

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

CEMENTO PORTLAND

Es un producto **artificial**, resultante de calcar en proporciones determinadas **arcilla** (si están impurificadas por hierro, sílice, álcalis, etc..., se llaman grasas o magras) y **caliza** (las mejores son las margas), obteniéndose un cuerpo denominado **clinker**.

Extracción.

De la roca caliza se suele hacer a cielo abierto, por voladuras con dinamita. La arcilla, sin embargo, se extrae con picos o palas excavadoras.

Preparación de mezclas.

Se pueden efectuar de dos formas, según el estado en que se encuentren la caliza y la arcilla:

- **Vía húmeda.** Se obtienen cementos de características constantes y de alta calidad. Hay que decantar la arcilla para evitar impurezas.
- **Vía seca.** Se emplea cuando las materias primas son duras y no contienen arena.

Molienda.

Se practica en unos molinos tubulares rotatorios de palastro, que contienen en su interior bolas de acero al cadmio o silex. Esta operación se efectúa con la caliza, la arcilla, el carbón y el clinker.

El clinker, una vez enfriado se muele junto con una pequeña cantidad de yeso, su objeto es retrasar el fraguado. Tras esto el cemento permanece en silos algún tiempo, con el objeto que se extinga la poca cal viva o libre, que haya quedado.

Cocción.

- **Hornos verticales.** Hay que practicar una selección de clinker, dan un gran rendimiento térmico, como combustible se utiliza hulla seca o cok.
- **Hornos giratorios (Ramsome).** Gran capacidad de producción y homogeneidad en el producto obtenido. Están formado por un cilindro de palastro de 60 a 150 mtrs. de largo y 3 mtrs. de diámetro, el cual gira alrededor de un eje que forma con la horizontal una pendiente del 4%, a razón de dos vueltas por minuto. Tienen un gran rendimiento y exigen poca mano de obra, como combustible se emplean hullas grasas con materias volátiles.

Componentes de los cementos.

- **Clinkeres portland.** Se obtienen al calcar calizas y arcillas.
- **Clinkeres aluminosos.** Se obtienen al calcar calizas y bauxitas, para conseguir un contenido mínimo en alúmina del 36%.
- **Clinkeres siderúrgicos (Altos Hornos).** Se obtienen por el templado o enfriado brusco de la ganga fundida procedente de procesos siderúrgicos.
- **Puzolanas naturales.** Son rocas tobáceas o volcánicas vítreas de naturaleza traquítica alcalina o pumítica.
- **Cenizas volantes.** Residuos sólidos de los polvos de los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas.
- **Filleres calizos.** Es carbonato cálcico en forma de calcita (arido muy fino).
- **Reguladores de fraguado.** Materias naturales o artificiales que proporcionan un fraguado adecuado, el más utilizado es el sulfato cálcico.
- **Aditivos de los cementos.** Debe ser inferior al 1% en masa, aportan al cemento algún comportamiento específico.

Composición de los distintos tipo de cementos.

- **Tipo I – Cemento Portland.**

Principales componentes: Cal combinada, sílice, alúmina y hierro, encontrándose combinados en forma de silicatos, aluminatos y ferritos cárnicos.

El Silicato tricálcico (SC_3), es el compuesto activo por excelencia del clinker, desarrolla una resistencia inicial elevada, fraguado lento y endurecimiento rápido; un exceso de este compuesto genera gran calor de hidratación y provoca retracción.

El Silicato bicálcico (SC_2), comunica al cemento su resistencia a largo plazo, fraguado y endurecimiento lento, calor de hidratación bajo y estabilidad química (resistente a los sulfatos).

Aluminato tricálcico (AC_3), provoca un gran calor de hidratación, elevada velocidad de fraguado y gran retracción, gran estabilidad química frente a aguas agresivas y débil contra sulfatos (para regular el tiempo de fraguado se añade piedra de yeso).

Aluminoferrito tetracálcico (AFC_4), no participa en las resistencia mecánicas y se utiliza como fundente para fabricar el clinker.

