



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
DNC	Cátedra: ESTRUCTURAS – NIVEL 2		
	Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO		
	Guía de estudio nro. 3: TECNOLOGIA DEL HORMIGON		
GE3	Curso 2009	Elaboró: Ing. Alejandro Nico	Revisión: 0 Fecha: Abril de 2009

1.- INTRODUCCIÓN.

En esta guía se desarrollaran algunos conceptos acerca de la tecnología del hormigón, es decir abordar a este, desde el punto de vista de sus propiedades, capacidades, fabricación y elaboración. Si bien es cierto en los talleres de estructuras se aborda al hormigón como un fin en si mismo y desde el punto de vista resistente, también es real que en esta instancia (2do año) el alumnado no ha visto aun los aspectos constructivos del mismo, con lo cual resulta imprescindible esta pequeña reseña para favorecer su entendimiento.

La existencia del hormigón como se lo conoce en la actualidad (con un conglomerantes de cemento Pórtland) data de fines de siglo XVII y principios del XVIII. Anteriormente existían hormigones pero que utilizaban como aglomerantes en el mejor de los casos cales y yesos. En la actualidad esta ampliamente difundido su uso como material estructural, por su resistencia, durabilidad, capacidad de ser moldeado con formas predeterminadas y competitividad económica, etc.

En una primer instancia, el hormigón (o concreto, en otros países de habla hispana) es una **pedra artificial**, resultado de mezclar en proporciones adecuadas materiales económicos (piedras, arenas o agregados) con una pasta de cemento y agua.

2.- COMPOSICION

El hormigón es un material formado por los siguientes elementos

- Cemento
- Agua
- Agregados
- Aire

Y eventualmente

- Aditivos
- Adiciones minerales

Conceptualmente hablando se trata de una matriz formado por el resultado de la “unión” del cemento y el agua donde “flotan” los agregados. Esta matriz o pasta de cemento tiene la función de:

I) Llenar los vacíos existentes entre las partículas de los áridos, lubricando la masa plástica y comunicando impermeabilidad al material endurecido.

II) Proporcionar resistencias al hormigón endurecido,

Por otro lado los áridos ocupan aproximadamente el 75% del volumen del hormigón. Las partículas de tamaño menor que las aberturas de un tamiz de aproximadamente 5 mm constituyen lo que se denomina arena o árido fino, las mayores de 5 mm constituyen el árido grueso y tienen la función de:

I) Proveer un material de relleno relativamente barato para permitir aumentar el volumen del material cementicio.

II) Proveer una masa de partículas de características adecuadas para resistir la acción de las cargas aplicadas, el desgaste, el pasaje de humedad y la acción de la intemperie.

III) Reducir los cambios de volumen que se producen durante los procesos de fraguado y endurecimiento, y también con los cambios de humedad interna de la pasta de cemento

El espacio no ocupado por los áridos (aproximadamente el 25%) está lleno por la pasta cementícea y vacíos.

Se detallaran a continuación algunos conceptos generales de cada uno de estos componentes:

2.1.- CEMENTO

El cemento es un material pulverulento que reacciona con el agua (reacción hidráulica) formando compuestos que con el tiempo adquieren una resistencia tal que le hace posible soportar cargas de compresión como las que se generan en la estructura. Es el resultado de la mezcla, calentamiento en hornos y molienda de partes adecuadas de piedra caliza y arcilla. A este primer producto se lo llama Clinker que junto a pequeños agregado de yeso forman el llamado **Cemento Pórtland**. La caliza aporta el calcio y la arcilla la sílice, que, bajo estas condiciones y reaccionando con el agua forman principalmente silicatos de calcio hidratados (SCH) responsables de la resistencia recién mencionada. La llamada **Cal hidráulica** también proviene de la misma materia prima pero en relaciones totalmente diferentes, (mas caliza y menos arcilla) lo cual lo hace un material muchísimo menos resistente que el cemento pero con otras propiedades para su fin específico.

Además del llamado cemento portland normal, variando algunas características físicas o químicas en su fabricación existen en el mercado tipos especiales o particulares que lo hacen aptos para determinados fines, por ejemplo:

ARI:	Alta resistencia Inicial
ARS:	Altamente resistente a los sulfatos
MARS:	Moderadamente resistente a los sulfatos
BCH:	Bajo calor de hidratación

Por otro lado, por cuestiones económicas y ecológicas se están utilizando en la actualidad los llamados cemento portland compuestos que, fabricados con agregados de adiciones activas o puzolanas que pueden ser de origen natural o desechos industriales, combinados con el cemento proveen productos de reacción similares a aquel.

