

6. EL HORMIGÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

El hormigón, tal y como se conoce hoy día, es un material de construcción constituido básicamente por rocas, de tamaño máximo limitado, que cumplen ciertas condiciones respecto a sus características mecánicas, químicas y granulométricas, unidas por una pasta formada por un conglomerante (cemento) y agua. A este material básico y en el momento de su amasado, pueden añadirse otros productos o materiales para mejorar algunas características determinadas. El que al hormigón se le considere hoy como al rey universal de los materiales de construcción se debe a sus indiscutibles ventajas.

En primer lugar, es un material que permite conseguir piezas de cualquier forma por complicada que ésta sea, con la única limitación de la complejidad del molde y ello debido al carácter plástico que posee cuando se encuentra en estado fresco.

En segundo lugar, es un material con resistencias apreciables a compresión y que aunque posea ciertas resistencias débiles a tracción, permite aumentarlas apreciablemente valiéndose del acero que se puede colocar en su interior en los lugares adecuados, dando lugar al hormigón armado y pretensado.

En tercer lugar, presenta la ventaja sobre otros materiales resistentes de proporcionar piezas de un gran monolitismo, incluso en los nudos, haciendo que pueda prescindirse de juntas o uniones que, a veces, son zonas débiles.

Podríamos dar otras muchas razones de peso que justifican el lugar de privilegio que ocupa, pero quizás una de las más notable sea el que está formado por materiales abundantes y baratos por lo que es difícil suponer que en un futuro próximo le puedan salir competidores que le hagan perder el primer puesto.

Pero no todo son ventajas en el hormigón, pues a este material se le pueden poner serios inconvenientes. Es un material pesado con una relación peso/ resistencia elevada; comparando su resistencia a la tracción con la de compresión se observa una fuerte descompensación lo que habla muy mal de su isotropía; presenta cierta inestabilidad de volumen frente a acciones térmicas, hidráulicas o mecánicas que pueden figurarlo, eliminando así una de sus principales características: su monolitismo; por otra parte, el hormigón es sensible a determinados agresivos de tipo físico o químico, algunos de los cuales pueden llevarlo a la ruina en un tiempo relativamente corto.

De todas formas, los inconvenientes que presenta el hormigón no responden a valores fijos ya que muchos de ellos pueden reducirse tanto que hasta pueden llegar a anularse dependiendo mucho de la elección que se haya hecho de los materiales componentes, la calidad del proyecto del mismo, de su ejecución, puesta en obra, consolidación y curado. Las facetas negativas que pueden presentar un

hormigón pueden eliminarse si se posee un amplio conocimiento de sus problemas y de las posibilidades que nos ofrecen los nuevos materiales y tecnologías.

Hace 5.000 años aparecen en el norte de Chile las primeras obras de piedra unidas por un conglomerante hidráulico procedente de la calcinación de algas. Los romanos dieron un paso importante al descubrir un cemento que fabricaban mezclando cenizas volcánicas con cal viva: cemento de puzolanas. El primer paso en el empleo de la actual materia prima de los cementos se dio en Inglaterra en 1756, al descubrirse que las calizas que poseían una proporción importante de arcillas proporcionaban morteros de mejores características. Puede decirse que el primer padre del cemento fue Vicat, que propuso en 1817 el sistema de fabricación que se sigue empleando en la actualidad: mezclas de calizas y arcillas dosificadas en las proporciones convenientes y molidas conjuntamente.

La primera patente para la fabricación de cemento fue otorgada en 1824 a Joseph Aspdin quien denominó al producto obtenido con el nombre de "cemento Portland" debido a que el color del hormigón logrado se parecía a la piedra natural de Portland, situada al sur de Inglaterra. A partir de 1845 se comienzan a fabricar objetos en los que se combina el hormigón y el acero surgiendo de esta forma el primer hormigón armado. Es en 1875 cuando se construye en Francia el primer puente de hormigón armado con una luz de 16,5 m., pero es a partir de 1890 cuando adquiere un impulso extraordinario su empleo. En España, ya en 1897, el ingeniero de Caminos José Eugenio Rivera, construye numerosas obras con hormigón. En 1910 se introduce la enseñanza del hormigón armado en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid. A principios de 1933, Freyssinet proyecta y construye los primeros postes prefabricados de hormigón pretensado para la transmisión de energía eléctrica.

Wright, Eduardo Torroja, Pier Luigi Nervi son figuras señeras en el empleo del hormigón armado y pretensado.

El hormigón, en su constante evolucionar, cada día ha ido perfeccionándose como consecuencia de la mejora experimentada por los materiales que lo componen y el avance de la tecnología. Los cementos especiales en la actualidad no se parecen en nada al cemento de Aspdin, las mejoras que han experimentado han sido muy importantes, no solo en cuanto a ahorro energético (actualmente un cemento requiere para su fabricación menos de la mitad de calorías por tonelada que la que se precisaba en 1940), sino que también en cuanto a sus características de composición y granulometría que han hecho que la evolución de sus resistencias a edades de 28 días sea más rápida que la de los cementos de hace sólo unos años.

Los áridos también han contribuido a la mejora de los hormigones: el conocer la reacción superficial que se produce entre ellos y la pasta de cemento ha dado lugar a una mejora importante de la adherencia entre estos materiales.

El empleo de superfluidificantes permite conseguir hormigones prácticamente autonivelantes pero que presentan unas altas características resistentes o bien, hormigones perfectamente trabajables con reducida relación agua/cemento y muy altas resistencias.

Los modernos vibradores permiten conseguir una amplia gama de frecuencias que hace que puedan entrar en vibración simultáneamente todos los gránulos del hormigón desde los áridos más gruesos hasta las partículas más finas; por otra parte, mediante el empleo simultáneo de compresión y vibración puede lograrse consolidar hormigones muy secos y conseguir resistencias muy elevadas.

El hormigón se ha impuesto de tal forma que hoy es imposible encontrar una construcción en la que no esté presente en alguna parte de la misma. Se puede decir que el hormigón es un material universal pues, en cualquier país, por pequeño que sea, existen áridos y materias primas para fabricar cemento y por tanto para hacer hormigón. Es de esperar que en un futuro próximo, el hormigón continúe perfeccionándose, mejorando sus características mecánicas y reduciendo, poco a poco, los defectos que como cualquier otro material de construcción posee con lo cual sus perspectivas de empleo serán cada vez más prometedoras.

A su favor juega el ser un material noble compuesto por otros muy abundantes y económicos, con una capacidad muy amplia de adquirir por moldeo una gran variedad de formas, con unas resistencias mecánicas buenas y que cada vez van incrementándose y con un consumo de energía de formación muy pequeño, frente a otros materiales de uso en construcción.

ALBERTO VILLARINO OTERO

6.2 CLASIFICACION DE LOS HORMIGONES

Por su Densidad

Los hormigones estructurales pueden clasificarse por su densidad en

Ligerosde 1.200 a 2.000 kg/m³.
Normales de 2.000 a 2.800 kg/m³
Pesados.....más de 2.800 kg/m³.

Por su composición

Hormigón ordinario: Confeccionado con áridos pétreos (naturales y de machaqueo) con una curva granulométrica continua, teniendo áridos gruesos y finos, en proporciones adecuadas.

Hormigón sin finos: Son hormigones en los que no existe el árido fino o las fracciones más finas de este. Son porosos y filtran el agua.

Hormigón Ciclópeo: Es hormigón ordinario al que se le añaden, durante su puesta en obra, áridos de un tamaño mayor de 30cm de diámetro. Vertido en proporciones que no se pierda la compacidad aceptada. Se utiliza en cimentaciones, cuando estas son excesivamente profundas.

Hormigón Unimodular: Es un hormigón donde el árido es de un único tamaño, dando hormigones muy porosos.

Hormigón ligero: Hormigón donde el árido grueso es de baja densidad (pumita, escorias granuladas, arcillas expandidas, etc.).

Hormigón pesado: compuesto de conglomerante y árido de alta densidad. Se usa para estructuras o muros para impedir radiaciones.

Hormigón Refractario: Hormigón que resiste altas temperaturas, así como la abrasión en caliente. Se fabrica con cemento de aluminato de calcio y áridos refractarios.