Componentes indeseables: Azufre, cal libre, magnesia, álcalis, residuo insoluble y perdida al fuego. Cal libre (Óxido de calcio - CaO), debe ser menor del 1'5 o 2%, ya que si no puede producir fenómenos expansivos.

Magnesia (Óxido magnésico - MgO), debe ser menor del 5%, ya que puede producir fenómenos expansivos.

Azufre (Trióxido de azufre - SO_3), no debe superar el 4%, ya que puede producir un falso fraguado.

- **Tipo II – Cemento Portland compuesto.**

Igual composición que el tipo I, pero a los cuales se adicionan otros compuestos por razones económicas, hay varios subtipos:

- Tipo IIS. Con escoria siderúrgica (6 a 35%).
- Tipo IIZ. Con puzolana (6 a 28%).
- Tipo IIC. Con ceniza volante (6 a 28%).
- Tipo IIF. Con filler calizo (6 a 15%). Afecta favorablemente a las propiedades y comportamiento de los hormigones.
-

- **Tipo III – Cemento de horno alto (clinker portland y escoria siderúrgica).**

Constituyen la familia de los cementos fríos, se dividen en dos subtipos:

- Tipo III-1. Con escoria siderúrgica (36 a 60%).
- Tipo III-2. Con escoria siderúrgica (61 a 80%).

Presentan poca retracción y débil calor de hidratación, siendo sensibles a las bajas temperaturas.

Para el endurecimiento debe estar constantemente en un medio húmedo durante dos semanas al menos, dada su lentitud.

- **Tipo IV – Cemento puzolánico.**

Constituido por clinker portland (superior al 60%) y una proporción no mayor del 40% de puzolana (producto natural de origen volcánico) y cenizas volantes.

Este tipo de cementos endurecen más lentamente, en especial en ambiente frío y requieren mayor cantidad de agua para el amasado que el portland normal, pero a largo plazo superan las resistencias de este.

Dado que mejora la plasticidad del hormigón, se suele emplear en hormigones bombeados.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

- **Tipo V – Cemento mixto.**
Constituido por clinker portland (20 a 64%), así como escorias siderúrgicas, puzolanas y/o cenizas volantes (En total 36 a 80%). La proporción de puzolana no será superior al 40%.
No son aptos para el hormigón armado, ya que son cementos lentos, de bajo calor de hidratación, poca retracción y escasa resistencia.
- **Tipo VI – Cemento aluminoso (clinker aluminoso).**
Presenta valores iniciales elevados de resistencia mecánica, la ausencia de cal libre, confiere una gran resistencia a agentes agresivos, ya que evita la formación de la ***sal de Candlot*** (Sulfoaluminato cálcico).
No debe emplearse en hormigón armado, pretensado o mezclarse con otro tipo de cemento, ya que no resisten aguas alcalinas o básicas y su carácter ácido favorece la corrosión de las armaduras.

Prescripciones físicas y mecánicas de los cementos.

- **Fraguado.** La velocidad de fraguado se mide a partir del amasado, mediante la ***aguja de Vicat***. El cemento de resistencia muy alta se inicia pasado 45 minutos, mientras que el de resistencia alta, media y baja, se inicia pasados 60, aunque todos ellos finalizan antes de 12 horas.
El fraguado es más corto y rápido en su comienzo a mayor finura del cemento.
La presencia de materia orgánica, retrasa el fraguado y puede llegar a inhibirlo.
A menor cantidad de agua, así como a mayor sequedad del aire ambiente, corresponde un fraguado más corto.
- **Expansión.** Los ensayos mediante las ***agujas de Chatelier***, tienen por objeto medir el riesgo de expansión tardía que puede tener un cemento fraguado, debido a la hidratación del óxido de cálcio y/o óxido de magnesio libres. No debe ser superior a 10 milímetros.
- **Finura del molido.** Está ligada al valor hidráulico del cemento, ya que influye en la velocidad de las reacciones químicas de fraguado y endurecimiento.
Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de fraguado son muy altos (por lo que en general resulta perjudicial), pero la resistencia mecánica aumenta con la finura.
Para la determinación de la finura se utiliza el método de la superficie ***específica de Blaine***, (más conocido) la cual está comprendida entre 2.500 y 4.000 cm²/g. Y los métodos de tamizado en seco y tamizado húmedo.
- **Resistencias mecánicas.** Se realizan pruebas de probetas de cemento, las cuales se rompen primero por flexotracción con carga centrada y luego por compresión, realizándose estas a los 2, 7 y 28 días.
La resistencia aumenta a mayor cantidad de cemento empleado.