El cemento viene en bolsas de 50 Kg. o granel en camiones o vagones tolvas para ser transferidos a los silos de las plantas elaboradoras de hormigón

2.2.- AGUA

El agua en el hormigón tiene dos funciones fundamentales

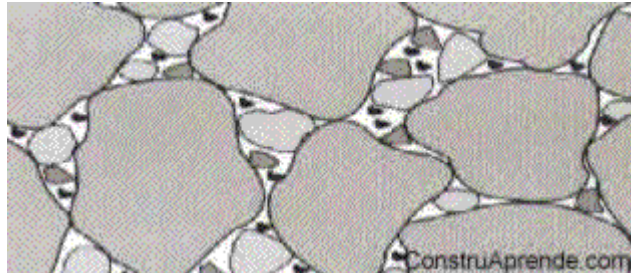
- 1.- Hidratar al cemento para formar compuestos resistentes
- 2.- En estado fresco ser el elemento "lubricante" del mismo

La cantidad de agua que lleva un hormigón es bastante mayor que la estrictamente necesaria para llevar a cabo la hidratación mencionada. Por lo tanto parte del agua de mezclado jamás se combina y finalmente se evapora dejando en el hormigón endurecido poros que son causal de disminución de la resistencia. Más adelante se volverá sobre este hecho fundamental

Si bien es cierto que en general cualquier agua es apto para el uso en el hormigón, esta debe cumplir ciertas normas químicas (sobre todo en cuanto a contenido de sales nocivas para la armadura y la reacción química de la reacción) que deben ser verificadas, pero en general se dice que el agua "potable" es apta para el uso en el hormigón.

2.3 AGREGADOS:

En general el agregado utilizado en el hormigón es el producto del desgaste, rotura artificial o natural (ríos) de rocas de orígenes diversos. También deben cumplir determinadas propiedades físicas y químicas. El tamaño de uso está restringido por el tamaño del encofrado o separación de armadura y lo ideal sería que estuviese conformado por tamaños diversos de forma tal que los tamaños menores sucesivos ocupen los vacíos dejados por los tamaños mayores y así lograr un óptimo resultado técnico económico al reducir la cantidad de volumen que deberá ocupar la pasta de cemento y agua.



Granulometría continua (no uniforme) ideal

En la práctica habitual esto se consigue mezclando dos grupos totalmente distintos:

- Agregados gruesos o "piedra" (mayores a 5mm)
- Agregados finos o "arena" (menores a 5mm)

Los "5 mm" vienen dados por la abertura de un tamiz (nro. 4) de una serie normalizada que divide los agregados en "gruesos y finos"

En nuestra zona habitualmente se consiguen los agregados gruesos en tamaños 10-30, 6-20, donde la numeración indica el intervalo del tamaño en mm. También se obtiene un agregado grueso "fino" o granza.

Desde el punto de vista de su forma los agregados pueden ser:

- Angulosos (generalmente los agregados gruesos)
- Redondeado: especialmente la arena (aunque también es común el uso del "canto rodado" como agregado grueso que mejora el movimiento de la mezcla pero disminuye la resistencia)

También existen los llamados agregados livianos, porosos y grandes absorbentes de agua, que se utilizan para la obtención de los hormigones livianos estructurales. En nuestra zona el más utilizado es la arcilla expandida por cocción o llamada comercialmente como "ripiolita" o "leca".

2.3.- AIRE

Después, que el hormigón ha sido colocado dentro de los encofrados, y a pesar de que haya sido perfectamente compactado, siempre queda en su masa cierta cantidad de aire naturalmente atrapado en ella. El volumen de aire que inevitablemente queda incorporado en el hormigón fresco es relativamente pequeño y generalmente es del orden de 1 al 2%.

En la década del '40 se desarrolló la técnica de la incorporación intencional de aire al hormigón, lo cual se logra mediante adición de un agente incorporador de aire, que permite la formación de un número muy grande de pequeñas burbujas uniformemente distribuidas en la masa del hormigón.

2.4.- ADITIVOS

Los aditivos son sustancias líquidas o pulverulentas, que se agregan al hormigón en pequeñas dosis con el fin de producir ciertos cambios en las características y propiedades del hormigón fresco y también del hormigón endurecido, de modo que lo haga más apto para facilitar la ejecución de la estructura, permita mejorar sus características mecánicas o aumentar en forma pronunciada su durabilidad frente al medio ambiente de su lugar de emplazamiento, o a las condiciones que impone su funcionamiento.

