de llevar los líquidos y los gases al mismo corazón del hormigón. Según Weigler/Karl, el contenido de aire en un hormigón P 300/0 - 32 se eleva a:

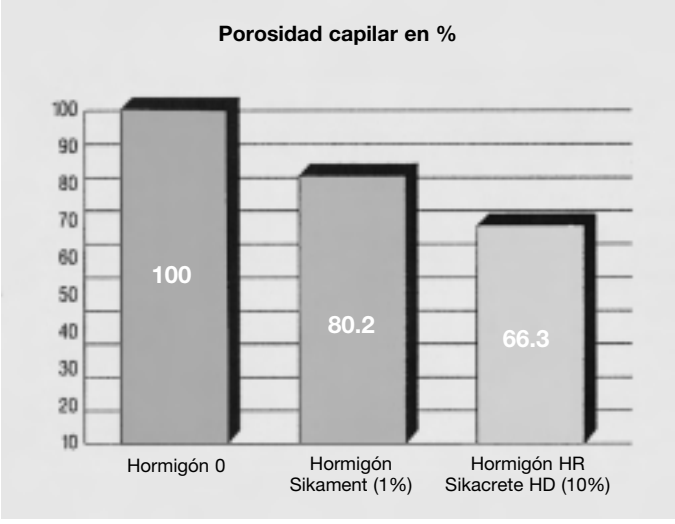
Edad del hormigón	a/c = 0,50	a/c = 0,40
7 días	aprox. 8 %	aprox. 6 %
28 días	aprox. 6 %	aprox. 4 %
1 año	aprox. 5 %	aprox. 2 %

(En la práctica se encuentran a menudo valores ligeramente superiores).

Medidas

1. Reducción de la porosidad capilar

- por una reducción del factor a/c → Sikament Sika ViscoCrete
- por una obturación suplementaria de los poros mediante una sustancia puzolánica reactiva. → Tecnología Sika Humo de Sílice



2. Reducción de la porosidad especialmente en la zona superficial

- La impermeabilidad a los gases es imposible en un hormigón completamente seco.
- Los aceites, sobre todo los minerales como el aceite de calefacción “extra ligero” pueden penetrar facilmente en un hormigón impermeable al agua.
  - ➔ En ambos casos prever la aplicación de un revestimiento
  - ➔ Tratamiento de curado: particularmente cuidadoso durante un largo perido de tiempo

3. El concepto Sika de hormigón impermeable abarca el consejo, los sistemas y la vigilancia de las obras impermeables al agua.

2. Hormigones de alta resistencia

Un hormigón de alta resistencia es un hormigón cuya resistencia a compresión es superior a 65 N/mm^2.
Ejemplos:

USA	(Pilastras y pilares en la construcción de los rascacielos) fck hasta 140 N/mm^2.
NORUEGA	(Pilares de las plataformas de perforación) f_{ck} > 80 N/mm^2.
ALEMANIA	(Pilares en la construcción de rascacielos) f_{ck} hasta 100 N/mm^2.

Condiciones para obtener una hormigòn de alta resistencia

- Una matriz de pasta de cemento de alta resistencia.
- Aridos de alta resistencia.
- Una matriz de unión de los áridos muy resistente.

Composición del hormigón

Granulometría

- 0 - 16 mm. o inferior: pobre en finos, ya que el contenido de cemento es muy alto. Forma del grano: cúbico y a ser posible con superficie rugosa.

Cemento

Dosificación normal	> 350 kg/m2. (USA: hasta 550) 400 - 450 kg/m^3, normalmente cemento de alta resistencia

Humo de sílice

Está estrechamente unido con esta técnica. La dosificación se situa generalmente entre el 7 y 10 % del peso de cemento.

Factor agua/cemento

Este factor se designa aquí por factor agua-ligante:

$$a/«c»= \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{(Cemento + Humo de sílice)}} = 0{,}25 - 0{,}35$$

Consistencia
La consistencia más usual es la de un hormigón bombeable que se caracteriza por un escurrimiento de 500 - 600 mm. La utilización de un superplastificante de altas prestaciones (Sikament o Sika ViscoCrete) es usual. La dosificación puede alcanzar el 4 % en relación con el peso cemento. Asimismo, es frecuente emplear retardadores de fraguado.

Recomendaciones

- Un hormigón con alta resistencia es también un hormigón de alta estanquidad.
- Un tratamiento de curado por humidificación o producto de curado es indispensable.
- Un hormigón con alta resistencia sin embargo puede presentar una fragilidad (resistencia al cizallamiento) inferior a la de un hormigón “normal”.

3. Hormigón autocompactable (S.C.C.)

Hormigón autocompactable es aquel de consistencia fluida que tras ser colocado en obra no necesita ningún medio de compactación. Los requerimientos de trabajabilidad de un hormigón autocompactable se definen en los siguientes términos;

- Capacidad de llenado: el hormigón autocompactable debe fluir a través de todos los espacios del encofrado exclusivamente por la acción de su propio peso.
- Capacidad de paso: el hormigón autocompactable debe fluir entre las armaduras, y estas y el encofrado sin segregación, exclusivamente por la acción de su propio peso.
- Resistencia a la segregación: a su vez el hormigón autocompactable su homogeneidad debe permanecer durante todo el proceso de transporte y colocación.