Fraguado y endurecimiento.

Al amasar el cemento con agua, reaccionan sus componentes químicamente, formándose una masa plástica, para su colocación en obra, perdiendo posteriormente su plasticidad (*inicio fraguado*), volviéndose más o menos quebradiza, no pudiendo ser moldeada o reamasada con agua y después se consolida hasta resistir cierta presión (*fin del fraguado*), tras lo cual va aumentando su dureza hasta alcanzar un aspecto pétreo (*endurecimiento*).

El cemento fraguado , presenta siempre núcleos sin hidrata, por lo que si se muele el cemento endurecido y vuelve a amasarse con agua, fragua por segunda vez, presentando resistencias menores.

Como retardadores del fraguado se emplean el algez o yeso crudo y el semihidrato, detiene el fraguado rápido del aluminato trícálcico, contribuyendo a la extinción de la cal libre y aumentando las resistencias al principio del endurecimiento. También se emplean los cloruros cálcicos y sódico. El azúcar en pequeña proporción paraliza por completo el fraguado.

El frío retraza el fraguado y lo detiene cuando la temperatura desciende bajo cero, pero vuelve a fraguar cuando aumenta la temperatura. El calor por el contrario acelera el fraguado, provocando un aumento de la contracción y con ello las grietas.

Para la determinación del tiempo de fraguado se utiliza la aguja de VICAT.

Desprendimiento de calor.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

La reacción del cemento con el agua es exotérmica, produciendo un aumento de la temperatura, esto da lugar a agrietamientos en grandes masas de hormigón cuando se enfrian, originando la contracción.

Para limitar el desprendimiento de calor, basta con reducir a un mínimo el aluminato tricálcico (AC_3).

Para la determinación de este fenómeno se emplean los métodos del termo, adiabático o calor de disolución.

Expansión del cemento.

Es debida a la lenta hidratación de alguno de los componentes del cemento, después del fraguado, se atribuye a una dosificación excesiva de cal libre (CaO), magnesia o sulfatos.

Para determinar esto se emplea el aguja de LE CHATELIER.

Retracción del cemento.

La retracción o disminución de volumen debido a la desecación, provoca grietas en los cementos, siendo este proceso sensiblemente reversible, ante la absorción de agua.

Aumenta con la finura del cemento, el agua de amasado, la temperatura y el estado de humedad del aire.

Atenuándose con el empleo de áridos.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

MORTEROS

Es una mezcla plástica de un aglomerante (yeso, cal o cemento), arena y agua, se denominan según sea el aglomerante empleado:

- ***Mortero de yeso.***

Admite poca arena, su fraguado es muy rápido y su resistencia es pequeña. El yeso hidráulico se emplea para hacer pavimentos continuos.

- ***Mortero de cal.***

Se emplea para enlucidos de paredes, muros, mampostería y cimientos. En tiempo de heladas no se puede emplear (aunque se calienten los ingredientes). La pasta endurecida se añade agua y adquiere de nuevo plasticidad.

- ***Mortero de cemento.***

- ***Mortero mixto o bastardo (intervienen dos aglomerantes).***

Los de yeso-cal, se emplean para enlucidos de paredes y techos.

Los de cemento-cal, tienen un endurecimiento bastante rápido, evitan las grietas de contracción, aumentan la plasticidad y adherencia

La mezcla del aglomerante y el agua, se denomina ***pasta***, puede tener varios tipos de consistencia:

- Normal (agua de amasado igual a huecos aglomerante suelto).
- Seca (agua de amasado menor que los huecos de aglomerante suelto).
- El Fluida o lechada (agua de amasado mayor que los huecos de aglomerante suelto).

Arenas.