Si bien existen en el mercado una gran variedad de aditivos pueden ser agrupados en la siguiente forma:

- 1.- Fluidificantes o superfluidificantes
- 2.- Modificadores del tiempo de fraguado
- 3.- Aceleradores de resistencia
- 4.- Incorporadores intencionales de aire

2.4.1.- FLUIDIFICANTES

Los aditivos fluidificantes o plastificantes, son aquellos que permiten “licuar” el hormigón facilitando su transporte, colocación y compactación dentro de los encofrados. De acuerdo a la magnitud de su acción también existen los llamados superfluidificantes e hiperfluidificantes. Si bien el uso principal es el anteriormente comentado también, y modificando el hormigón puede ser utilizado como:

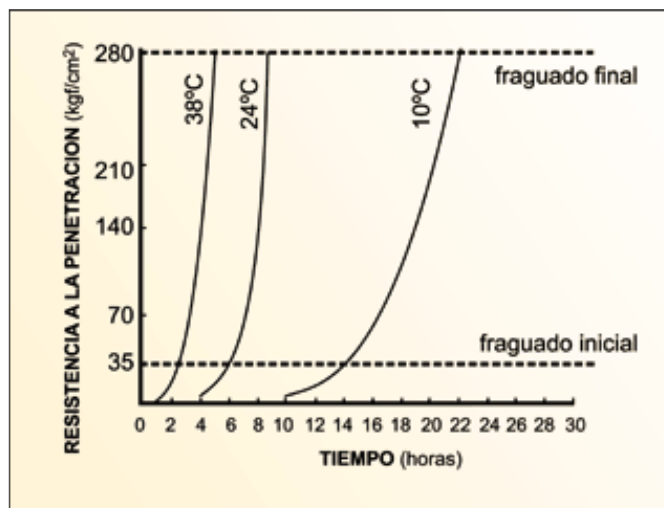
- Fluidificante
- Mejoradores de la resistencia como reductores del contenido de agua: al colocar el fluidificante el hormigón se licuaría, entonces bajando el agua (manteniendo la anterior fluidez) se reduce la razón agua/cemento y se aumenta la resistencia.
- Economizando cemento; siguiendo el camino del ítem anterior, se puede mantener la razón agua/cemento anterior bajando el agua y el cemento



HORMIGON CON FLUIDIFICANTES

2.4.3.- MODIFICADORES DEL TIEMPO DE FRAGUADO

Los aditivos modificadores del tiempo de fraguado son aquellos que aceleran o retardan (según el caso) el tiempo de fraguado, o tiempo durante el cual, el hormigón se mantiene en un estado tal, que puede ser transportado, colocado y compactado sin que se afecten las estructuras internas en formación. El más utilizado es el retardador, ya que el tiempo de fraguado se ve muy afectado por las altas temperaturas que aceleran las reacciones químicas y por lo tanto y sobre todo para grandes distancias de transporte puede ser necesario atrasarlas mediante este tipo de aditivos



Influencia de la temperatura sobre el t. de fraguado

2.4.3.- ACELERADORES DE RESISTENCIA

No confundiendo fraguado con resistencia, existen aditivos que permiten acelerar la ganancia de resistencia en aquellos caso que por necesidades operativas es necesario habilitar las estructuras más rápidamente

2.4.4.- INCORPORADORES INTENCIONALES DE AIRE

Como ya se comentó anteriormente, existe hace unas décadas una tecnología nueva, que consiste, mediante el uso de aditivos, en incorporar dentro del hormigón millones de burbujas de aire de tamaño micrométrico, que, por un lado actúan como fluidificantes, pero sobre todo, mejoran la durabilidad del hormigón endurecido, imposibilitando por efecto de impermeabilidad el ingreso de agentes agresivos a su interior.

2.5.- ADICIONES MINERALES

Las **adiciones minerales**, son agregados que se pueden incorporar directamente al hormigón o mezclado con el cemento, con el fin de modificar algunas propiedades. Pero principalmente y si son activas, son sustancias silíceas o silicoaluminosas en forma de polvo que en sí mismo no tienen actividad hidráulica, pero que si, en presencia de humedad pueden reaccionar con el hidróxido de calcio liberado durante la reacción del cemento formando compuestos resistentes (reacción puzolánica). Muchas de estas adiciones minerales activas son producto de desechos industriales (escoria del alto horno de fabricación de acero, ceniza de cascara de arroz, silica fume, ceniza volante, etc.) por lo que su uso es altamente recomendado no solo por el mejoramiento que produce en el hormigón endurecido (al reemplazar un compuesto no apto (hidróxido de calcio) por otro resistente) sino también por el sustento ecológico que significa el reemplazo de parte de cemento por material de desecho:

Reacción puzolánica



(Silicatos del cemento + agua) \rightarrow Silicatos de calcio hidratados (resistentes) + hidróxido de calcio (débil)



Hidróxido de calcio + Sílice (puzolana) + agua \rightarrow silicatos de agua hidratados (resistentes)

También existen adiciones minerales no activas, que si bien no actúan químicamente, tienen efectos dispersores que mejoran algunas propiedades.