Los materiales a emplear para la fabricación de un hormigón autocompactable son los mismos que los de un hormigón tradicional, siendo necesario en algunos casos la adición de finos (filler, cenizas, etc.) por ser los finos factor importante para la consecución de un hormigón autocompactable.

Los aditivos a emplear serán superplastificantes de alto rango y con efecto cohesivo de la gama ViscoCrete.
Para la confección del hormigón autocompactable hay que hacer un estudio minucioso de los componentes del hormigón que se tengan en la obra o factoría de prefabricados.
Las ventajas de los hormigones autocompactables las podemos resumir en las siguientes:

- Facilidad y rapidez de puesta en obra.
- Supresión de vibradores.
- Ausencia de ruido.

4. Hormigón visto

Se utiliza como elemento estético de cerramientos el hormigón visto con superficies lisas o rugosas. Dado que es “visible”, las principales exigencias a cumplimentar son:

- una superficie cerrada con un mínimo de cavidades.
- una superficie homogenea en lo que se refiere a la estructura y/o al color.

Composición del hormigón

Granulometría

El hormigón visto se asemeja mucho a un hormigón bombeado o fluido: 0 - 32 / 0 - 16, con áridos preferentemente naturales y redondeados. Contenido de finos <0,25: 400 - 450 kgs, comprendido el cemento. La adición del humo de sílice puede compensar la falta de los finos.

Cemento

Contenido > 300 kg/m^3.

Consistencia

plástica a fluida (Sikament o Sika ViscoCrete).

El mantenimiento de un factor a/c síempre constante es muy importante para obtener un color homogeneo.

Encofrado, puesta en obra, compactación.

- Preferentemente se utilizarán encofrados de madera que hayan sido ya empleados, a condición de que estén límpios y hayan sido muy bien humedecidos. Según las necesidades, pueden tener una cierta textura/tratado (con chorro de arena) o que estén cubiertos por entramados especiales.
- El encofrado debe ser completamente estanco para evitar cualquier pérdida de lechada.
- Se evitarán las juntas de trabajo o si esto no fuera posible se intentará integrarlas en el aspecto general (dejar "juntas visibles" mediante la colocación de un listón en el interior del encofrado).
- El hormigonado se hará mediante tongadas de 300 - 500 mm. Cada tongada se habrá vibrado muy bien con la anterior. Los vibradores pueden ser de aguja o de superficie.
- Emplear vibradores de dimensiones adecuadas

Espesor de pared hasta 20 cms	ø de la aguja < 40 mm.
Espesor de pared 20 - 40 cm.	ø de la aguja 60 mm.
Espesor de pared a partir de 50 cms.	ø de la aguja 80 mm

Tratamiento de curado

Durante los 3 a 6 primeros días, se tratará el hormigòn visto como si estuviera en una "cámara de curado" recubriéndolo con film de plástico o esteras aislantes inmediatamente después del desencofrado (o dejar el encofrado durante un periodo más largo). Hay que evitar rociar con agua las paredes que están recién desencofradas. (eflorescencias, efecto de choque → peligro de fisuración). Prever una eficaz protección contra la lluvia.

Los defectos y sus posibles causas

"Nubes"

- Modificación del factor a/c durante el trabajo.
- Distribución irregular del desencofrante.
- Compactación insuficiente o excesiva (particularmente en presencia de consistencias fluidas).
- Compactación muy próxima al encofrado.

Decoloración, enarenamiento en algunos sitios

- Encofrado en madera nueva, no tratada. Los nudos pueden, mediante desprendimiento de xilosa, retrasar bastante el fraguado.

Poros, coqueras

- Hormigón con exceso de agua ➔ Burbujas de agua con o sin película muy fina de cemento.
- Hormigón insuficientemente vibrado ➔ Burbujas de agua con película de cemento dura y gruesa.
- Espesor del hormigonado muy alto.
- Aplicación de una gran cantidad de desencofrante. (Debido a la adhesión, las burbujas de aire no pueden subir a la superficie).

5. Hormigón aireado

La adición de oclusores de aire se traduce, durante el mezclado, en la formación de burbujas pequeñas de aire, esféricas y que no se comunican, en la parte más fina de la curva granulométrica (cemento, finos, agua) del hormigón. La finalidad es asegurar una buena resistencia a la helada y a las sales de deshielo del hormigón endurecido. (Creación de un espacio de expansión).
Esta manera de proceder está ligada a efectos secundarios positivos:

- Mejora de manejabilidad.
- Interrupción de los poros capilares.
- Una mejor homogeneidad del hormigón fresco.

Un efecto negativo, puede ser la disminución general de todos los valores de resistencias mecánicas. Este incoveniente puede compensarse con una adición adecuada de Sikament o Sika ViscoCrete (reducción de la cantidad de agua de amasado).