En función de su Armado

Hormigón en masa: Es un sistema constructivo, estructural o no, que emplea hormigón sin armadura o con esta en cantidad y disposición muy pequeña. Es apto para resistir compresiones.

Hormigón armado: Es un sistema constructivo generalmente estructural, donde el hormigón lleva incorporado armaduras metálicas a base de redondos de acero corrugado, con la misión de resistir los esfuerzos de tracción y flexión. De este modo se consigue un material resistente tanto a los esfuerzos de compresión como a los de tracción. Los esfuerzos de compresión son soportados por el hormigón. Los esfuerzos de tracción se resisten gracias a la armadura. La obtención de estructuras de hormigón armado se lleva a cabo del modo siguiente: se dispone un encofrado o molde con la forma del elemento de construcción que se desea conseguir, se introduce en él la armadura de acero y se vierte el hormigón fresco en el interior del encofrado, de modo que recubra y envuelva la armadura. Cuando el hormigón ha fraguado, se retira el encofrado y se obtiene el elemento. Así, en el caso de una viga, la armadura se

sitúa en la zona inferior del elemento, que está sometida a esfuerzos de tracción, mientras que la masa del hormigón se acumula en la zona superior, sometida a esfuerzos de compresión. De este modo, las vigas soportan bien los esfuerzos de flexión, que, como se sabe, son el resultado de la combinación de esfuerzos de compresión y de tracción. Por otra parte, el recubrimiento del hormigón, una vez fraguado, garantiza la impermeabilidad de la estructura y, por lo tanto, la inoxidabilidad de la armadura de acero. Como la unión entre el hormigón y el acero es puramente mecánica, es conveniente que las barras de refuerzo estén retorcidas o posean salientes superficiales, con el fin de incrementar la adherencia y evitar el deslizamiento. El hormigón armado se emplea en todas las estructuras realizadas con hormigón tales como cimentaciones, tanto como de zapatas como de zanjás, arriostramiento o zunchos, pilares, jácenas, vigas y viguetas, etc.

Hormigón pretensado: Si los esfuerzos de tracción a los que se somete el hormigón armado son muy grandes, las barras de las armaduras pueden experimentar dilatación elástica, con lo que el hormigón que las recubre se rompe. Para mejorar la resistencia del hormigón a grandes esfuerzos de tracción, se tensan previamente las barras de acero con el fin de compensar la dilatación que pudieran experimentar. Así se obtiene el hormigón pretensado. El hormigón pretensado es una variedad de hormigón armado cuyas varillas han sido *tensadas* antes de que se produzca el fraguado del hormigón. Posteriormente se desarrolló el hormigón postensado, en el que las varillas se introducen en el hormigón y se tensan después de que éste ha fraguado. Sin embargo, la denominación *de* hormigón pretensado se ha generalizado para ambas técnicas.



6.3 COMPONENTES DEL HORMIGÓN

Los componentes básicos del hormigón son cemento, áridos, agua y eventuales aditivos. Se estudiará cada componente en detalle a continuación,

CEMENTO

El cemento ha sido estudiado en el apartado anterior. Los cementos que se pueden utilizar para la confección de hormigones son aquellos que cumplan la Instrucción para la Recepción de Cementos RC-08 así como las condiciones físicas, mecánicas y químicas que deben cumplir estos cementos

AGUA

El agua es el segundo componente del hormigón, empleándose en el amasado del mismo y en el curado. El agua de amasado que participa en las reacciones de hidratación del cemento y además confiere al hormigón la trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra.

Hay tres **tipos** de aguas:

-Aguas naturales. Se encuentran en la superficie de la tierra y nunca son puras. Puede ser:

Agua de lluvia. Tiene indicios de sales minerales (nitratos y nitritos).

Aguas de superficie o subterráneas. Son aguas que contiene CO_2 , sulfatos, cloruros, nitritos, nitratos, sales de calcio y sustancias orgánicas.

Aguas de mar. Contiene muchas sales (35 gr/l). En general esta agua tiene demasiadas sales para ser utilizadas.

-Aguas potables. Son aquellas que son aptas para beber. Es necesario que contengan en solución algunos gases como aire y CO_2 , sales de K, Na, Ca y Mg (generalmente en forma de bicarbonatos), algo de cloruros y fluoruros y pequeña cantidad de sílice para ser igual a los líquidos del organismo. Deberá tener un $\text{pH}=7$. Para aguas básicas el pH no se limita. La dureza ideal es de 20*-30* hidrotimétricos franceses. (1* H.T. = 0.01 gr. $\text{CO}_3\text{Ca/l}$). La dureza indica el contenido total de sales cálcicas magnésicas y CO_2 . Si es < de 4*. Muy peligrosas. Puras. Al ser muy puras tienen mucha capacidad de disolución y disuelven y arrastran la cal liberada de los hormigones.

Si es de 20+ a 30+. Son aguas buenas.

Si es de 30+-60+. Son malas para uso domestico.

Si es > de 60+

-Aguas minerales. Contienen sustancias especiales en solución en cantidades relativas importantes.

El **agua de amasado** tiene las **misiones** de:

-Hidratar los componentes activos del cemento (participa en las reacciones de hidratación del cemento)
-Actuar como lubricante haciendo posible que la masa fresca sea trabajable por lo que confiere al hormigón la trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra pero teniendo cuidado con el exceso de ésta pues provoca más porosidad y disminuye la resistencia. Si el agua empleada en el amasado del hormigón es la justa, tendremos hormigones poco trabajables, por eso hay que echar más cantidad, de la estrictamente necesaria para hidratar el cemento, para obtener un hormigón trabajable. Como principal elemento hidratador del cemento, para lo cual se necesita una cantidad relativamente pequeña. Para hidratar un determinado peso de cemento sólo es necesario, desde el punto de vista químico, una cantidad de agua que varía entre 0'20 y 0'22 veces el peso de dicho cemento. Esto daría lugar a hormigones muy secos, difíciles de trabajar. Por lo que, a pesar de la disminución de resistencia que origina, la relación w/c (en peso) que empleamos debe ser mayor o igual a 0'3. La cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario, ya que el agua en exceso se evapora y crea una serie de huecos en el hormigón que disminuye la resistencia.

El agua debe estar limpia y exenta de impurezas por encima de ciertos límites. Las aguas que son aptas para la bebida, excepto algunas aguas minerales, son aptas para el amasado del hormigón, aunque hay algunas no potables que pueden usarse en el amasado.

El **agua de curado** aportando la humedad necesaria durante las primeras edades de endurecimiento para compensar las pérdidas de agua por evaporación y permitir que se siga produciendo la progresiva hidratación del cemento que van dando lugar al aumento de resistencias mecánicas.

La EHE-08 dice prescribe que el agua utilizada, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, no deben contener ningún ingrediente dañino en cantidades tales que afecten a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión. En general podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Deben cumplir una serie de limitaciones:

-**pH** Las aguas con $\text{pH} > 5$ se pueden usar cementos ricos en cal. No obstante, no deben emplearse, pues producen modificaciones en el fraguado y endurecimiento, caída de resistencia y pérdida de durabilidad.

-**Sustancias disueltas ($< 15 \text{ gr/l}$)**. Se entiende por tal el residuo salino seco que se obtiene al evaporar el agua. De ellos los sulfatos y cloruros se estudian aparte. En terrenos con variación del nivel freático es recomendable bajar la limitación a 5 gr/l .

-**Sulfatos ($< 1 \text{ gr/l}$)**. El SO_3

-**Cloruros ($< 3 \text{ gr/l}$)**. Influye en la oxidación de las armaduras. se suma al que contiene el cemento y los áridos, por lo que hay que tener precaución cuando se está cerca de las limitaciones en cualquiera de los materiales.

-**Hidratos de carbono (= 0)**. Retrasan o impiden el fraguado.

-Sustancias orgánicas (< 15 gr/l). Son aceites, grasas, humus, restos orgánicos vegetales que reaccionan con la cal liberada. Puede emplearse un agua agresiva que produzca un 15% como máximo de pérdida de la resistencia a compresión comparado con un hormigón fabricado con aguas potables.