3.- PROPIEDADES DEL HORMIGÓN:

Cuando se refiere al hormigón se piensa principal, y a veces únicamente, en que sea resistente. Si bien esto es cierto existen otras dos propiedades paralelas y tan importantes como la resistencia que el hormigón debe cumplir: Trabajabilidad y durabilidad. Es decir el hormigón debe ser:

EN ESTADO FRESCO	TRABAJABLE
EN ESTADO ENDURECIDO	RESISTENTE
	DURABLE

Más adelante se ahondará sobre el significado exacto de estas propiedades pero se puede adelantar que cualquiera de las 3 es tan importante como las restantes: De nada sirve preparar un hormigón que sea **resistente**, si por sus características, no puede ser colocado dentro de los encofrados (**trabajabilidad**) o si no va a ser capaz de mantener la resistencia durante toda la vida útil de la estructura (**durabilidad**)

Antes de referirnos a estas 3 propiedades se aclarará el significado de fresco o endurecido del hormigón: Ni bien se pone en contacto el agua con el cemento, se producen una serie de situaciones que inhiben el desarrollo de la reacción química durante un periodo en el cual el hormigón puede ser "movilizado" sin romper estructura química alguna. Después de un cierto tiempo, si comienza finalmente la reacción, y el hormigón empieza a endurecer. A este momento se lo conoce como tiempo de fraguado del hormigón y es el que distingue al mismo en estado fresco o endurecido.

3.1.- TRABAJABILIDAD

Estrictamente hablando se denomina trabajabilidad a:

"la capacidad de un hormigón de ser mezclado, transportado, colocado, compactado, sin que se produzca segregación"

En otras palabras es la energía (mecánica o humana) que hay que entregarle al hormigón para poder realizar todas las tareas recién enumeradas.

Se denomina segregación a la separación que puede producirse de los agregados en relación a la matriz, mortero o pasta, situación que sucede cuando esta última no tiene la cohesión necesaria para que los agregados (de mayor peso) se separen por acción gravitatoria o fuerzas externas.

Por otro lado, la trabajabilidad es un término relativo y no absoluto: Dependerá del uso que uno quiera darle, puede que un hormigón sea trabajable para determinado uso (por ejemplo un pavimento urbano) y no para otros (llenado de un tabique de pequeño espesor con densa armadura en su interior)



Hormigón "**trabajable**" para una base

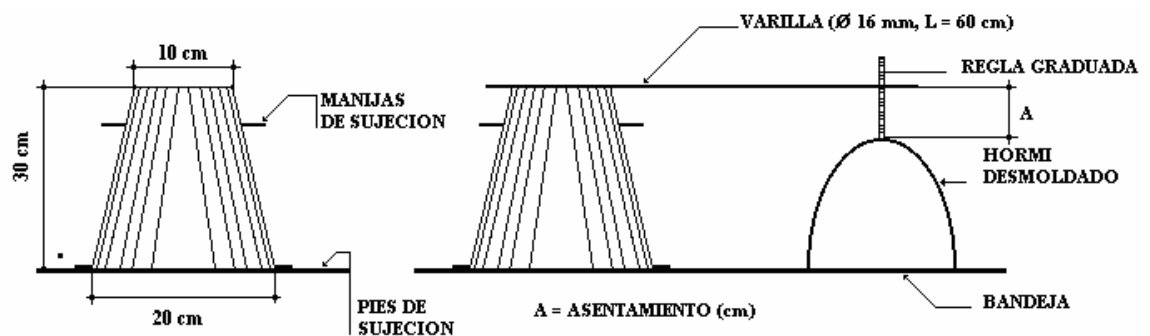


Hormigón "**trabajable**" para una losa

Medir la trabajabilidad no es tarea fácil. Sin embargo hay algunos dispositivos que permiten cuantificar una propiedad íntimamente ligada con aquella que es la consistencia del hormigón evaluada a través del ensayo del cono de abrams

3.1.1.- ENSAYO DEL CONO DE ABRAMS

Este dispositivo permite evaluar de una manera rápida y sencilla la consistencia del hormigón a través de la medición del "asentamiento" que sufre una masa plástica de hormigón fresco por su propio peso.



