

Tema: Pastón de prueba, conceptos básicos del hormigón

Objetivo: brindar al alumno una idea general de lo que es un hormigón convencional, sus componentes y propiedades básicas en estado fresco y endurecido, sin rigor científico pero sí intuitivo, que les permita comprender y relacionar mejor, desde el primer día, los temas que se desarrollarán en los prácticos.

Las cifras que aquí se mencionan tienen el fin de dar órdenes de magnitud y podrán variar de los valores dados.

Componentes del hormigón

Componentes	Denominación de la fase				Contenidos habituales [kg/m ³]
Cemento	Pasta	Mortero	Hormigón	Componentes Básicos	280 - 500
Agua					130 - 200
Arena	Agregados	700 - 900			
Agregado grueso		800 - 1100			
Aditivos químicos				Componentes opcionales	variables
Adiciones					
Fibras					
Fibras metálicas					
Pigmentos					
...					

El proceso de lograr la correcta proporción de los diferentes componentes se denomina **DOSIFICACIÓN** y ésta se hace para un metro cúbico de hormigón, por eso los componentes se expresan en kg/m³.

¿Cuánto pesa 1 m³ de hormigón convencional? Aproximadamente 2400 kg/m³.

Características del hormigón en estado fresco

En primer lugar se menciona como **estado fresco** a aquel que tiene el hormigón desde el momento de su elaboración hasta que inicia el proceso de fraguado (ver más adelante este concepto) que es cuando el hormigón comienza a rigidizarse.

La principal característica del estado fresco es la TRABAJABILIDAD¹ que es la propiedad que hace que el hormigón pueda ser mezclado, transportado (hacia y/o dentro de la obra), colocado, compactado y terminado sin SEGREGAR, ni EXUDAR en exceso.

Estos dos últimos términos se pueden englobar bajo el concepto de ESTABILIDAD de la mezcla.

Los componentes del hormigón difieren en su masa específica (masa por unidad de volumen o densidad) – desde el agua de densidad 1 kg/dm³, al cemento de densidad del orden de 3 kg/dm³ - y en el tamaño – desde granos de cemento del orden de 5-10 μ a agregados gruesos de tamaños entre 20 y 30 mm o más – y, por tanto, en la masa de las partículas que lo componen. Esto hace que por efecto de la gravedad las partículas más pesadas tiendan a decantar y las más livianas a irse a la superficie, esto se denomina SEGREGACIÓN, la que debe evitarse para mantener la homogeneidad del hormigón colocado en obra.

Un efecto asociado a la segregación es la EXUDACIÓN que se refiere al agua que aflora en la superficie del hormigón.

Si el hormigón no es homogéneo en el elemento estructural que se construye, sus propiedades variarán de una zona a otra y las zonas más débiles serán las que determinen la resistencia y vida útil de la estructura.

Dentro del concepto de TRABAJABILIDAD está también el de FLUIDEZ o CONSISTENCIA, que es la facilidad con que el material fluye por acción de las fuerzas aplicadas sobre él. Dado que la TRABAJABILIDAD es un concepto complejo y difícil de medir, en general se utilizan medidas de la FLUIDEZ o CONSISTENCIA del hormigón como una forma de medir (de manera parcial aunque práctica) la TRABAJABILIDAD.

Todo lo anterior se relaciona con la REOLOGÍA que es la ciencia que estudia la deformación y movimiento (flujo) de los materiales por el efecto de fuerzas, que en nuestro caso pueden ser: la gravedad, las vibraciones originadas por el transporte y las fuerzas aplicadas durante la colocación y compactación del material.

¿Cómo influyen los materiales y sus proporciones en estas propiedades?

Es importante tener en cuenta que con el hormigón se tiene la ventaja de que es un material que “fabricamos” nosotros y por ello podemos darle las propiedades que requiramos. O visto desde otra perspectiva: con los mismos materiales se pueden hacer hormigones de muy diferentes calidades y características, por esto es importante conocer cómo influyen los materiales y sus propiedades en el comportamiento del hormigón.

Pensemos en primer lugar en una mezcla de AGREGADOS solos, con partículas que van desde algunas micras (polvo contenido en los materiales) hasta piedras de 20 o 30 mm; ¿Qué ocurrirá si, por ejemplo, la transportamos en un camión o simplemente vamos

¹ Hay diferentes definiciones de TRABAJABILIDAD pero se ha adoptado esta por considerársela clara en lo que expresa

depositando esta mezcla en un acopio?, intuitivamente podemos imaginarnos que el material SEGREGARÁ. Y esto es debido a la ya mencionada diferencia de masas de las partículas componentes, pero también debido a la falta de COHESIÓN del material.

La COHESIÓN se da por fuerzas que atraen y mantienen unidas a las moléculas. En el caso del hormigón fresco nos interesa considerar la COHESIÓN APARENTE dada por las fuerzas de atracción que ejercen el agua adsorbida superficialmente en cada partícula material con la misma agua de las partículas adyacentes. Veamos los siguientes ejemplos: hacer un “castillo de arena” con arena seca es imposible; si la arena está ligeramente húmeda con una delgada capa de agua rodeando cada grano, el comportamiento del material cambia; ha adquirido una COHESIÓN APARENTE dada por la atracción de las superficies de agua que rodean las partículas. Si hiciéramos la misma prueba con agregados de mayor tamaño esto no sucedería pero sólo porque las fuerzas gravitatorias superarán a las que tienden a mantener las partículas unidas.