Tipo, dimensión y distribución de los poros

Los poros no activos que se hallan en el hormigón, a menudo son demasiado grandes (> 0,3 mm.) para asegurar una buena resistencia a las heladas y a las sales de deshielo. Para que sean eficaces y activos, dichos poros, tales como los que se obtienen con Sika Aer5, deben tener las características siguientes:

Forma:	Esférica, no comunicados.
Diámetro:	0,02 - 0,30 mm.

Asimismo, no deben estar muy alejados los unos de los otros para que la eficacia siga siendo óptima. “El factor de distancia eficaz” se define como sigue:

La distancia entre un punto cualquiera de la pasta de cemento y el poro activo más cercano no será superior a los 0,20 mm.

Estos dos valores: el tamaño y la separación de los poros se están confirmando prácticamente cada día desde hace décadas.

¿Cómo obtener una oclusión de aire perfecta?

Los poros se producen durante el mezclado por vía física. El proceso es semejante al obtenido cuando se bate crema o espuma de afeitar. En la formación de poros influye, ademas del aireante, la fracción fina de la arena: 0,25 - 1 mm.

- Áridos de machaqueo pueden tener un efecto negativo en la formación de los poros.
- Aridos redondos se traducen en una distribución más homogénea de los poros.

Atención:
¡Cualquier variación de la granulometría en la fracción indicada puede ser causa de grandes variaciones en lo referente al contenido de aire ocluido!

Cuál es el contenido ideal de aire ocluido

La experiencia demostró que la cantidad de aire ocluido es suficiente cuando en el ensayo aparecían los siguientes contenidos:

- Hormigón con grano maximo 32 mm. > 4 %
- Hormigón con grano maximo 16 mm. $\geq 4{,}5$ %

Hay que evitar poner en obra hormigones que tengan un contenido de aire igual o superior al 7%.

Parámetros que tienen una influencia en el contenido de aire

1. Granulometría

La cantidad de aire ocluido está principalmente definida por la fracción granulométrica 0,25 - 1 mm. (arena)

- Granos màs gruesos:
  ninguna influencia.
- < 0,2 mm. ; finos
  Reducción de la cantidad de aire ocluido (Los poros desaparecen cuando la proporción de finos es muy elevada).

2. Cemento

- Finura más elevada
  Reducción de la cantidad de aire ocluido
- Aumento de la cantidad de cemento:
  Reducción de la cantidad de aire ocluido.

3. Consistencia

La cantidad de aire ocluido es óptima cuando la consistencia es plástica, escurrimiento = 30 - 40 cm. Por el contrario es más difícil hacer una distribución correcta de los poros y sobre todo de mantenerla con un hormigón más fluido, amasado con mucha agua. La combinación óptima se obtiene con la adición del Sikament o Sika ViscoCrete y del Sika Aer 5.

4. Temperatura

La cantidad de aire ocluido disminuye cuando la temperatura del hormigón fresco aumenta y viceversa.
Factor de corrección (valor indicativo) para la determinación de la dosificación (aumento o disminución) en presencia de un contenido de aire ocluido del 5 %.

2°C	= 1	Ejemplo: un ensayo a 20°C con una dosificación de 0,5 % de Sika Aer5 ha dado un contenido en poros activos del 5 %.
5 - 10° C	= 0.6	Basándonos en esto, se debe prever:
		→ ~ 0,5 % de Sika Aer5 a 5 - 10 °C
30°C	=1.5	→ ~ 1,2 % de Sika Aer5 a 30°C

5. Mezclado

Es absolutamente necesario un mezclado mecánico para la oclusión de aire.

- En relación con un hormigón de calidad, la duración del mezclado puede prolongarse un 50 % aprox. y mantenerla constante para cada carga.
- Un mezclado de muy corta duración se traduce en una cantidad pequeña de aire ocluido.
- Un mezclado largo provoca la formación de una cantidad importante de aire. En caso de un mezclado muy largo, el contenido de aire ocluido puede bajar y alcanzar la mitad del valor deseado.

6. Transporte

Durante el transporte, hay que esperar una pérdida del 1-2 % aprox. del contenido de aire.

7. Compactación del hormigón aireado

Una compactación correcta tiene como efecto eliminar aire ocluido asi como los poros grandes generados en el momento de la puesta en obra. Sin embargo no tiene influencia en el aire ocluido artificialmente. Una compactación muy larga puede por el contrario reducir la cantidad de aire ocluido, del 10 al 30%. El aire ocluido puede eliminarse en casi su totalidad por un compactado exagerado en los hormigones con gran contenido de agua y cohesión critica.

Otras propiedades del hormigón aireado

Compensación de los finos.

Un 1% de aire ocluido equivale aprox. a 10 kgs de finos (< 0,2 mm) por m^3. de hormigón. Con mezclas ásperas de bajo contenido en finos, la presencia de aire ocluido mejora sensiblemente la manejabilidad.

Reducción de la resistencia mecánica

Recomendaciones
En un hormigón plàstico P300, la oclusión de 1 % de aire puede provocar una caida de la resistencia a compresión de hasta un 8 % si no se hace simultaneamente una reducción de la cantidad de finos y especialmente de la cantidad de agua. Pero:
La cantidad de agua puede reducirse de manera importante por la adición de Sikament o Sika ViscoCrete. Este procedimiento es sinónimo de hormigones fáciles de poner en obra, ofreciendo una resistencia elevada a compresión y un contenido óptimo de aire.