TRONCO DE MOLDEO

Consiste en un cilindro tronco cónico de las medidas indicadas en la figura, que se llena en 3 capas con el hormigón en estudio, compactando cada capa con el hincado de una varilla metálica 25 veces por capa. Posteriormente "se desmolda" en forma lenta tirando hacia arriba el recipiente, adoptando el hormigón una nueva posición "asentándose". La medida de ese asentamiento da una idea de la consistencia de la mezcla y en cierta manera de su trabajabilidad



Cono de Abrams



Asentamiento

La trabajabilidad, o mejor dicho la fluidez, del hormigón depende fundamentalmente del contenido de agua, y por eso hay una tendencia del "trabajador" a agregarle mas agua. Como se vera en el punto siguiente este aumento va en detrimento de la resistencia. También es posible aumentarla con el uso de aditivos fluidificantes

3.2.- RESISTENCIA:

Se define la resistencia como la capacidad del material de soportar cargas (tensiones). La resistencia de un hormigón depende de muchos factores, algunos propios de sus componentes y de las cantidades relativas de cada uno de ellos, y otros de factores externos. A continuación se hará una breve reseña de ellos

3.2.- FACTORES QUE INCIDEN SOBRE LA RESISTENCIA

3.2.1.- FACTORES INTERNOS

3.2.1.1.- RAZON AGUA/CEMENTO

En el caso del hormigón y para agregados de tipo normal, la resistencia depende de las características de la pasta y la resistencia de esta será función fundamentalmente de la razón agua/cemento. Efectivamente y como ya se comentó antes, para una determinada cantidad de cemento, la cantidad de agua necesaria para producir la reacción química es mucho menor que la que finalmente se coloca por razones de trabajabilidad. El agua que no se combina se evapora dejando vacíos que disminuyen la resistencia del "sólido". Este hecho harto conocido se lo conoce como ley de abrams que textualmente dice:

"Para un determinado conjunto cemento-agregados, y para las mismas condiciones de mezclado, curado y ensayo, la resistencia de un hormigón de consistencia plástica debidamente colado, dependerá principalmente de la razón entre la cantidad neta de agua y la cantidad de cemento contenidos en la mezcla".-

En la figura 3 se observa en un grafico resistencia vs. Razón a/c la forma de la dependencia

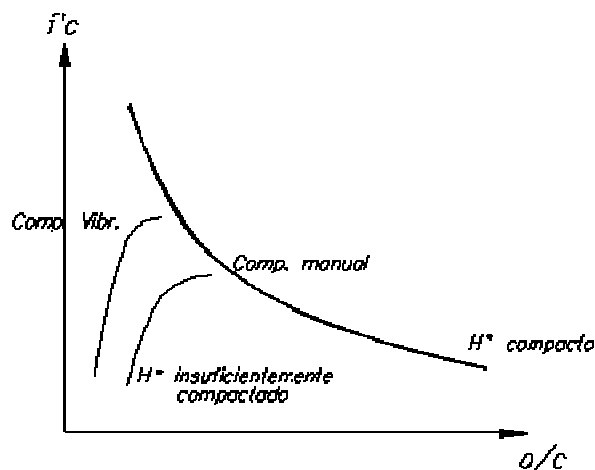


Fig 3: Variación de la resistencia con la relación a/c /B/

3.2.1.2.- OTROS FACTORES INTERNOS

También, pero en menor medida la resistencia dependerá de:

- Proporción relativa entre cementos y agregados.-
- Granulometría, textura superficial, forma y resistencia de las partículas de agregados,
- especialmente del agregado grueso.-
- Tamaño máximo del agregado grueso.-

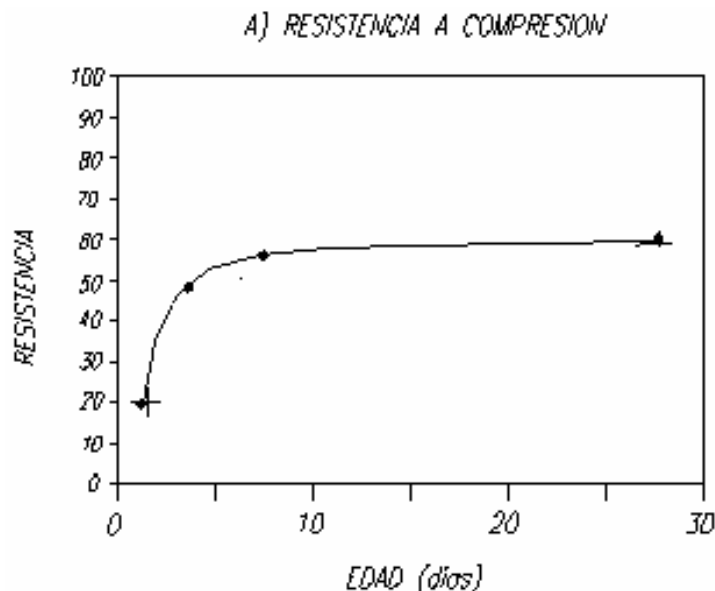
3.2.2.- FACTORES EXTERNOS

Los principales factores externos que hacen variar la resistencia merecen destacarse:

- Edad
- Curado
- Compactación

3.2.2.1- GANANCIA DE LA RESISTENCIA CON EL TIEMPO:

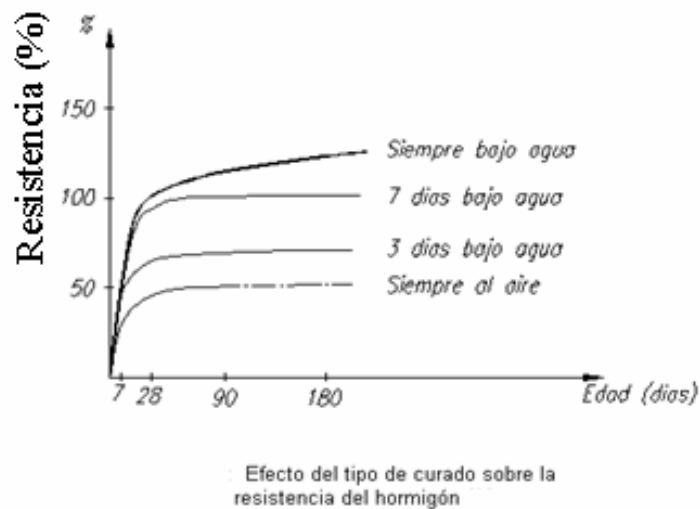
La Reacción química entre el cemento y el agua es progresiva y crece con el tiempo en forma asintótica hasta un máximo que puede llegar a un año. De todas formas y a los efectos prácticos y reglamentarios se dice que el hormigón alcanza su resistencia a los 28 días y que a los 7 días posee una resistencia entre el 60 y 70% de la de 28 días, dependiendo este porcentaje de la composición química y finura del cemento



3.2.2.2.- CURADO:

Hay una vieja creencia que para que el hormigón endurezca hay que esperar que **"seque"**. Nada mas alejado de la realidad: la ganancia de resistencia del cemento se da por una reacción "hidráulica" que necesita "agua", (y además temperatura) por lo cual si se quiere sacar el mejor provecho a la ganancia de la resistencia debe asegurarse que el hormigón permanezca con una humedad adecuada por lo menos durante los 7 días iniciales que es donde mas rápidamente se produce la reacción. A este fenómeno se lo conoce con el nombre de **"curado"** del hormigón. Entonces **CURAR** un hormigón

"es darle las condiciones adecuadas de humedad y temperatura para que se produzcan correctamente las reacciones de hidratación del cemento"



En general y salvo situaciones extremadamente frías (menos a 4°C) la temperatura no es un problema, entonces solo hay que preocuparse por mantener la humedad, y esto se puede conseguir de 2 formas:

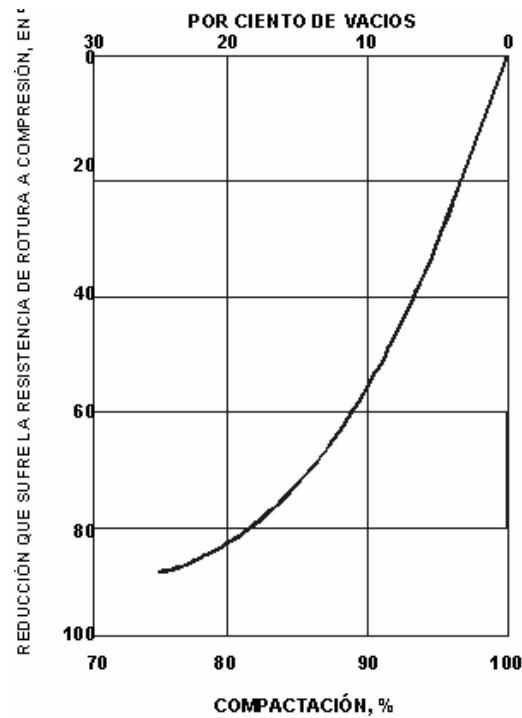
- humedeciendo artificialmente el hormigón durante el periodo mediante regados periódicos o permanentes creando embalses o cubriéndolo con arena, tierra o trapos húmedos
- Simplemente, evitando que la humedad original con la que se elaboro el hormigón se evapore, mediante membranas de curado, que son pinturas impermeabilizantes que se colocan ni bien el hormigón comenzó a fraguar.



Colocación de una membrana de curado

3.2.2.3.- COMPACTACION:

Se denomina compactación, a la eliminación forzada de la mayor cantidad posible de los vacíos que quedan dentro del hormigón fresco durante la colocación del mismo dentro de los encofrados. Si no se realiza la compactación, o se la hace en forma defectuosa, quedarán oquedades que, aparte de generar un mal aspecto de terminación, generarán importantes bajas en las resistencias requeridas.