Al ser la COHESIÓN un fenómeno superficial, cuanto mayor sea la SUPERFICIE ESPECÍFICA (superficie por unidad de volumen²) de las partículas, mayor será su aporte a la cohesión; así el cemento brindará a las mezclas mayor COHESIÓN que la arena y dentro de esta sus partículas más finas brindaran mayor COHESIÓN que las más gruesas.

En el hormigón cada partícula de agregado está rodeada por PASTA y, para proporciones dadas de agregados, serán las características de ésta las que, principalmente, regulen la COHESIÓN del hormigón.

Cuando hablamos de características de la PASTA nos referimos fundamentalmente a su VISCOSIDAD, cuanto más sólidos contenga la pasta (más cemento u otros materiales de similar tamaño) más viscosa será y mayores las fuerzas de COHESIÓN.

Por otra parte a mayor contenido de agua mayor será la FLUIDEZ, la consistencia del hormigón será más blanda, la pasta será menos viscosa.

Un estado intermedio: el tiempo de fraguado

Desde el preciso momento en que el cemento toma contacto con el agua se inicia un proceso de HIDRATACIÓN, transformaciones químicas que harán que finalmente adquiera la resistencia y otras propiedades requeridas en el estado endurecido. Los componentes de los cementos reaccionan químicamente con el agua generando nuevos productos que unen las partículas constituyentes del hormigón transformándolo en un sólido.

La primera etapa de la HIDRATACIÓN es lenta y nos permite realizar todas las tareas que conducen a dejar el hormigón colocado en obra. Pero hay un momento en la hidratación en que el hormigón comienza a rigidizarse y en que si seguimos ejerciendo esfuerzos sobre el hormigón se producirán daños sobre el mismo; este momento es conocido como TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO, a partir del cual la hidratación se acelera hasta hacer que

² Superficie específica: cociente entre el área superficial de una partícula y el volumen o la masa de la misma

el hormigón se vea y comporte como un sólido, este momento es el TIEMPO FINAL DE FRAGUADO.

Considerando sólo los componentes básicos del hormigón y sin tener en cuenta factores externos a la mezcla (p.e.: clima) podemos decir que las características del cemento influirán en los TIEMPOS DE FRAGUADO, pero quizás en mayor medida influya la relación entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento de la mezcla, conocida como RELACIÓN AGUA / CEMENTO (a/c). Cuanto mayor sea la a/c los tiempos de fraguado serán más prolongados, esto se debe al simple hecho de que las partículas de cemento estarán más alejadas una de otras y tardarán más en unirse y formar una masa con alguna rigidez.

Propiedades del hormigón endurecido

Luego del TIEMPO FINAL DE FRAGUADO el hormigón comienza a ganar rápidamente resistencia mecánica; ganancia que será normalmente más veloz al comienzo y luego se ira ralentizando.

Dentro de las propiedades del hormigón endurecido la principal, desde el punto de vista ingenieril, es su resistencia mecánica, particularmente la RESISTENCIA A COMPRESIÓN (característica principalmente utilizada en el diseño de todo tipo de estructuras de hormigón), la RESISTENCIA A FLEXIÓN (utilizada en elementos sometidos a flexión como los pavimentos) y finalmente la RESISTENCIA A TRACCIÓN.

En las construcciones habituales la RESISTENCIA A COMPRESIÓN de los hormigones utilizados va de 20 a 60 MPa, pero pueden alcanzarse resistencias muy superiores a ésta última.

Como órdenes de magnitud se puede decir que la RESISTENCIA A FLEXIÓN es del orden del 12 a 15% de la de COMPRESIÓN, y la de TRACCIÓN aproximadamente el 10%.

¿Cómo influyen los materiales componentes del hormigón en la resistencia?

El principal factor que influye en la resistencia del hormigón es la RELACIÓN AGUA CEMENTO (cociente entre las masas de agua y cemento que tiene el hormigón), por las mismas razones que se expresaron más arriba y además, porque el cemento requiere aproximadamente el equivalente al 25% de su masa de agua para su HIDRATACIÓN completa ($a/c = 0,25$) sin embargo para lograr la CONSISTENCIA o FLUIDEZ buscada normalmente se trabaja con relaciones a/c superiores (0,40 – 0,60). En primera instancia podemos decir que el agua no utilizada para la HIDRATACIÓN, o se evapora dejando vacíos o bien queda dentro del hormigón como un elemento “no resistente”, o bien queda atrapada dentro de la masa de hormigón.

Si se requiere aumentar la resistencia del hormigón necesariamente hay que reducir la relación agua – cemento. Esto puede hacerse disminuyendo el agua o aumentando el cemento o con una combinación de ambas acciones. Considerando que sólo utilizamos los “componentes básicos” del hormigón, sólo podríamos aumentar el contenido de cemento ya que si bajamos el contenido de agua el hormigón será más rígido y podría haber

dificultades para su colocación en obra. A lo largo del curso veremos que hay otras opciones para salvar esto.

CUESTIONARIO:

De acuerdo a los conceptos vistos y dados los siguientes hormigones:

Materiales	Hormigón A	Hormigón B
Cemento	300	400
Agua	150	200
Arena	700	800
Agregado grueso	1150	1000

1. ¿cuál será más cohesivo?
2. ¿cuál tendrá más resistencia?
3. ¿cuál tendrá mayor fluidez?
4. ¿cuál puede tener mayor tendencia a segregar?

Justifique sus respuestas

Las respuestas serán presentados por escrito en la clase siguiente al dictado del práctico