Establecimiento de la fórmula de un hormigón aireado.

- Definir de antemano las exigencias relativas a la resistencia mecánica, el contenido de aire ocluido y eventualmente los métodos de ensayo.
- Hacer ensayos preliminares para los objetivos principales respetando las condiciones vigentes.
- Durante los trabajos de hormigonado, controlar el contenido de aire en la central de hormigón y sobre todo antes de la puesta en obra.

Utilización de productos

Exigencias que debe satisfacer el hormigón endurecido	Productos
Resistencia al hielo	Frioplast A
Hormigón resistente al hielo y a las sales de deshielo:	Sika Aer 5 +
en verano	Sikament 200 R
en invierno	Sikament 300 Sikament 500 HE

6. Hormigón ligero

El hormigón ligero presenta un peso volumétrico menor que el hormigón normal. Por ello, los áridos habituales son sustituidos completamente o parcialmente por áridos más ligeros.

Por ejemplo:
- Arcilla expendida
- Bolas de sagex
- Virutas de madera

Según el árido empleado, el peso volumétrico varia entre 200 - 1800 kg/m^3.
Según SIA 162, un hormigón ligero debe presentar un peso volumétrico inferior a 2000 kg/m^3.

Campos de aplicación

- Aislamiento térmico
- Construcciones ligeras (losas, muros, pilas de puentes)
- Elementos decorativos (tiestos)
- Hormigón de nivelación

Observaciones relativas al amasado y tratamiento de curado

- Los áridos ligeros y porosos (tales como la arcilla expandida) deben humedecerse previamente con el fín de no disminuir posteriormente la cantidad de agua de amasado necesaria.
- No ajustar una consistencia muy fluida para evitar segregación. (Prever una adición de Sikament o Sika ViscoCrete).
- Los hormigones ligeros teniendo una densidad < 1600 kg/m^3 son muy dificiles de bombear (con la utilización de Sika Pump se pueden obtener mezclas más homogeneas y fáciles de transportar).
- Un uso adecuado de los vibradores (introducción rápida en la tongada y retirada lenta) para evitar la oclusión de aire.
- Prever un tratamiento inmediato de curado adecuado mediante: humidificación permanente y recubrimiento con lonas así como pulverización con Antisol. Un tratamiento de curado inadecuado es sinónimo de riesgo muy elevado de fisuración debido a las grandes diferencias de humedad.

7. Hormigón espumado, hormigon-celular

Este hormigón tiene un peso volúmetrico que varia entre 400 y 1.600 kg/m^3. El material base es un mortero que se le ha añadido una espuma sintética. El campo de aplicación se extiende desde el aislamiento térmico hasta el hormigón de limpieza en los trabajos de carretera o de ingeniería civil. Este tipo de hormigón espumado tiene una retracción de 4 a 6 veces mayor que la de un hormigón normal. Su utilización para hacer elementos de alta precisión dimensional se ha vuelto a poner en tela de juicio.
El hormigón celular se caracteriza por una adición de expansivos (por ejemplo polvo de aluminio) al mortero. Este tipo de hormigón se fabrica industrialmente.
El hormigón celular y el hormigón espumado de hecho no son lo que se dice propiamente hormigones en el sentido concreto de la palabra ya que son morteros de alto contenido en poros.

8. Hormigón pesado

Igualmente se le llama hormigón compacto, y se emplea como blindaje contra las radiaciones. Se fabrica a partir de áridos especiales (densidad aparente > 3,5).
Ejemplos:

Aridos naturales	Barita.
	Minerales de hierro (p. ej. hematita)
Aridos sintéticos	Escorias de carburos metálicos.
	Ferro-silicio
	Granalla de acero.
	Granalla metálica.

Con un cemento corriente, la utilización de estos áridos se traduce en pesos de hasta 6000 kg/m^3.
El hormigón pesado debe ser lo màs denso posible y no tener oclusión alguna de aire con el fin de no alterar las propiedades de absorción. La ausencia de fisuras reviste igualmente una importancia muy grande. La compactación es pues más cuidadosa que para un hormigón corriente y el tratamiento de curado exige un cuidado

especial. Se hace generalmente manteniendo constante el grado de humedad o aplicando un producto de curado en combinación con una protección (tela de yute humeda). Duración mínima del tratamiento de curado: 14 días¡

9. Hormigón en masa

Se habla de hormigón en masa, cuando los elementos seleccionados tienen un espesor de 1 m. como mínimo y un volúmen superior a 10 m^3. Estas construcciones macizas presentan dos problemas principales:

- la diferencia de temperatura en el momento del fraguado entre el interior y las capas exteriores y
- la retracción, que, en el momento del secado, actúa desde el exterior hacia el interior.

Estos dos fenómenos pueden dar origen a fisuraciones: Las fisuras llamadas de encofrado se producen cuando la diferencia de la temperatura entre el exterior y el interior (corazón) pasa de 15°C o cuando el secado de las capas exteriores se traduce en una retracción de estas últimas. Las fisuras de encofrado generalmente son poco profundas (algunos cm.) y posteriormente se cierran.