Influencia de la compactación sobre la resistencia

Existen dos grandes formas de realizar la compactación:

- Manualmente
- Mecánicamente

A su vez, y de acuerdo a la forma puede dividirse en

- Interna (cuando se compacta desde el interior el hormigón (varilleo, vibradores mecánicos, etc.)
- Externa (cuando se compacta el contenedor del hormigón (golpeo de encofrados, vibración de los mismos, etc.



Regla vibradora



vibrador de aguja

3.2.3.- ENSAYO DE RESISTENCIA:

En el hormigón la resistencia se evalúa ensayando a compresión una probeta cilíndrica de 15 cm de diámetro x 30 de alto, que se la somete a una carga axial hasta la rotura. Dividiendo esta carga sobre el área se obtiene la resistencia a compresión.



Ensayo de una probeta de hormigón

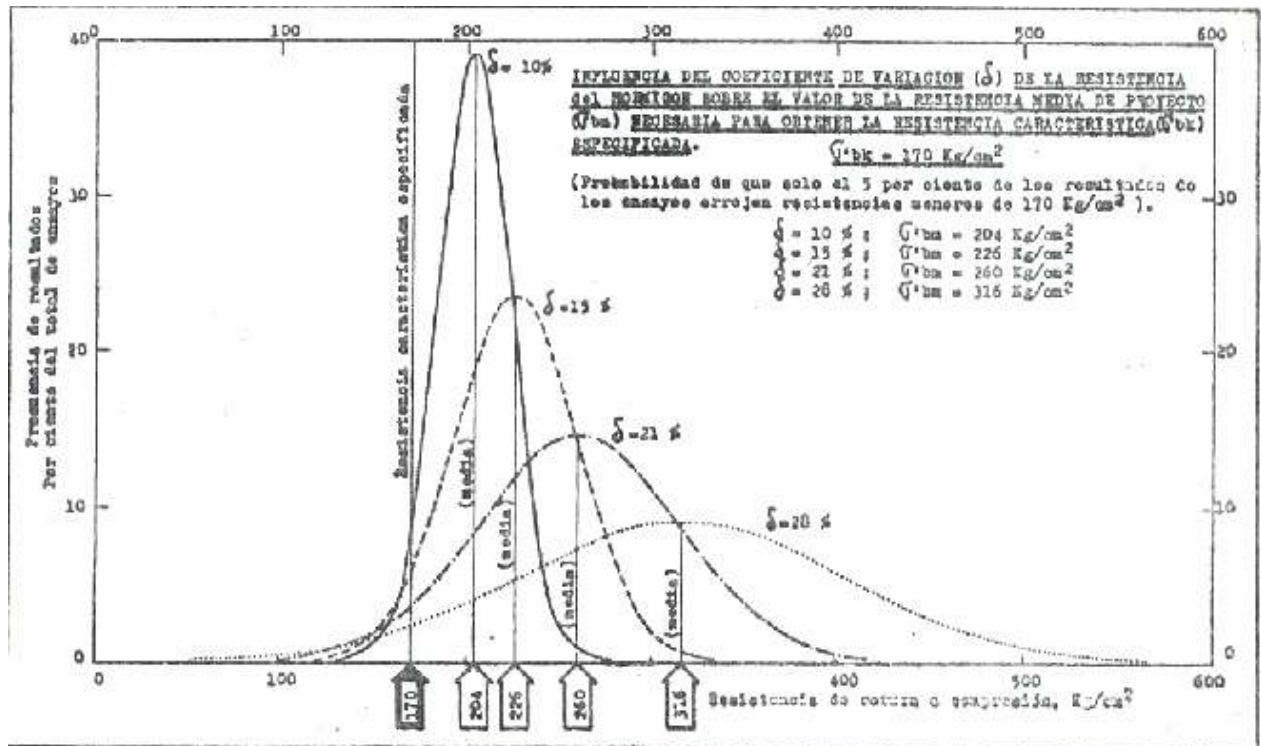
Las probetas habían sido realizadas cuando el hormigón estaba en estado fresco, llenando un molde metálico o de plástico con la muestra en estudio, llenándolo en 3 capas de igual altura punzonando cada capa con 25 hincadas de una varilla metálica. Al día siguiente se la desmolda y se coloca en cámara húmeda para proseguir con el correspondiente curado y finalmente a la edad de 28 días y previo un encabezado se la somete al ensayo de compresión



Moldeo de una probeta de hormigón

C3.2.4.- RESISTENCIA CARACTERÍSTICA:

A lo largo de una obra, y de la manera recién descripta, se van obteniendo probetas del hormigón con el fin de evaluar la resistencia del mismo. Pero debido a la heterogeneidad del hormigón, se observa que probablemente todos los valores diferían entre ellos (cuando, en principio se trataba de un "único" material), siendo mayor la desviación cuanto peor sean las condiciones de elaboración o control sobre la ejecución del hormigón. Si hubiera que calificar esta diversidad de resultados, en un principio, parecería normal optar por el promedio de todos los valores. Si bien matemáticamente este razonamiento parece lógico desde el punto de vista de la seguridad estructural, obrar así sería "peligroso": La seguridad de nuestra obra o estructura quedaría librada no al promedio de la resistencia sino a su variabilidad. Entonces nace y se prefiere utilizar el concepto de "Resistencia característica" que involucra un concepto de probabilidad de falla y deja de lado las incertidumbres de resistencia promedio y variabilidad de control: Independientemente de la resistencia media, la resistencia característica es aquella que es superada por un 95% de los valores de todo el hormigón de nuestra obra. En la figura siguiente se observa lo que se llama una curva de distribución de resistencias de un hormigón. La curva tiene una forma acampanada con un centro en el promedio y un achatamiento que dependerá de la desviación de los resultados (o condiciones de control en la elaboración). A medida que aumenta la dispersión, mas acampanada se hace la curva, aumenta la resistencia promedio pero para todos los hormigones la resistencia característica es la misma y la capacidad estructural queda asegurada independientemente de las condiciones de elaboración del hormigón



3.3.- DURABILIDAD

La durabilidad del cemento Pórtland se define como su resistencia a la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión o cualquier otro proceso de deterioración

Se puede decir en general, que el hormigón de por sí es un material durable, siempre y cuando, se conserven ciertas reglas fundamentales durante la ejecución como usar materiales adecuados, elaboración y colocación controladas y un curado adecuado.

De acuerdo a su forma y origen la topología del ataque se puede dividir en dos grupos

Ataques Físicos:

- Congelación y deshielo
- Mojado y secado
- Cambio de temperatura
- Desgaste y abrasión

Ataques Químicos:

- Ataque por sulfatos
- Ataque por Ácidos
- Alcali – Agregados
- Corrosión de metales

El parámetro agua/cemento tiene la mayor influencia sobre la durabilidad, ya que al decrecer la razón agua/cemento disminuye la porosidad de la pasta y el hormigón es más impermeable. Esta juega un rol importante en el ingreso de soluciones agresivas químicas y el movimiento del agua en el congelado, además bajas razones agua/cemento aumentan la resistencia a las fisuras y generan menor contracción.

Referirse a cada uno de los ataques escapa a los alcances de esta breve reseña y si bien deben tenerse presente que la mayoría no son habituales en estas zonas, debe tenerse especial cuidado con la corrosión de armadura que consiste en un proceso de oxidación del hierro producto de un escaso y mal recubrimiento. Efectivamente, el cemento además de las propiedades resistentes provee un medio que pasiva cualquier intento de oxidación, siempre y cuando la pasta sea impermeable y de un espesor adecuado. En caso de producirse la oxidación de la armadura, además de una disminución de su sección útil, los nuevos compuestos se expanden y terminan afectando al hormigón mismo rompiéndolo



3.3.- DOSIFICACION:

Se llama **dosificar** un hormigón, establecer las cantidades relativas de cada uno de los materiales para que sea **trabajable, resistente y durable, al menor costo posible**.

En obras y elementos de poca envergadura, la dosificación queda en mano de los operarios, que hacen uso del conocido **1:3:3** que significa 3 partes de arena, y 3 de piedra por cada parte de cemento, todo en volumen, habitualmente en baldes, quedando la cantidad de agua supeditada "al ojo" del operario en función de la "trabajabilidad" buscada. Teniendo en cuenta lo comentado en puntos anteriores, esta forma de dosificar va en total contraposición con la necesidad de regular, sobretudo, la razón agua/cemento en función de la resistencia y durabilidad. Además la medición en volumen también resulta defectuosa por la gran diferencia que existirá en los distintos pastones preparados, en función al "llenado" que los ayudantes hagan de cada balde. Por lo tanto, y de acuerdo a lo anterior, esta forma de dosificación solo debe ser utilizada en elementos estructurales no comprometidos.

Métodos de dosificación mas sofisticados exceden el alcance de este apunte, pero como norma general se puede establecer los siguientes criterios

Cantidad de **Agua** en función de la trabajabilidad buscada (dependiendo del uso o no de aditivos fluidificantes)

Establecer razones **agua/cemento** para que el hormigón alcance la resistencia y durabilidad requerida

Cantidad de **cemento** como: agua/razón agua cemento

Cantidad y relación de **agregados finos y gruesos** para alcanzar un hormigón de aspecto normal (ni pedregoso) ni arenoso, tratando que los vacíos dejados por estos (y a llenar por la pasta) sean los menos posibles para cumplir con la premisa "**al menor costo posible**"