La utilización del agua de mar reduce la resistencia del hormigón, en un 15% aproximadamente. Por ello, su empleo, únicamente permitido en hormigón sin armaduras, debe condicionarse, no solo a que sean o no admisibles las manchas y eflorescencias que habitualmente originan su uso, sino también a que el hormigón con ella fabricado cumpla las características resistentes exigidas. Se recomienda en estos casos la utilización de un cemento con características adicionales MR o SR.

ÁRIDOS

Son productos granulares inertes, de naturaleza orgánica procedentes de las rocas y que interviene como componente del hormigón. Los áridos deben ser inertes y no modificar las características del hormigón, para lo cual no deben reaccionar con el cemento.

Aunque no toman parte en el fraguado y endurecimiento del hormigón, los áridos desempeñan un papel muy importante en las características de este material. En efecto, aproximadamente el 80% del volumen del hormigón está ocupado por áridos siendo el resto la pasta de cemento que rellena los huecos existentes entre ellos y que crea una capa que envolviendo a los gránulos los mantiene unidos.

Los áridos cumplen en el hormigón tres **funciones** fundamentales:

-Disminuye las retracciones propias de la pasta de cemento. En las primeras edades de endurecimiento el hormigón sufre una disminución de volumen (retracciones) tanto mayores cuanto mayor sea la cantidad de cemento empleado, pudiendo provocar, especialmente en elementos de gran volumen, grietas y fisuras que faciliten las vías de acceso para el ataque por corrosión de las armaduras y un debilitamiento mecánico del hormigón. Los áridos que intervienen en el hormigón evitan o disminuyen esta fisuración.

-Abaratar el costo del producto por unidad de volumen al ser un material muy barato, en comparación con el cemento. Al ser de menor coste que la pasta de cemento, se desprende que cuanto mayor sea el peso de los mismos más económico será el hormigón

-Ejercen una influencia muy positiva en las resistencias mecánicas, fluencia, abrasión e incluso durabilidad del hormigón.

Las **características** que se exigen de un árido son:

- Económicas dentro de que cumplan nuestras necesidades técnicas.
- Buena resistencia a compresión y al desgaste
- Limpios
- Durabilidad
- Estabilidad Dimensional. Que no aumentes de volumen ante agentes físicos. Químicas. Que no cambien sus propiedades ante agentes químicos
- Buen coeficiente de forma
- Buena granulometría
- Ausencia de impurezas que perturben los procesos de fraguado o endurecimiento
- Ser inertes. Que no reaccionan con componentes del cemento ni otros agentes.

Los áridos de origen silíceo dan magníficas propiedades al hormigón. Los calizos duros también son buenos (son casi siempre de machaqueo), pero son algo menos duros y mas alterables que los silíceos. Los áridos de origen eruptivo no son recomendables por los feldespatos, que se caolinizan. De estos, los más usados son los granitos, sienitas y gabros, pero sanos. Las escorias siderúrgicas se comprobaran que son estables, es decir, que no tienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

En general, no deben usarse en morteros y hormigones:

- Los áridos que contengan sulfatos oxidables (como piritita amarilla dorada), pues aun en pequeñas proporciones son muy peligrosas por su oxidación y posterior hidratación, produciendo un aumento de volumen y una figuración.
- Minerales pizarrosos
- Áridos meteorizados
- Los áridos de potencial reactividad frente a los álcalis del cemento (áridos silíceos como ópalo, calcedonia)
- Los áridos de yeso, compuestos ferrosos, los que tengan materia orgánica y los procedentes de rocas blandas (areniscas friables)
- Rocas heladizas.

Se entiende por **sustancias perjudiciales** las que por sus exigencias necesitan aumentar la cantidad de agua haciendo disminuir las resistencias mecánicas del hormigón, aquellas que perjudican la adherencia de la pasta con el árido, las que retrasan la hidratación del cemento, o las que pueden impedir el endurecimiento del hormigón

-**Terrones de arcilla.** Se presentan en forma de esferas que se deshacen con los dedos. Es un material débil, siendo peligroso en el árido grueso ya que debilita la resistencia del hormigón.

-**Partículas blandas.** Solo aplicable al árido grueso. Son fragmentos de rocas más blandos. Suelen ser de color blanco y no se deshacen con los dedos.

-**Material retenido por el tamiz 0.063.** Son partículas de carbón, madera, materia vegetal, etc. nDan coqueras, caída de resistencia y anomalías en el fraguado.

-**Compuestos de azufre.** Proviene de sulfatos (yeso), sulfuros piritas), etc. Afecta a la durabilidad, resistencia, fraguado y endurecimiento del hormigón.

-**Ion cloro.** El Cl total aportado por componentes debe ser \leq del 0.4% del peso del cemento.

-**Materia orgánica.** Es sumable a las del agua por lo que es preciso tener cuidado cuando se está cerca del límite. Reacciona con la cal liberada y produce caída de resistencias y modificaciones en el fraguado y endurecimiento.

-**Áridos finos.**

o**Ensayo de equivalencia.** EA>75 cuando la exposición sea I, IIa y IIb y no estén sometidos a ninguna clase específica de exposición.

o**EA>80** Cuando mayor es este valor, menos finos contiene la mezcla.

El **almacenamiento** de los áridos debe realizarse:

- Protegiéndolos del ambiente y del terreno
- No mezclando tamaños
- Evitando su segregación

Propiedades de los Áridos

Humedad

Los áridos pueden presentarse:

- Secos
- Con humedad interna
- Saturados con superficie seca
- Mojados con agua libre

En las dos primeras formas, pueden absorber más agua y lo hacen al amasar el hormigón. Los mojados ceden agua; es necesario tenerlos en cuenta al dosificar.

Densidad

Hay dos tipos:

- Densidad aparente de conjunto. Se emplea para conocer la dosificación en volumen de los áridos. Varía con el contenido en agua de 1.5 a 1.7 Kg/dm³.
- Densidad relativa de la roca. Es necesaria para la dosificación en peso. Varía poco en los áridos naturales, entre 2.5 y 2.7 Kg/dm³

Porosidad

En la norma española no existe ninguna limitación. Sin embargo, no deben emplearse áridos con una porosidad > 10% a no ser en hormigones ligeros, pues los poros absorben el agua de amasado.

Estabilidad

Los áridos deber ser estables física y químicamente:

Adherencia

La adherencia árido-pasta depende de la naturaleza, porosidad y estado superficial del árido. La adherencia mecánica que permite la unión a escala microscópica depende del estado superficial del árido. Es mayor cuanto más rugosa es la superficie y cuanto más limpios.

Resistencias Mecánica

Se determinan en cubos de 7 cm, no pudiendo hacerse en áridos menores.

-Hormigón normal. $R_c = 1000 \text{ kp/cm}^2$

-Hormigón expuesto al hielo. $R_c = 1500 \text{ kp/cm}^2$

Un hormigón puede tener más resistencia a compresión que el árido.

Dureza

Si los áridos van a utilizarse en obras en las que el hormigón va a estar sometido a desgaste o impacto. Es importante conocer la resistencia a impacto y al desgaste.

-Ensayo de Los Ángeles. Una muestra de 5 Kg de árido de tamaño inferior a 37.5 mm se somete a impacto con bolas durante 500 vueltas. Después se tamiza por el 1.7 mm, siendo L.A.=peso de lo que pasa por 1.7/peso muestra. Si pasa mucho significa que hay mucho desgaste.

Textura Superficial

Junto con la forma, tiene influencia en las resistencias, repercutiendo más en la resistencia a flexotracción que en la compresión, especialmente cuando se quieren conseguir hormigones de alta resistencia. Se debe a que cuanto más rugosos es el árido, mayor superficie de contacto tiene con la pasta y mayor adherencia con ella.