Precauciones que deben tomarse

- Utilizar solamente cementos de bajo calor de hidratación
- Disminuir el factor a/c. mediante adición de Sikament o Sika ViscoCrete.
- Tamaño máximo de árido lo mayor posible (p. ejempl. 0 - 50 en lugar de 0 - 32).
- Prever eventualmente un enfriamiento de los áridos para obtener una temperatura inicial más baja del hormigón fresco.
- Prever medidas de aislamiento térmico a nível de tratamiento de curado.
- Distribuir muy bien las juntas y las etapas de hormigonado para favorecer la evacuación del calor y permitir los movimientos que resultan de las diferencias de temperatura.

10. Hormigón coloreado

Se obtiene el hormigón coloreado mediante la adición de oxidos metálicos pigmentados (principalmente oxido de hierro). Los pigmentos que se emplean son síempre en polvo, granulados muy finos o líquidos. La dosificación generalmente se situa entre 0,5 y 5 % del peso del cemento. Una dosificación mayor no refuerza el color y disminuye sensiblemente la calidad del hormigón. Los colores más corrientes son:

- amarillo oxido de hierro
- rojo/marrón oxido de hierro.
- verde oxido de cromo
- blanco (dioxido de titano ; se utiliza en general para hacer el hormigón más claro)
- negro (negro oxido de hierro)

  Atención ¡el negro de humo puede alterar la oclusión de aire!

El efecto de los pigmentos se puede mejorar con el empleo de:

- áridos más claros,
- de cemento blanco.

Se añaden los pigmentos en la amasadora después del cemento. Posteriormente a esta adición se hace una mezcla en seco durante un minuto aprox. Después de la adición de agua, se debe prolongar la duración del mezclado durante un minuto. Los pigmentos, pueden, especialmente en polvo, aumentar la cantidad de agua necesaria (sobre todo el amarillo en forma de varillas) ➔ utilizar Sikament o Sika ViscoCrete. Prever un tratamiento de curado adecuado y prolongar la protección contra las intemperies el máximo de tiempo posible.

11. Hormigón lavado

El hormigón lavado es un elemento estético muy apreciado (paneles de fachadas, elementos de jardinería, etc.)
El principio de fabricación del hormigón lavado consiste en poner la estructura de los áridos al descubierto en la superficie después del fraguado. Esta operación exige pues un retraso en el fraguado superficial (por el medio de Rugasol-2L) de hasta varios milímetros de profundidad.

Con un hormigón lavado perfectamente concebido, los áridos gruesos deben quedar embebidos aprox. 2/3 de su volumen en la pasta de cemento endurecido.
Observaciones:

- El grano máximo debe, por razones de estética, adaptarse a las dimensiones del elemento fabricado (p. ej. 0 - 16 mm. para elementos más bien delgados)
- Prever un contenido de cemento en función de la granulometría (generalmente entre 300 - 450 kg/m^3. Una granulometría más bien fina exige más cemento).
  Factor agua/cemento: 0,4 - 0,45 (prever el empleo de Sikament o Sika ViscoCrete).
- Aumentar el recubrimiento de las armaduras en 1 cm.

Según el concepto de Sika del hormigón impermeable en las juntas de trabajo tratadas como hormigón lavado, la superficie de adherencia y el contorno que debe recorrer el agua es mucho mayor con lo que su impermeabilidad mejora notablemente.

12. Hormigón compactado con rodillo

El hormigón compactado con rodillo es un hormigón generalmente puesto en obra por medio de una extendedora normalmente empleada en la colocación de hormigón asfáltico. A continuación la capa es nivelada y apisonada mediante un rodillo vibrante. El hormigón compactado se utiliza especialmente en USA para la construcción de presas, el hormigonado de grandes superficies (aparcamientos) y firmes de carretera .
La composición del hormigòn es similar a la del hormigón normal con una consistencia de tierra humeda. Se recomienda el empleo de áridos de machaqueo para mejorar la resistencia inicial. Es muy importante que los áridos gruesos, la arena, el ligante (cemento normal) y el contenido de agua estén perfectamente dosificados. Es muy importante procurar tener un contenido de agua constante y preciso que garantice un relleno eficaz y completo de todas las cavidades en el momento la compactación.

13. Hormigón duro

Los revestimientos de hormigón duro son pavimentaciones industriales o de carretera altamente resistentes con un espesor de capa de 20 mm. como mínimo. Se colocan en soportes a base de cemento (p. ejem. un hormigòn viejo) y la adherencia necesaria se asegura mediante capa de adherencia. Es necesario prever una ligera armadura (como mínimo 100 x 100 x 4 x 4) cuando el espesor de la capa pase de 50 mm.

Composición del hormigón duro:

Mezclas normales de mortero y arena		Granulometría
Espesor de la capa	30 mm.	0 - 4 mm.
Espesor de la capa	30 - 100 mm.	0 - 8 mm.
Contenido de cemento hasta 400 - 450 kg/m^3.		

Sikacem 830, aditivo reactivo para morteros permite reducir la cantidad de agua de amasado y mejorar la resistencia a compresión así como a la abrasión. Mejora igualmente la manejabilidad.