Clasificación:

Por su composición mineralógica pueden ser:

- Siliceas o cuarzosas (Son las mejores por su dureza y estabilidad química).
- Calizas (Son también buenas si son duras).
- Graníticas
- Arcillosas.
- Feldespáticas
- Porfídicas.

Por su procedencia o yacimiento:

- Mina (Granos angulosos y sucios).
- Rio (Granos redondeados, lavados y limpios).
- Playa (Deben de lavarse con agua dulce).
- Artificiales (Granos angulosos y superficie rugosa).

La forma de los granos, influye mucho en la resistencias de los morteros, las ásperas y angulosas se adhieren mejor dejan más huecos y dan más resistencias, mientras que las lisas y redondeadas, necesitan más agua para una determinada consistencia, pero dan mayor manejabilidad.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

El peso específico de la arena varía entre 2,5 y 2,7 kp/dm³, las arenas húmedas pesan menos que las secas, el volumen de los huecos de una arena natural oscila entre 26-55%.

Sustancias nocivas en las arenas.

Arcillas, limos, carbones, escorias de altos hornos y materias orgánicas, retrasan el fraguado y debilitan las resistencias.

Pueden admitirse cuando se encuentran adheridas al arido y no superan el 3% del peso de la arena.

Aqua.

El agua de amasado no debe contener sustancias en suspensión o disueltas, que puedan alterar el fraguado del cemento, se deben emplear las aguas potables.

Las aguas muy puras (lluvia), son acidas y las estancadas contienen materias orgánicas.

La temperatura del agua tiene importancia cuando es superior a 30º C, ya que acelera el fraguado.

Dosificación de los morteros.

El papel que desempeña la arena en los morteros es puramente mecánico, teóricamente solo se precisa la cantidad de aglomerante necesaria para cubrir con una película a los granos de arena. No se debe abusar del cemento en morteros, que vayan a estar al exterior (a mas cemento, mas expansión y más retracción). Los más utilizados en obra son 1:3, 1:5 y 1:6, en cambio en tejados se suele utilizar 1:10 (para facilitar la expansión).

- m.c. (1:5)..... Mortero de cemento (1 parte cemento:5 partes de arena).
- m.cal (1:3)..... Mortero de cal (1 parte de cemento:2 partes de cal).
- m.mixto (1:1:4).... Mortero mixto (1 parte cemento:1 parte cal o yeso: 4 parte arena).

Granulometría.

Es el estudio de los áridos en función de su tamaño y la relación que existe entre los distintos tamaños y su forma.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

HORMIGON

Es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante (cemento, yeso, cal, betún, arcilla), arena, grava o piedra machacada y agua, es decir, es la mezcla de un mortero con grava.

Clasificación del hormigón.

- Hormigón en masa (HM), se vierte directamente en moldes y dan macizos sometidos a esfuerzos en compresión.
- Hormigón ciclópeo, contiene grandes bloques de piedra en su masa.
- Hormigón armado (HA), contiene en su interior una armadura metálica y trabaja también a la flexión.
- Hormigón ligero, se emplean áridos de pequeña densidad o se producen desprendimiento de gases antes del fraguado.
- Hormigón translúcido, el que contiene pavés o baldosas de vidrio.
- Hormigón aireado, el que contiene una determinada proporción de burbujas de aire.
- Hormigón dilatada o celular, se agregan jabón y albúmina, que producen espuma, obteniéndose estructuras porosas. También se puede añadir, hielo o parafina, así como polvo de aluminio o cinc, produciendo el mismo efecto.
- Hormigón plastificado. Al añadir un producto plastificante, se obtiene un hormigón más compacto, impermeable, dócil y resistente a las heladas, no atacando a las armaduras.
- Hormigón pretensado (HP), es un hormigón armado a cuyas armaduras se las tensa para que compriman.

Áridos (Gravas).

En el hormigón armado, la norma nos indica que el tamaño máximo de los áridos, sea inferior a $\frac{1}{4}$ de la mínima dimensión del elemento que se vaya a ejecutar y a la separación de las barras.

Clasificación de los aridos.