Los áridos de pueden **clasificar** según su procedencia (o naturaleza) y según su tamaño:

Según Procedencia o Naturaleza

Áridos naturales: proceden de la desintegración natural o artificial de rocas sin más transformaciones que las mecánicas de cribado, lavado...A su vez estos se clasifican según la composición (en función de la familia petrológica de procedencia) pueden ser silíceos, calizos, graníticos, basálticos, etc.Según el proceso mecánico que han experimentado para su suministro y uso, de machaqueo obtenidos por desintegración artificial mediante trituración, poseen superficies rugosas y aristas vivas) y rodados los que proceden de la desintegración natural y erosión de las rocas que son en general redondeados con superficies lisas sin aristas

Los áridos rodados proporcionan hormigones dóciles y trabajables con una cantidad de agua discreta. Los áridos de machaqueo dan hormigones más resistentes, ya que al ser angulosos se traban unos con otros, pero tienen menos trabajabilidad

Áridos artificiales: fabricados con materias primas que sufren una transformación mecánica, térmica y química. Se clasifican según el proceso de obtención. En su designación debe figurar siempre referida al proceso de fabricación es el caso de las arcillas expansivas y las escorias siderúrgica

Por su Tamaño

Los áridos deben tener un tamaño comprendido entre ciertos límites superiores e inferiores. Dentro de estos límites, las partículas se suelen dividir en varios grupos comprendidos entre diversos tamaños límites que, mezclándoles en las proporciones adecuadas dan lugar a un árido compuesto que tenga la máxima capacidad. La división más simple es en dos grupos que denominados árido fino y árido grueso.

La Instrucción española define como **árido fino o arena** a la fracción del mismo que pasa por el tamiz de 4 mm de luz de malla., siendo **árido grueso** la fracción del mismo que queda retenida en ese tamiz; dentro de esta clasificación aún se puede hacer una subdivisión: arena gruesa, de tamaño entre 4 y 2 mm.; arena fina, entre 2 y 0,08 mm.; y finos, inferior a 0,08 mm.

En los áridos gruesos también existe una subdivisión en grupos que reciben diversos nombres (piñoncillo, garbancillo, almendrilla, gravilla, grava, morro, etc.) según las distintas regiones, por lo que para evitar confusiones es preferible denominarles según los tamaños de sus límites extremos (árido 3/6, 6/12, 12/20, 20/40, etc).

La arena es el árido de mayor responsabilidad en los hormigones. No es posible hacer un buen hormigón con una arena mala. Las arenas procedentes de machaqueo son siempre buenas mientras no tengan exceso de finos, sean sanas y no estén descompuestas. En general, las variaciones de la granulometría de las gravillas y gravas influye poco en la resistencia de los hormigones a igualdad de relación agua/cemento; sin embargo, no ocurre igual con las variaciones en la granulometría de las arenas, pues dependiendo de la composición de estas las propiedades del hormigón variarán de forma notable. Un exceso de finos disminuye la calidad del hormigón en todos los aspectos.



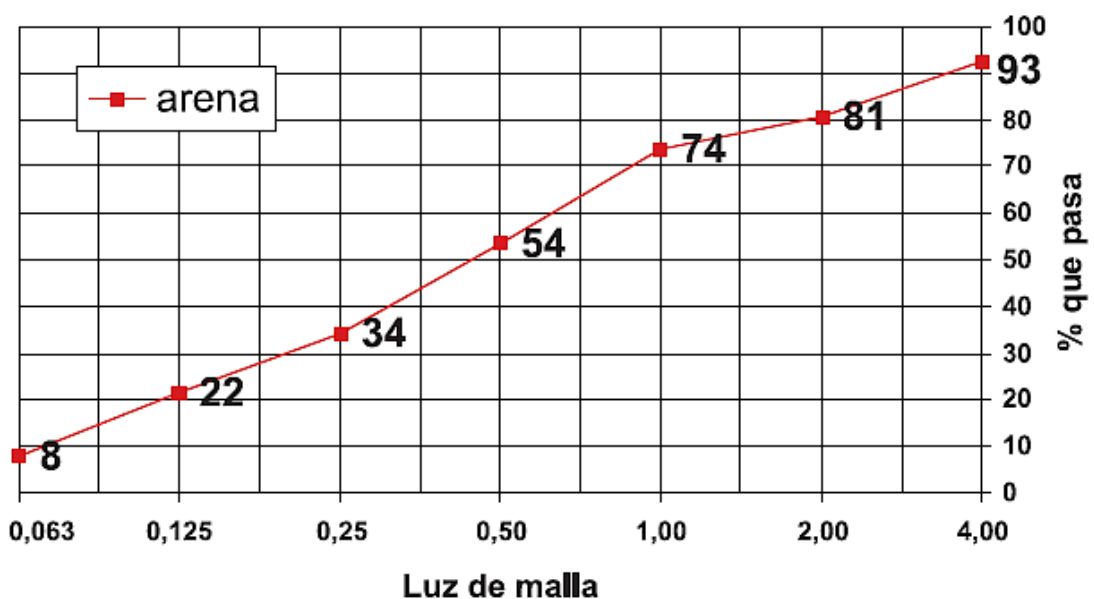
Tamiz

Se designaran con una fracción, D/d , siendo d el tamaño mínimo y D el tamaño máximo del árido. La D es la mínima abertura del tamiz por el que pasa más del 90% en peso cuando además pasa el total (100%) por el tamiz de abertura doble. Y la d es la máxima abertura del tamiz por el que pasa menos del 10 % en peso.

El **análisis granulométrico** de un árido consiste en determinar la distribución por tamaños de las partículas que lo forman, o sea, en separar al árido en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, y hallar el porcentaje que entra en el árido cada uno de ellos. El estudio de la distribución por tamaños de un árido se hace cribándolo a través de una serie de tamices normalizados

Al realizar el análisis granulométrico se inicia el cribado por el tamiz mayor de la serie; una fracción del mismo pasará por él y otra quedará retenida, la fracción que pasa se somete a cribado por el tamiz inmediatamente inferior y así sucesivamente. La relación entre el peso retenido en cada tamiz con respecto al peso total de la muestra nos da el porcentaje retenido parcial por ese tamiz.

Los análisis granulométricos permiten determinar en que proporciones se han de mezclar los áridos para obtener una granulometría del árido resultante que se parezca lo más posible a una curva granulométrica ideal de compacidad máxima. Una vez realizado el tamizado de la muestra, los resultados obtenidos se representan en un gráfico (**curva granulométrica**) en el que en ordenadas se colocan es escala decimal los porcentajes que pasan acumulados por cada tamiz y, en abcisas y en escala logarítmica (a fin de que la separación entre los distintos tamices sea la misma dado que estos están en progresión geométrica de razón 2) la abertura de los tamices. Las curvas granulométricas además de ser muy útiles para la composición de áridos distintos, tienen la ventaja de permitir identificar rápidamente si estos tienen exceso de fracciones gruesas o finas, o la presencia de discontinuidades en la distribución por tamaños.



ADITIVOS

Aditivos son aquellas sustancias o productos que, incorporados al hormigón antes del amasado (o durante el mismo o en el transcurso de un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada, en estado fresco o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

-Cada vez son más utilizados, debido a:

- o Se perfeccionan constantemente y se han obtenidos productos de total garantía.
- o Permiten modificar: docilidad, exudación, segregación, fraguado, resistencias mecánicas, resistencias a acciones químicas, resistencias a acciones químicas.
- o Pueden reducir el coste de obra al mejorar rendimientos, puesta en obra, etc.
- o Permiten reducción de cantidades de cemento, aunque esto puede tener consecuencias negativas.

Cuanto mayor permeabilidad, menor protección de armaduras, menores resistencias mecánicas y menor protección ante ataques físicos y químicos

-El hormigón armado y el postensado no podrán usar cloruros, sulfatos, sulfitos ni otros productos que puedan favorecer la corrosión de las armaduras.

-La utilización de estos aditivos presupone: o Emplear productos garantizados.

- o Conocer las bondades del mismo.
- o Obreros especializados.

Los aditivos tienen como **funciones**:

-Función principal. Cada aditivo se caracteriza y define por producir una modificación determinada y solamente una de alguna de las propiedades del hormigón, mortero o pasta, en estado fresco o endurecido.

-Función secundaria. Pueden accesoriamente modificar alguna o algunas de las propiedades o características del hormigón, mortero o pasta, independientemente de la que proporciona la función principal. Presentan una eficacia independiente de la que ejerce la F.P.