- Dosificación : 15 - 20 % del peso de cemento.

Adherencia al soporte y tratamiento de acabado.

- Antes de la aplicación, extender una capa de adherencia en el soporte humedecido previamente mediante un cepillo.

Formula:

Sikacem 810: Agua = 1: 2

Arena : Cemento = 1: 1

Mezclar los dos componentes hasta obtener una mezcla como el barro y aplicarla en el soporte. El hormigón duro propiamente dicho se aplica a continuación “fresco sobre fresco” a esta capa de adherencia y compactada adecuadamente antes de ser nivelada mediante regla y después igualada con helicóptero. El esparcimiento de Sikadur 510 durante la igualación sirve para aumentar la resistencia contra la abrasión. La utilización de fibras de polipropileno (Sika Fiber) añadidas de antemano combaten con eficacia la formación de fisuras debidas a la retracción.

Tratamiento de curado:
Con ayuda de Antisol-E (que se debe eliminar antes de la aplicación de un revestimiento posterior). Cubrir con un film de plástico durante varios días.

14. Hormigón con fibras

La adición de fibras en todos los tipos de hormigón permite mejorar sensiblemente sus propiedades en estado endurecido.

Tipos de Fibra

- Fibras de acero.
- Fibras de vidrio
  Estas fibras, no resisten a los álcalis, pueden convertirse ineficaces por su fragilidad.
- Fibras sintéticas
  P. ejemp. fibras de polipropileno, de precio ventajoso y tienen buena resistencia contra los alcalis.
- Fibras de carbono
  Comportamiento semejante al del acero pero a precio mucho más alto (➔ Casos especiales)

Campo de aplicación de los hormigones con fibras
Para elementos con pequeño espesor de pared tales como cascos, tubos, elementos de fachadas o cuando la utilización de una

armadura es dificil por razones de espacio. Para suelos industriales teniendo como fin mejorar la distribución de las fisuras de retracción (gran cantidad de pequeñas fisuras invisibles en lugar de una pequeña cantidad pero visibles).
Para el hormigón proyectado en la construcción de túneles y galerias.
Para el refuerzo puntual de los elementos de hormigón armado o pretensados sometidos a solicitaciones muy elevadas.

Propiedades del hormigón en estado endurecido
El hormigón con fibras tiene una resistencia contra la fisuración muy elevada. Las fibras juegan el papel de inhibidor de fisuración síempre y cuando que se hallen en las líneas de fuerza y estén lo suficientemente ancladas en la matriz del cemento. El módulo E de las fibras debe ser por otra parte más elevado que el de la matriz del hormigón (este no es el caso para las fibras de polipropileno).
La rotura del hormigón con fibras es más elástica que la de un hormigón normal.
Los hormigones con fibras tienen en general una tenacidad más elevada y por ello resisten mejor los choques.

Composición del hormigón
El contenido de fibras se situa en general entre 0,4 y 3 % del volúmen del hormigón.
El hormigón con fibras permite el empleo de áridos normales, ligeros o pesados.
Factor a/c. que se recomienda = 0,40 - 0,50
Reducción de agua de amasado necesaria (ligeramente incrementada por la presencia de fibras). Prever el uso de Sikament o Sika ViscoCrete y de Humo de sílice para mejorar aún màs la calidad del hormigón.

Observaciones
Una cantidad muy importante de fibras puede conducir a la formación de erizos (y reducir la eficacia de esta solución).
Tratamiento de curado: idéntico al de los hormigones normales.
Suelos: Prudencia en caso de revestimientos posteriores.

El encofrado tiene dos funciones: una de sostenimiento y otra de definición de la forma. Además debe tener dos propiedades importantes:

- No deshidratar el hormigón cuando su estructura sea absorbente (madera).
- Separarse facilmente de la superficie del hormigón sin dañarlo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, los encofrados deben mantenerse con el necesario conocimiento y tratarlos con un desencofrante (Sika Desencofrante).
La norma SIA 220 (7.13) describe los diferentes tipos siguientes de encofrado:

tipo 1 para superficies normales } no para hormigón
tipo 2 para superficies límpias } visto
tipo 3 hormigón con textura de tablas } para hormigón
tipo 4 hormigón con textura de paneles } visto

También podría hacerse otra clasificación:

- sin esquirlas, rebabas o zonas porosas,
- con una tonalidad lo más regular posible,
- especial: con juntas impermeables.

Empleo del Sika Desencofrantes

Sika Parament	Base parafina para encofrados no porosos
Separol 31 E Vegetal	Base aceites vegetales no tóxicos Curando a vapor hasta 60ºC
Separol 32 V Vegetal	Base aceites vegetales, ecológicos Curando a vapor hasta 90ºC
Sika Desencofrante - D	Principalmente encofrados absorbentes
Sika Desencofrante - EN	Desencofrante emulsionante en agua
Sika Desencofrante - LN	Principalmente encofrados metálicos

Construcción de los encofrados

Al comienzo del hormigonado, el encofrado debe estar en condiciones de soportar el peso total del hormigón sin que haya deformaciones notables. La presión que se ejerce en el encofrado

depende principalmente de la consistencia del hormigón y de la velocidad de llenado del encofrado.