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| • Morro..... | Mayor de 100 mm. |
| • Grava gruesa..... | 50 a 100 mm. |
| • Grava media..... | 40 a 60 mm. |
| • Grava menuda..... | 30 a 50 mm. |
| • Gravilla gruesa..... | 20 a 40 mm. |
| • Gravilla media..... | 15 a 30 mm. |
| • Gravilla menuda..... | 15 a 25mm. |
| • Garbancillo..... | 7 a 15 mm. |
| • Ripio (piedra machacada)..... | 7 a 25 mm. |
| • Arena gruesa..... | 2 a 5 mm. |
| • Arena media..... | 0'5 a 2 mm. |
| • Arena fina..... | 0'1 a 0'5 mm. |
| • Filler o polvo..... | 0'005 a 0'08 mm. |
| • Limo..... | 0'002 a 0'02 mm. |
| • Arcilla..... | Menor de 0'002 mm. |

Las gravas deberán estar limpias (caso contrario se lavaran), pues las materias terrosas disminuyen las adherencias en grandes proporciones. Se suelen utilizar la grava redondeada, al ofrecer una mayor plasticidad y fácil colocación de los hormigones.

Dosificación del hormigón.

Teóricamente obtendríamos un hormigón compacto e impermeable, partiendo del volumen aparente de la grava, cuyos huecos nos indicarían el volumen de arena, asimismo los huecos vacíos de la arena, nos indicaría el volumen del cemento y los huecos de este nos indicaría el volumen de agua.

- Tipo (cemento:arena:grava)..... (1:2:4).

Consistencia del hormigón.

Depende del contenido en agua de la mezcla, se determinan con el cono de ABRAMS y el docilímetro de IRIBARREN, se clasifica en:

- Seca
- Plástica
- Blanda
- Fluida.
- Líquida.

Parámetros o propiedades más importantes del hormigón.

- Relación agua-cemento. Es el volumen de cemento empleado respecto al volumen de agua.
- Tipo del árido. Granulometría.
- Peso específico. Oscila entre 2.000-4000 Kp/m³, aunque se considera como media 2.500Kp/m³.
- Impermeabilidad. La permeabilidad aumenta cuando la relación agua-cemento es mayor de 0'8.
- Consistencia. No ofrece la facilidad de trabajo.
- Resistencia mecánica. Es aproximadamente de 20 N/mm² = 200 kp/cm². HM para soleras y rellenos, 100 kp/cm². HA para vigas, pilares o zapatas 175-200 kp/cm² y HP 200 kp/cm².

Amasado del hormigón.

- A mano, se utiliza para pequeñas obras (En seco se mezcla el cemento y los aridos, añadiéndose el agua poco a poco).
- Hormigonera intermitente (De tambor basculante o fijo), son las más utilizadas en obras.
- Hormigonera continua (Los constituyentes entran por un lado y salen por otro).
- Hormigonera de eje vertical (empleadas en laboratorios y talleres).

La introducción de componentes en la hormigonera se hará de la siguiente forma:

- 1.- Grava gruesa y un poco de agua, se gira para limpiar la masa precedente.
- 2.- Cemento, el agua y la arena.
- 3.- Por último la grava por orden creciente de tamaños.
- 4.- El tiempo de amasado es de medio minuto en las hormigoneras de eje vertical, un minuto en las de eje horizontal y dos minutos en las de eje inclinado (ángulo 20%).

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

Vertido y colocación del hormigón.

Generalmente el hormigón se fabrica a pie de obra, debe de ser colocado antes de una hora en verano y dos horas en invierno, desde que procede a su amasado.

El hormigón debe ser apisonado en los moldes o encofrados, para evitar huecos o coqueras, para ello se utilizan pisones, el picado con barras de hierro, vibradores o pervibradores

Precauciones en tiempo frío o caluroso.

En **tiempo frío** se suspenderá el hormigonado si la temperatura desciende a 2º C, a no ser que se caliente el agua de amasado a 30ºC.

Si la temperatura desciende a -4ºC, además de calentar el agua, se deberá regar con agua a 30ºC cada dos horas y proteger la superficie.