-Efecto secundario. El empleo de un aditivo puede producir modificaciones inevitables de ciertas propiedades o características de los hormigones, morteros o pastas, que no se requieren como F.S.

La fabricación de un hormigón con aditivos debe realizarse con un control adecuado de la cantidad de aditivo incorporado ya que un exceso importante puede tener consecuencias negativas en el hormigón resultante. Los aditivos se transportarán y almacenarán de manera que se evite su contaminación y que sus propiedades no se vean afectadas por factores físicos o químicos (heladas, altas temperaturas, etc.). El fabricante suministrará el aditivo correctamente etiquetado.

Los aditivos se pueden clasificar en los siguientes tipos:

-Aditivos que modifican la reología (estudio de la deformación y el fluir de la materia) del hormigón fresco

Sustancias o productos que modifican o mejoran la trabajabilidad, (ductilidad, manejabilidad, docilidad...) del hormigón

-Plastificantes. Sólido pulverulento e insoluble en agua que favorece la puesta en obra (cenizas volantes). o Los plastificantes actúan procesos físicos, al aumentas los finos, pero exigen más agua. No mejoran resistencias mecánicas excepto en el caso de las cenizas, pero si mejoraran la impermeabilidad.

-Reductores de agua (fluidificantes). (0.1-0.5% del peso del cemento). Su función principal es Reducir la cantidad de agua manteniendo la trabajabilidad y aumentar la trabajabilidad manteniendo la cantidad de agua

-Superplastificantes (superfluidificantes). (0.5-0.3% del peso del cemento). Su función principal es aumentar significativamente la trabajabilidad manteniendo constante la relación a/c y producir una reducción considerable de la relación a/c para la misma trabajabilidad, dándose las dos simultáneamente. No deben producir fenómenos acusados de exudación, ni segregación de finos. Conviene usar dosificaciones superiores a 300 Kg/m³. Estos aditivos pueden retrasar el fraguado u el endurecimiento.

Su forma de actuar es:

-Bajan la tensión superficial del agua

-Dispersan los granos del cemento

-Aumentan la velocidad de hidratación del los granos del cemento

-Aditivos que modifican el fraguado y/o endurecimiento

Su función principal es modificar el fraguado y/o endurecimiento, acelerándolo, retardándolo o impidiéndolo.

-Aceleradores. Tienen como finalidad reducir o acelerar el tiempo de fraguado del cemento (principio y final), favoreciendo la solubilidad de los componentes.

o Se usan entre el 2 y el 5% del peso del cemento.

o Inconveniente. Producen eflorescencias.Su carácter acido siempre favorece la corrosión por lo que se prohíbe en postensado y en armado.

o Se recomienda para: reducir el tiempo de encofrado, hormigonado en tiempo frio, trabajos rápidos y trabajos submarinos.

-Retardadores. Retrasan el tiempo de fraguado (principio y fin) del cemento, aumentando el tiempo de trabajabilidad.

o Son sustancias orgánicas: hidratos de carbono, glucosa, sacarosa, almidón, glicerina, celulosa o sustancias inorgánicas solubles.

o Se emplea en el hormigonado en tiempo caluroso, transporte a grandes distancias, hormigón bombeado e inyectado.

o Su dosificación se realiza en estado líquido y entre el 0.1 y el 1% del peso del cemento.

o Al emplearlos disminuyen la resistencia a compresión en las primeras horas, pero nunca a veintiocho días, pudiendo tener un efecto bivalente (fluidificante, ocluser)

-Aceleradores de endurecimiento. Su función es acelerar el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales.

-Inhibidores. Impiden el fraguado del cemento, como los azúcares, compuestos cálcicos solubles, etc.

-Aditivos que modifican el contenido de aire

Inclusores de aire

Generadores de gas

Generadores de espuma.

Desaireantes

-Aditivos que mejoran la resistencia a las acciones físicas

-Anticongelantes (evitan la congelación del hormigón fresco)

-Hidrófugantes (reducen la permeabilidad del hormigón).

-Otros aditivos

-Aditivos para el bombeo.

-Aditivos para proyección.

-Aditivos para inyección.

-Colorantes.

6.4 DOSIFICACION DE HORMONES

Los métodos de dosificación de hormigones tienen por finalidad encontrar las proporciones en que hay que mezclar a los diferentes componentes de los mismos para conseguir mezclas que posean determinadas características de consistencia, compacidad, resistencia, durabilidad, etc.

No existe un método único de dosificación, sino que pueden dividirse en dos grupos fundamentales: uno que tiene como principal dato de partida la dosificación de cemento (Fuller, Bolomey, Faury) y otro definido por las resistencias mecánicas, especialmente la de compresión (A.C.I., La Peña).

6.5 FABRICACION, TRANSPORTE Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGON

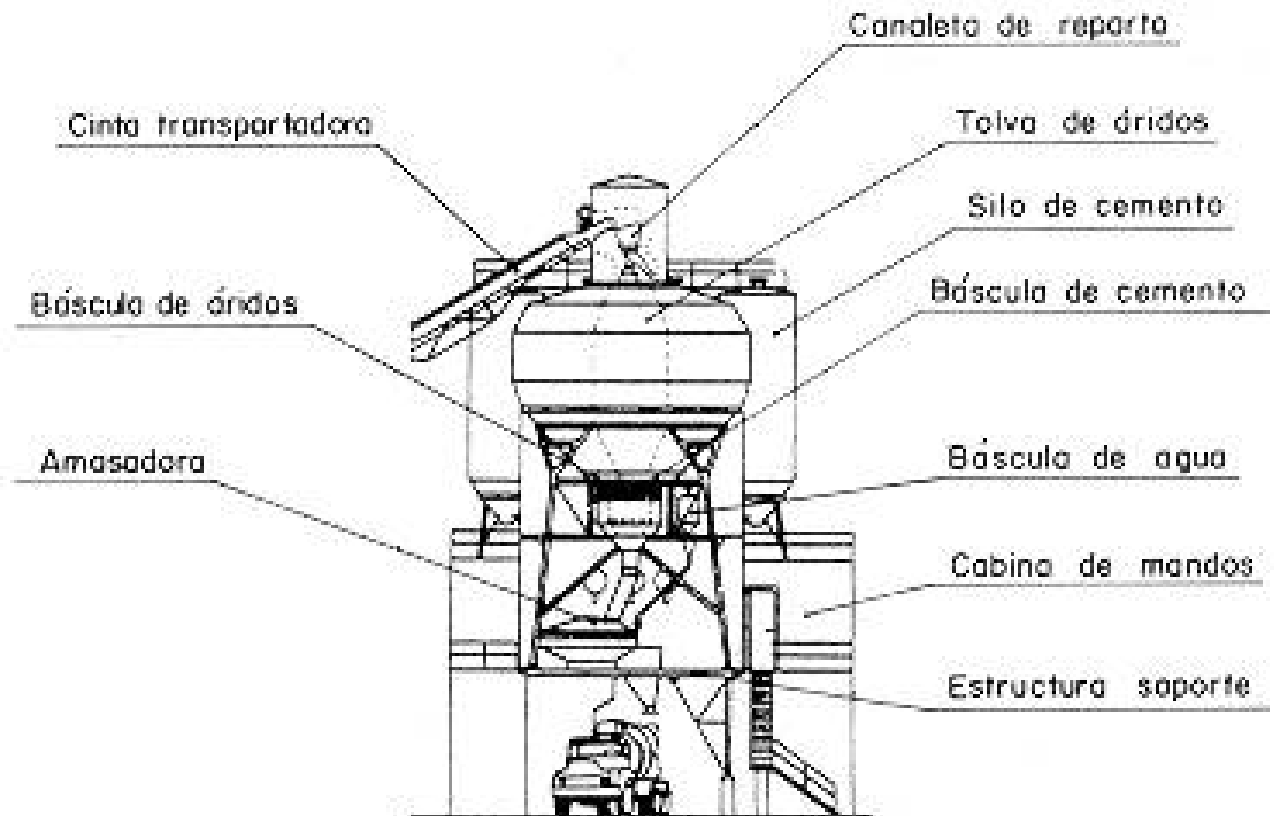
La fabricación del hormigón así como su puesta en obra, tiene una importancia capital en las características del producto obtenido.