Presiones ejercidas en el encofrado en kN/m² (según DIN 18218)

Condiciones
- Temperatura 20°C
- CP 300, densidad del hormigón 2400 - 2500 kg/m³
- Encofrado vertical, hormigón sin retraso de fraguado

Consistencia del hormigón	Velocidad de llenado en m/h.				
	0,5-1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Plástico (K2)	25	32	41	50	58
Muy plástico (K3, KR)	26	38	50	62	74
Fluido (K-4)	28	43	57	71	85

Influencia de la temperatura:

Las presiones deben corregirse de la siguiente forma en función de la temperatura:
- 30°C: reducción de los valores arriba indicados del 30 % como máximo
- 10 °C: aumento de los valores arriba citados del 30 %

Presiones máximas que no se deben pasar
- max. 80 kN/m² (8 t/m²) para las paredes
- max. 100 kN/m² (10 t/m²) para los pilares

El espesor del encofrado, la distancia entre los elementos de fijación y la forma de fijación se harán en función de las presiones ejercidas en el encofrado.

Las presiones ejercidas en el encofrado son más altas con hormigones con retraso de fraguado. Por consiguiente, es necesario hacer ensayos.

Interrupciones del hormigonado planificadas y controladas

Se trata de interrupciones en el lugar de las juntas de trabajo (puede tener lugar el fraguado del hormigón) o al final de la jornada para volver a trabajar al día siguiente por la mañana (el hormigón no fragua ➔ Retraso del fraguado).

Juntas de trabajo horizontales

Con hormigón visto, hay que prever la interrupción a la altura de la unión entre paneles. Lo mejor es diseñar “juntas” visibles (mediante un listón de madera).

Juntas de trabajo verticales

En los hormigones impermeables, se aconseja prever una textura de hormigón lavado a nível de estas juntas. La unión de las dos partes hormigonadas es mejor y el camino de contorneo del agua más largo.

Interrupciones de trabajo con retraso de fraguado

Vibrar muy bien el hormigón y protegerlo contra la pérdida de agua. ➔ Taparlo con una lona, telas de yute húmedas, o cubrirlo muy bien con esteras aislantes.
Al continuar los trabajos, la capa antigua debe vibrarse necesariamente con el hormigón nuevo especialmente en la zona de contacto. Por favor, no duden en pedir consejo y hacer ensayos preliminares.

Interrupciones involuntarias del hormigonado

Estas interrupciones tienen por origen:

- Interrupciones a nível de suministro (accidente de transporte, trabajo)
- Averia importante en el equipo (p. ejemplo: grúa)

Una grúa puede por ejemplo sustituirse inmediatamente por una bomba de hormigón. Si esto no fuera posible y no hubiera ninguna otra solución para asegurar el suministro de hormigón, se procederá de la siguiente forma:

- Compactación del hormigón ya colocado
- Después del inicio de fraguado, mojar cuidadosamente la superficie de la parte descubierta (eliminar la película superficial de cemento).

- Antes de reanudar el hormigonado, aplicar una capa de adherencia de Sikadur 32 Fix o Sikadur 32 N en el lugar de la interrupción. Proseguir los trabajos “fresco sobre fresco” o en el plazo de la puesta en obra del producto Sikadur 32 Fix o Sikadur 32 N.

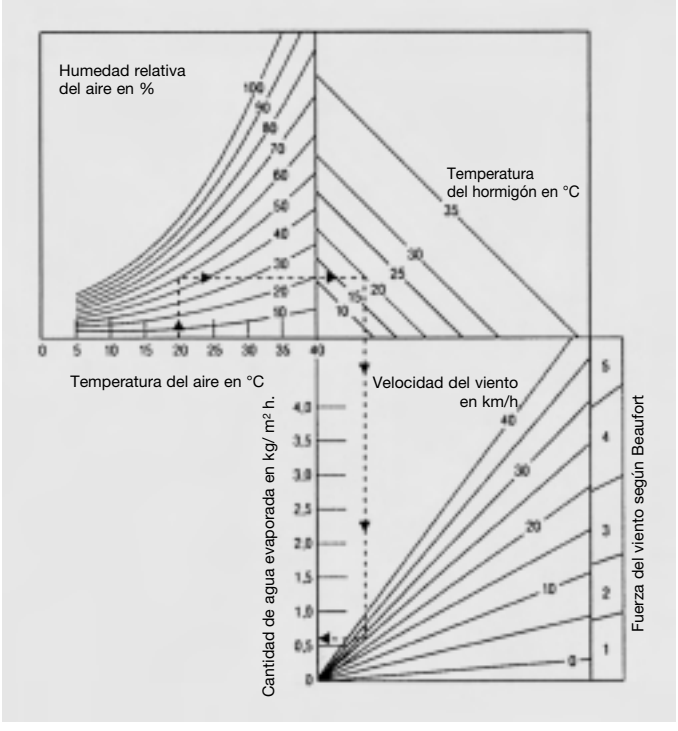
Para satisfacer los requisitos de durabilidad, un hormigón no solamente deberá ser “resistente” sino también estanco, sobre todo en la zona próxima a la superficie.
Deben tomarse medidas para proteger al hormigón jóven principalmente contra:

- una desecación prematura por el viento, sol y el frío seco,
- temperaturas extremas (frío, calor) y los bruscos cambios de temperatura tan nocivas.
- la lluvia
- las vibraciones

Ejemplo:

La evaporación de agua en una superficie de hormigón depende de:

la humedad relativa del aire, la temperatura ambiente y del hormigón, la velocidad del viento.