Para las bajas temperaturas se puede suministrar calor al hormigón a través de vapor de agua o corriente eléctrica (al ser el hormigón conductor), asimismo está indicado el cemento aluminoso, que permite trabajar a -15ºC.

En **tiempo caluroso**, no conviene hormigonar con temperaturas superiores a 40ºC con portland y superiores a 35º C con aluminoso.

En caso necesario, se protegerán los ingredientes del sol y el viento y se regara frecuentemente el hormigón, para evitar la desecación. Además se deberá mantener húmeda la superficie durante los 15 días siguientes en tiempo seco y 7 días en tiempo húmedo.

Para el **curado del hormigón** se emplean actualmente emulsiones resinasas, que se pulverizan sobre la superficie a las dos horas de su colocación, reaccionando con la cal liberada al fraguar, formando un glaseado, que obtura los capilares e impiden la evaporación del agua durante un mes.

Desencofrado del hormigón.

Se realiza cuándo el hormigón ha alcanzado el grado suficiente de resistencia para soportar el triple de la carga que haya de resistir.

- Retirada de encofrados laterales..... 7 días.
- Retirada de encofrados de suelo y puntales..... 28 días.

Si las temperaturas son menores de 5ºC, se prorrogaran prudencialmente estos plazos y en caso de grandes luces o dimensiones, se duplicaran los mismos.

Norma EHE.

Es una norma para la mejora de la calidad de las obras de hormigón, tanto en lo que se refiere a su ejecución, como a su conservación.

Entró en vigor 01.07.1999, unificando las normas EP93 (HP) y EH91 (HM y HA), derogando estas instrucciones, además de la EH88 y EF88.

Se mantiene vigente la normas EF96, sobre proyecto y ejecución de forjados unidireccionales de HA y HP.

Esta norma se aplica al hormigón en masa (HM), hormigón armado (HA) y hormigón pretensado (HP), tanto en obras de promoción pública como en privadas.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

Se excluye expresamente de la aplicación de esta norma:

- Estructuras realizadas con hormigones ligeros (densidad entre 1200-2000 kg/m³), hormigones pesados (densidad superior a 2800 kg/m³) y hormigones refractarios (con amianto, serrines o sustancias análogas).
- Estructuras expuestas a temperaturas superiores a 70º C.
- Las estructuras mixtas.
- Las presas.

Unidades de medición.

• Resistencia y tensión.....	Megapascales (MPa) = N/mm ² = MN/m ²
• Fuerza.....	Kilonewton (kN) = 100 kilopondios (Kp).
• Fuerza por unidad de longitud.....	kN/m.
• Fuerza por unidad superficie.....	kN/m ² .
• Fuerza por unidad de volumen.....	kN/m ³ .
• Momento.....	mkN

Documentación de cualquier proyecto de estructuras.

- Estudio geotécnico del terreno.
- Pliego de prescripciones técnicas particulares.
- Referencias necesarias para el replanteo correcto de la obra.
- El resto que fijaba las normas precedentes: memoria descriptiva, planos, presupuesto, desarrollo de trabajos y documentación normas de carácter general.

Durabilidad de las estructuras de hormigón.

Se tendrá en cuenta la “clase de exposición ambiental”, es el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que se expondrá la estructura y que pueden provocar su degradación como consecuencia de efectos que no tienen relación con los estados de las cargas analizados.

La clase general exposición I (no agresiva), se aplicará siempre a los elementos de hormigón en masa, que al no disponer de armaduras no están sujetas a la degradación por corrosión.

La clase general exposición II (agresiva normal), se aplicará a los elementos generales que sólo estén sometidos a los procesos habituales de carbonatación del hormigón.

Dimensionado de los pilares.

Se mantiene mínima de 25 cms. para pilares construidos in situ con cuatro barras de armadura como mínimo y diámetro igual o superior a 12 mm.

Si el pilar es circular se mantienen las seis barras de armadura mínima.

Materiales del hormigón.

La suma del **ion cloruro**, aportado por cada uno de los componentes del hormigón no puede exceder de los siguientes límites:

- Hormigón pretensado..... 0'2% del peso del cemento.
- Hormigón armado..... 0'4% del peso del cemento.
- Hormigón en masa con armaduras..... 0'4% del peso del cemento.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

Cemento.