Una vez determinada la dosificación adecuada según los criterios anteriores, se procede al amasado de los distintos componentes

El **amasado** del hormigón tiene por finalidad recubrir a los áridos de una capa de pasta de cemento y mezclar a todos los componentes hasta conseguir una masa uniforme. El amasado se realiza en mezcladores u hormigoneras. En pequeñas obras las hormigoneras más empleadas son las hormigoneras basculantes, pueden ser también de eje horizontal y de eje vertical. La mayor parte del hormigón utilizado en la construcción procede de plantas o centrales de hormigonado, que actualmente están muy automatizadas, con controles de calidad continuos.



Hormigonera basculante



Central de hormigonado



Una vez amasado el hormigón, hay que transportarlo hasta su lugar de empleo, pudiendo ser intermitente (carretillas, dumpers, camiones, blondines, grúas, etc.) o continuo (cintas transportadoras o bombeo).

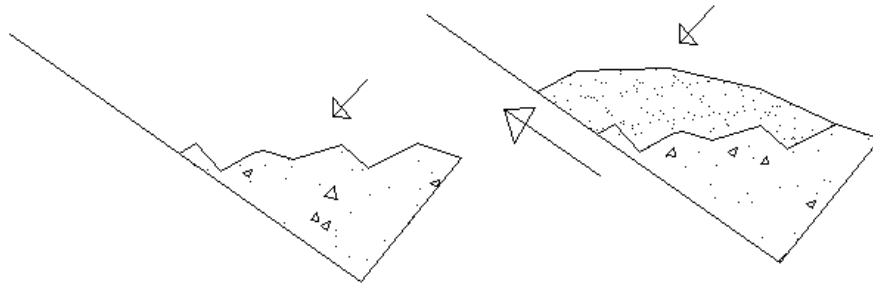


Camión hormigonera

Una vez situado el hormigón en el lugar de colocación se procede a su puesta en obra, siendo el medio más simple el vertido del hormigón desde el dispositivo de transporte al encofrado o lugar en que se vaya a colocar, pudiendo llegar a la colocación por bombeo.

Cualquiera que sea el método de puesta en obra del hormigón. Debe realizarse de manera que no se produzca la disgregación de la mezcla, tomando una serie de medidas:

- No se debe verter desde alturas superiores a 2 metros. a fin de impedir que se rompa la homogeneidad de la mezcla al caer más rápidamente el árido grueso que el resto de los componentes
- Se debe dirigir con canaletas que impidan el choque libre con encofrado o armaduras.
- Se vertirá por capas que se compactaran progresivamente.
- No se arroja con paletas o a gran distancia.
- El hormigonado inclinado se coloca el hormigón de abajo a arriba.



Camión bomba de hormigón



Cubilote de vertido de hormigón

Una vez extendido el hormigón, sea en una sola capa o en varias, hay que proceder a su consolidación, la cual puede realizarse mediante apisonado, picado con barra, vibrado, compresión simultánea con vibrado, etc.

El picado con barra: se realiza con una barra de 16 mm, con terminación redondeada, que se introduce repetidas veces de manera que atraviese la capa a consolidar y penetre en la inferior. Se emplea en hormigones de consistencia blanda y fluida, en obras de poca importancia, donde haya muchas armaduras en las que no se pueda emplear una masa seca.

Compactación por apisonado: se realiza por golpeo de un pistón repetidas veces. Las tongadas deben ser de poco espesor (-20cm), con consistencia plástica o blanda.

Vibrado: en general se exige el empleo de vibradores, lo cual permite el uso de hormigones con menor cantidad de agua. Mediante el vibrado se vencen las fuerzas cohesivas del hormigón transformándose el material en un fluido que se adapta perfectamente a las formas de los moldes. Estas fuerzas son mayores cuanto más seco es el hormigón. El vibrado no solo cierra y aprieta unos elementos contra otros, sino que reparte más uniformemente el agua. La vibración que se transmite es horizontal, quedando su acción limitada a la masa contenida en un tronco de cono. La distancia entre los puntos de inmersión debe ser la adecuada para producir en toda la superficie una humectación brillante, siendo preferible pinchar vibrando en muchos puntos poco tiempo que vibrar en pocos puntos con larga duración. El vibrador debe introducirse verticalmente de forma rápida y no mucho tiempo por riesgo de segregación y exudación en hormigones fluidos. Si el tiempo es muy reducido puede dar lugar a formación de coqueras. El vibrador se retirará de forma lenta para permitir que el orificio de salida se rellene.

Tipos de vibradores

Internos: de aguja. Hormigones plásticos en grandes masas, cimentaciones y estructuras.

Superficie: pavimentación. Reglas y plataformas vibrantes. El espesor de la capa terminada no debe superar los 20 cm.

Exterior: acoplados a encofrados. Se usan en prefabricación con hormigones secos.



Vibrador de aguja



Vibrador de aguja



Pisón vibrante



Plancha vibrante

Aunque lo ideal en toda construcción de hormigón es que el hormigonado sea continuo y sin juntas a fin de obtener un monolitismo total, en la práctica, esto es muy difícil de conseguir y salvo excepciones, hay que dejar juntas de trabajo por muy diversos motivos (final de la jornada de trabajo, mal tiempo en época de heladas, falta de materiales, poca definición de la obra, suspensión por motivos económicos, etc.).

Dos son los problemas que presentan las **juntas de hormigonado** y que pueden ser causa de fallos: una es la elección de la zona donde hay que realizarlas (lejos de las zonas sometidas a tracciones y

normales a los esfuerzos de compresión) y la otra, el tratamiento a dar a las mismas (limpieza con chorro de arena o agua o cepillo de alambre, humedecerlas, adhesivos de tipo epoxi).

Para conseguir un buen hormigón con las propiedades deseadas hay que curarlo en un ambiente adecuado, después de ponerlo en obra y al menos durante los primeros días de vida.

El **curado del hormigón** tiene por finalidad impedir la pérdida de agua por evaporación y controlar la temperatura del mismo durante el proceso inicial de hidratación de los componentes activos del cemento. El curado no solo trata de asegurar la evolución de resistencias, sino que además tiene como misión impedir que el agua se evapore y que la desecación provoque fisuras.

Existen diversos como el curado en húmedo donde se trata de compensar la pérdida de agua por evaporación mediante la aportación de agua externa (riego continuo, colocación de sacos mojados o bien en impedir dicha evaporación mediante la creación de barreras impermeables. O el curado al vapor. En prefabricación se emplean curados acelerados con vapor (bien a presión atmosférica o a alta presión), para conseguir resistencias iniciales altas a fin de disponer cuanto antes de los moldes, tener más espacio disponible para la fabricación y menos capital inmovilizado.

6.6 PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN FRESCO

Denominamos "hormigón fresco" al hormigón que por poseer plasticidad tiene la facultad de poder moldearse. El hormigón fresco tiene una vida que está comprendida entre el momento en que abandona la amasadora u hormigonera y aquél en que se inicia el fraguado del cemento, siendo ésta vida variable en función del tipo de cemento empleado, de la dosificación del agua, de la temperatura, del empleo de aditivos, etc. Las propiedades más características del hormigón fresco son : la consistencia, la docilidad y la homogeneidad