Una parte importante del agua necesaria para la hidratación del cemento se pierde si se omiten o no se toman a tiempo estas medidas.

Las consecuencias son:

- reducción de la resistencia mecánica en las proximidades de la superficie.
- mayor permeabilidad al agua
- fisuras de retracción inicial
- aumento de riesgo de fisuración por retracción posterior.

Medidas

Se pueden tomar las siguientes medidas, bien individualmente o combinadas:

a. Rociar la superficie de una película de Antisol (Curing compound)

- Lo antes posible; en las superficies al aire libre cuando la superficie se pone mate.
- Asegurarse que la película es continua.

b. Cubrir mediante film de plástico

Asegurarse que el film tapa bien las superficies horizontales.
Prever cierto solape en el nível de las juntas.
Hormigón visto: Tener cuidado que el film no esté en contacto directo con la superficie ➔ agua de condensación (Peligro de eflorescencias).Hay que evitar el efecto chimenea.

c. Cubrir mediante telas de yute humedas.

Mantener las telas de yute con humedad permanente o cubrirlas con film de plástico suplementario.

d. Humidificación, mantenimiento del grado de humedad.

Las superficies horizontales pueden anegarse de agua. Por el contrario, una aspersión periódica seguida de un secado es nocivo ya que el efecto de choque, sufrido por el hormigón, conduce a la fisuración especialmente cuando es un hormigón en masa.

e. Precauciones que deben tomarse en caso de bajas temperaturas

En este caso, no sólo hay que evitar la evaporación del agua si no también la pérdida de calor. Por consiguiente, hay que prever la colocación de tejidos aislantes lo más rapidamente posible en las superficies del hormigón fresco (hormigón visto: consultar el capítulo correspondiente).

Duración del tratamiento de curado

para hormigones con un factor a/c $\leq$ 0,50

Condiciones climatológicas	Temperatura del hormigón temperatura ambiente media	Duración del tratamiento
Favorables		
• protegido del sol y del viento	> 10°C	mini. 2 días
• Humedad relativa del aire > 80 %	< 10°C	míni. 4 días
Normales		
• Solicitación media por el sol y/o el viento	> 10°C	míni, 3 días
• Humedad relativa del aire > 50 %	< 10°C	min. 6 días
Desfavorables		
• Fuerte acción del sol y/o el viento	> 10°C	min. 4 días
• Humedad real. del aire < 50 %	< 10°C	min.8 días

Las duraciones mínimas indicadas deben prolongarse:

- con hormigones retardados, en función del tiempo de retraso.
- la duración del periodo de helada con temperaturas inferiores a los 0°C
- de acuerdo con el ingeniero para los elementos que deben satisfacer exigencias especiales

Oficinas centrales

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
Carretera de Fuencarral, 72
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38
Dpto. Técnico: 916 57 23 83

Centro Logístico
Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
C/ Aragoneses, 17
Tels.: 914 84 10 01/02
Fax: 916 61 03 61

www.sika.es

info@es.sika.com

Delegaciones

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
C/ Aragoneses, 17
Tel.: 914 84 10 06
Fax: 916 62 02 74

Barcelona 08038
Plomo, 15-17
Tel.: 932 23 13 81
Fax: 932 23 07 05
Dpto. Técnico: 932 23 21 55

Vizcaya 48150 - Sondika
P. I. Izarza
Txori-Erri, 46. Pab. 3º D
Tel.: 944 71 10 32
Fax: 944 71 11 66

Valencia 46930
Quart de Poblet
P. I. Valencia 2000
Ctra. N.III, Km 347 C/ Este 2 C
Tel.: 961 52 33 03
Fax: 961 52 16 37
Dpto. Técnico: 961 53 79 79

Málaga 29004
P. I. Guadalhorce
E. Salazar Chapela, 16
Cjto. Promisa - Nave 25
Tel.: 952 24 38 60
Fax: 952 23 74 58

Sevilla 41016
P. I. de La Chaparrilla,
Parcela 48
Tel. 954 47 52 00
Fax: 954 44 05 30
Dpto. Técnico: 954 47 52 01

Valladolid 47008
P. I. Argales
C/ Metal, 9
Tel./Fax: 983 45 62 48

Las Palmas 35011
Dr. Apolinario Macías, 35
(Tecnicanarias)
Tel. 928 25 76 09
Fax: 928 25 05 88

Pontevedra 36207 - Vigo
Avda. de la Marina Española, 6
Tel.: 986 37 12 27
Fax: 986 27 20 56

FT-624/Mayo 2002/Gráficas Couche, S.L.