Debe ser de clase resistente $32'5 \text{ N/mm}^2$ o superior, que es la resistencia mínima a compresión a los 28 días. La selección del hormigón deberá hacerse en base a los siguientes factores:

- La aplicación del hormigón (HM, HA o HP).
- Las condiciones ambientales a las que se someterá la pieza.
- Las dimensiones de la pieza.

Aqua.

El límite máximo de contenido de ion cloruro es de 3 gr/litro, para su uso en HA, prescripción que se hace extensiva a los HM que tengan armaduras. Se prohíbe explícitamente el uso de agua de mar o aguas salinas en HA o HP.

Áridos.

Se denominan de la siguiente forma (**d/D**), donde **d** es el tamaño mínimo y **D** el tamaño máximo de los áridos en milímetros.

El tamaño máximo de la arena se establece en 4mm.

Aditivos y adiciones.

En el HA y HP, se prohíbe la utilización de aditivos en cuya composición intervengan cloruros (cloruro cálcico), sulfuros, sulfitos u otros componentes que favorezcan la corrosión de las armaduras.

El **humo de sílice**, puede utilizarse en HA y HP, mientras que las **cenizas volantes** sólo pueden utilizarse en HA.

Estas adiciones solo pueden incorporarse a cementos portland (CEM I), en caso de **edificación** están limitados a 35% del peso del cemento para las cenizas volantes y un 10% del peso del cemento para los humos de sílice.

Designación de hormigones en función de su resistencia.

Se emplea el uso estructural que se dará al hormigón seguido de la resistencia mecánica medida en N/mm^2 , es decir, tipo HA-35 (Hormigón armado, resistencia 35 N/mm^2).

Para los hormigones en masa (HM), no se admiten resistencias inferiores a 20 N/mm^2 , mientras que para los hormigones armados y pretensados (HA y HP), no se admiten resistencias inferiores a 25 N/mm^2 .

Designación completa del hormigón.

T-R/C/TM/A, ejemplo HA-25/P/20/Ila.

donde,

- T = HM, HA o HP.
- R = Resistencia del hormigón medida en N/mm^2 .
- C = Consistencia (**Seca, Blanda, Plástica o Fluida**).
- TM= Tamaño máximo del árido expresado en mms.
- A = Designación del tipo de ambiente.

CEMENTO, MORTERO Y HORMIGONES

Dosificación de los hormigones.

No se admiten hormigones estructurales donde el contenido mínimo de cemento por metro cúbico sea inferior:

- HM..... 200 kgs.
- HA..... 250 kgs.
- HP..... 275 kgs.

El acero.

En el hormigón armado (HA), se utilizan armaduras pasivas, mientras que en el hormigón pretensado (HP), se utilizan tanto las pasivas como las activas.

Separadores.

Se prohíbe el uso de piezas de madera u otro material residual de la obra, asimismo se prohíbe el uso de materiales metálicos, si quedan vistos.

Hormigón fabricado en central.

El tiempo mínimo entre la incorporación del agua de amasado al cemento y los aridos y la colocación del hormigón en obra no debe ser superior a una hora y media (1 hora y 1/2).

En hormigones designados por propiedades, el suministrador es quien define la composición y garantiza el cumplimiento de las características específicas.

En hormigones designados por dosificación, es el peticionario quien se responsabiliza de las características del hormigón.

Este tipo de hormigón no podrá utilizarse si no va acompañado de una hoja de suministro, cumplimentada y firmada por persona física. Debiendo ser archivadas estas por el constructor y a disposición de la dirección de obra.

En la recepción está terminantemente prohibido la adición de agua al hormigón fresco.

Hormigón no fabricado en central.

Se desaconseja su utilización por las dispersiones en la calidad, debiéndose adoptar unas extremadas precauciones en la dosificación, fabricación y control.

El tiempo mínimo de amasado es de un minuto y medio.

El fabricante (constructor), habrá de presentar los documentos en que se especifique la dosificación utilizada, que deberá ser aprobada por la dirección de obra.