Consistencia

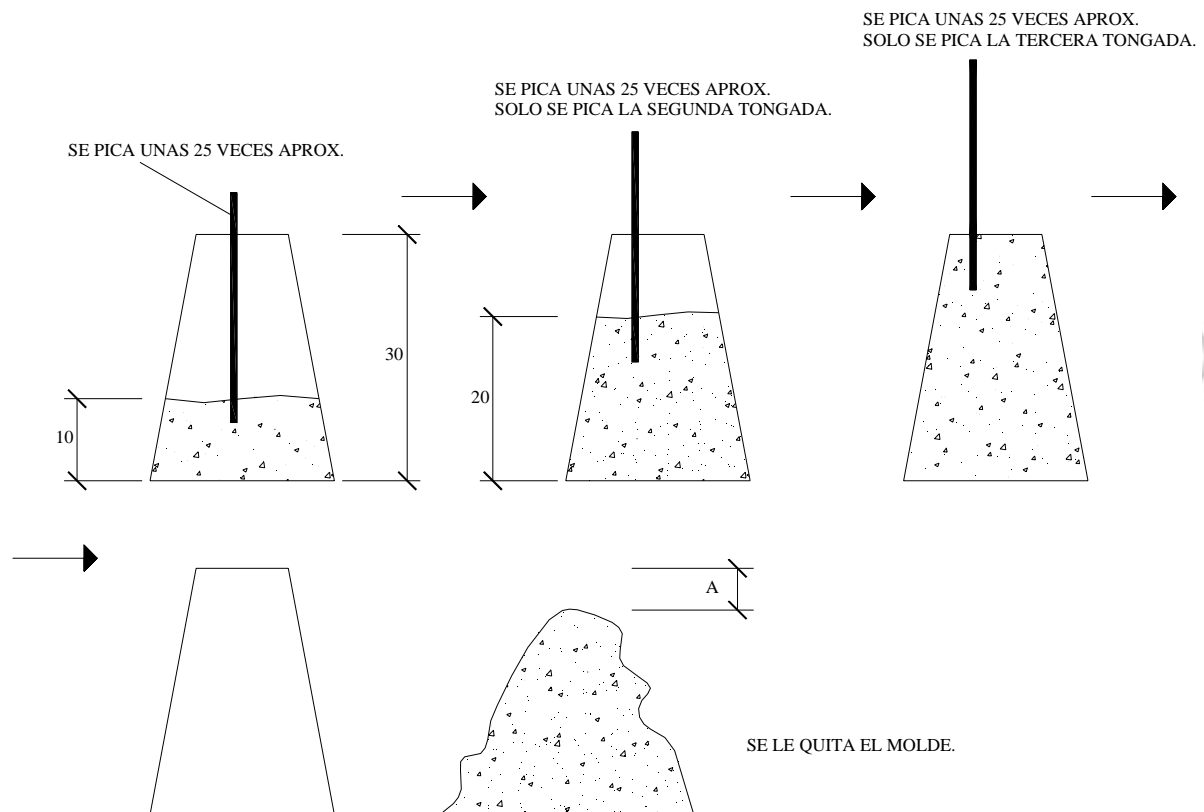
Es la oposición que presenta el hormigón fresco a experimentar deformaciones, siendo por tanto, una propiedad física inherente al propio hormigón. La consistencia depende fundamentalmente de:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del árido.
- Granulometría.
- Forma de los áridos (Rodados dan mas facilidad de adaptación que los de machaqueo) e Influye mucho el método de compactación.

La medida de la consistencia de un hormigón fresco puede realizarse por diversos métodos, siendo el más universal el empleo del cono de Abrams. Es un molde troncocónico metálico de 30 cm. de altura y

de 10 y 20 cm. de diámetro inferior y superior respectivamente. Se llena de hormigón, se compacta con una barra de acero del 16, se enrasa superiormente y se retira el molde, midiendo el descenso de la superficie superior del hormigón. Este descenso, denominado "asiento" permite clasificar la consistencia de acuerdo con los valores siguientes:

Asiento (cm)	Consistencia
0-2	Seca
3-5	Plástica
6-9	Blanda
10-15	Fluida



Docilidad

Es la facilidad con que cantidades dadas de áridos, cemento y agua se transforman en hormigón y después éste, es manejado, transportado, colocado y compactado en los moldes o encofrados con la mínima pérdida de homogeneidad, es decir, sin que se produzca segregación y exudación. La docilidad depende de:

- Cantidad de agua de amasado (+ agua, + docilidad)
- Granulometría (+ arena, + docilidad)
- Tipo de árido (+ redondeado, + docilidad)
- Contenido de cemento (+ cemento y + fino, + docilidad)
- Plastificante

En general, secciones pequeñas y muy armadas requieren hormigones de alta docilidad, mientras que, por el contrario, en estructuras masivas, de grandes secciones y sin armar pueden colocarse mezclas menos dóciles, aunque siempre se debe emplear la máxima docilidad compatible con el método de puesta en obra disponible.

Un hormigón poco dócil es propenso a segregar, a dar resistencias menores a las previstas y a dar superficies poco vistosas cuando se desencofra. Indiscutiblemente ambas propiedades: consistencia y docilidad, no son totalmente independientes sino que están relacionadas, lo que permite tomar la consistencia como un índice de la docilidad al ser de más fácil medida que ésta.

De la consistencia van a depender la mayor parte de las características del hormigón, como son: la cohesión, compacidad, densidad, resistencia, impermeabilidad, acabado superficial, etc. Debido a su importancia, los hormigones se solicitan a las plantas suministradoras, como mínimo, por su resistencia, consistencia y tamaño máximo del árido.

Es preciso tener en cuenta que si un hormigón posee una consistencia más fluida que otro, esto no quiere decir que sea más dócil que éste porque la docilidad viene ligada con el método de puesta en obra y consolidación y puede ocurrir que un hormigón de consistencia seca, pero que ha de ser vibrado, sea más dócil que otro de consistencia blanda que por ir colocado dentro de un encofrado estrecho de una pieza fuertemente armada se consolide picándole con barra.

Homogeneidad

El hormigón es una mezcla de componentes sólidos muy diferentes y de un líquido, por consiguiente, tiene que ser un material heterogéneo; sin embargo, al decir que un hormigón debe ser homogéneo se indica que debe ser uniformemente heterogéneo, es decir, que en cualquier parte de la masa los componentes del hormigón deben estar perfectamente mezclados y en la proporción prevista al diseñar la muestra.

La mezcla adecuada de los componentes del hormigón y la homogeneidad de la masa se logra en la hormigonera, pero esta mezcla puede disociarse durante el transporte, el vertido y/o el compactado, dando lugar a que los elementos constitutivos tiendan a separarse unos de otros y a decantarse de acuerdo con su tamaño y densidad (segregación) o a que el agua se eleve hacia la superficie como consecuencia de la incapacidad de los áridos de arrastrarla con ellos al irse compactando creando una capa delgada, débil y porosa que no tiene resistencia ni es durable (exudación).

6.7 PROPIEDADES CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

Las características físicas de un hormigón endurecido dependen no sólo de la propia naturaleza de éste sino, también, de su edad y de las condiciones de humedad y temperatura a que haya estado sometido.

La característica física o mecánica más frecuentemente medida en los hormigones es la resistencia a compresión, debido principalmente a que es muy fácil de determinar y a que muchas de sus otras propiedades están relacionadas con ella, por lo que es un índice de su comportamiento, además de que, generalmente, el hormigón va a trabajar a compresión y, por tanto, el conocer su resistencia frente a ésta sollicitación es de gran interés.

Hay casos en los que el hormigón ha de trabajar a flexión como ocurre en pavimentos; en éstos es la resistencia a flexotracción la característica fundamental y hasta tal punto es importante que los hormigones empleados en firmes de carreteras, aeropuertos o viales industriales, se definen por éste tipo de resistencia.

Otras características muy importantes en el hormigón son la densidad, que va a dar una idea muy apreciable sobre su comportamiento tanto físico como químico y, la impermeabilidad que va a determinar en gran parte la resistencia que presenta frente a agresiones de tipo físico y químico, es decir, su durabilidad.

Densidad

La densidad de los hormigones es muy variable oscilando entre los 0,5 Tn/m³. de algunos hormigones celulares al valor próximo a 6 Tn/m³. que presentan los hormigones pesados de áridos de acero. En los hormigones tradicionales en masa, su valor suele estar próximo a 2,2 Tn/m³. y en los armados puede llegar hasta 2,5 Tn/m³. dependiendo de la cuantía del armado.

Resistencia a compresión

El hormigón es un material que resiste a las sollicitaciones de compresión, tracción y flexión. La resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, cifrándose en unas diez veces de la tracción, y es la que mayor interés presenta su determinación como hemos dicho anteriormente.

Los hormigones en masa y armados, regulados por la Instrucción española, se clasifican de acuerdo con su resistencia característica a compresión a 28 días, en kgf/cm²., en los tipos siguientes:

H-125, H-150, H-175, H-200, H-225, H-250, H-300, H-350, H-400, H-450, H-500

La resistencia a compresión del hormigón puede determinarse mediante ensayos destructivos o no destructivos. Los más utilizados son los primeros realizándose probetas cilíndricas que se conservan en condiciones análogas a las de obra y se rompen a 7 y 28 días.

En la resistencia influyen una serie de factores: los materiales empleados, la relación agua/cemento (es el factor que más influencia tiene en la resistencia de un hormigón), el tamaño máximo del árido, la forma y dimensiones de las probetas y la edad del hormigón (28 días es la edad que se toma para el cálculo estructural).

Se establecen las siguientes **tipos de resistencias**:

Resistencia característica específica: (f_{ck} o resistencia de proyecto): es el valor que se adopta en el proyecto para la resistencia a compresión, como base de los cálculos. Se define como aquel valor con el que existe una probabilidad de que el 95% de que se presenten valores individuales de resistencia de probetas mayores que F_{ck} (N/mm^2).

Resistencia característica estimada $f_{c\ est}$ o resistencia media f_{cm} : es la media aritmética de los valores de rotura de un número finito de probetas.

Retracción y entumecimiento

Son cambios de volumen que experimenta el hormigón y que tienen lugar independientemente de los movimientos debidos a los cambios de temperatura o a las sollicitaciones mecánicas externas a que esté sujeto el cambio.

La retracción es una contracción que se presenta durante el fraguado y primera época del endurecimiento del hormigón, especialmente, si se produce una falta de agua en el mismo; está vinculada a la disminución de volumen originada por la evaporación del agua contenida en el hormigón, actúa en el instante que se hormigona la pieza por el contrario, el entumecimiento es una expansión o aumento de volumen del hormigón como consecuencia de absorción del agua.

Fluencia

Esta vinculada a una pérdida de humedad producida por la evaporación, al comprimirse por efecto de un axil, actúa el día de puesta en obra.

6.8 TIPIFICACIÓN O DESIGNACION DE HORMIGONES

$$T - R / C / TM / A$$

T = HM (hormigón masa), HA (hormigón amasado), HP (hormigón pretensado)

R = resistencia característica específica (N/mm^2) mínima 20 en HM, 25 en HA

C = letra inicial de la consistencia según el cono de abrams

TM = tamaño máximo del árido en mm

A = designación del ambiente

-Clase general de exposición relativa a la corrosión de armaduras: I, IIa, IIb, III, IV

- Clase de exposición relativa a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión: Qa, Qb, F, H,

La resistencia mínima características no serán inferiores a:

- 20 N/mm² para HM

- 25 N/mm² para HA

Por ejemplo HM / 25 / P / 30 / I

6.9 APLICACIONES DEL HORMIGÓN

In situ

Formado sistemas estructurales en obras de edificación e ingeniería civil, tales como forjados, columnas pilares vigas, tableros de puentes cuerpos de presas etc,,,,,

Prefabricados

En estructuras.

-Estructuras de edificación completas de nudos articulados o de núcleo rígido

-Uniones de pilares a cimentaciones

-Vigas para naves industriales (peraltadas)

-Correas

-Vigas de puentes

-Paramentos verticales en edificios y fachadas.

-Viguetas y bovedillas

-Losas alveolares

-Jácenas: viga horizontal, grande que sirve de soporte de otros elementos estructurales (vigas secundarias o viguetas).

-Bloques

-Tejas

-Adoquines

-Bordillos

-Baldosas para pavimentaciones exteriores

-Terrazos (baldosas para interior pulidas)

-Galerías de hormigón visitables para conducciones

-Tuberías de saneamiento de hormigón en masa o armado

-Accesorios para saneamiento como pozos de registro

-Muros de contención vegetalizables

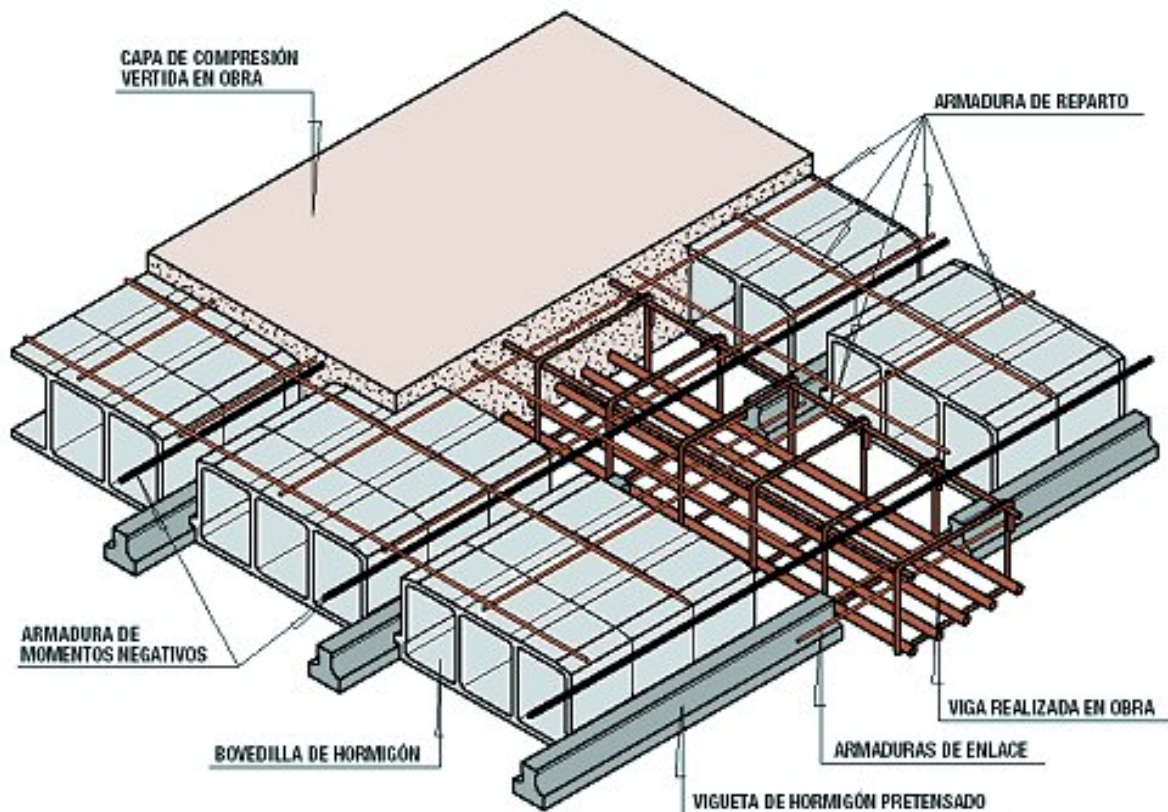
Las baldosas hidráulicas están formadas por cemento y árido fino, compactado por presión. Tienen un grueso de 2 a 3 cm, y están compuestas por 3 capas:

- La capa superior está formada por cemento que puede ser blanco, coloreado o gris (portland y arena muy fina de consistencia fluida)
- La capa intermedia está formada por cemento portland y arena muy fina, en seco.
- La capa soporte, baña o revés, es un mortero ordinario con consistencia de tierra húmeda.

El hormigón para tubos debe reunir las mismas condiciones que para cualquier otro uso, pero la cualidad principal es su impermeabilidad, para lo cual hay que asegurar una gran compacidad.

El problema de la impermeabilización es importante, pero no el único, ya que hay que tener en cuenta las solicitaciones de tracción, flexión, etc. a que han de estar sometidas. Para resistir estos esfuerzos, a veces hay que armar los tubos mediante armaduras de redondos o chapas.

Los bloques y bovedillas están formados por cemento, árido y agua, pudiendo sustituirse parte o la totalidad de árido fino por un material más ligero (arilita) con el fin de obtener unos bloques con unas características específicas. Se suele fabricar en bloques huecos con el fin de aumentar el aislamiento térmico y disminuir el peso. Los bloques se fabrican con unas máquinas llamadas bloqueras, las cuales por distintos medios, producen la consolidación de los morteros.



Forjado vigueta bovedilla



Losa alveolar

ALBERTO VILLARINO OTERO