

Correcciones por humedad de los agregados en mezclas de concreto

Ing. Jesús Humberto Arango T

1. Mezclas dosificadas por peso de sus componentes

La determinación de la humedad de los agregados en obra no es posible hacerla de manera precisa habida cuenta de que los agregados se almacenan a la intemperie en cantidades muy grandes y las muestras tomadas no suelen ser suficientemente representativas dado que la humedad en los arrumes de agregados está cambiando continuamente con el secamiento y drenaje del agua lluvia.

En cambio, en el laboratorio, los diseños de mezclas se hacen con las humedades exactas de los agregados garantizando que cuando se aplica correctamente la dosificación de los componentes de la mezcla se obtendrá la resistencia y el asentamiento (“slump”) especificados.

La toma de muestra en la obra para la determinación de la humedad de los agregados, se debe componer de 4 ó 5 porciones tomadas al azar alrededor y en la parte media del arrume del agregado a una profundidad de 30-50 cm., en su sitio de almacenamiento, buscando que sean lo más representativo posible del agregado que va a empezar a consumirse, las cuales se mezclan y cuartean para bajar el tamaño de la muestra a ensayar.

En la “*Guía para la preparación de mezclas*” de Ingeconcreto se indica cómo se debe proceder para mantener la humedad de los agregados lo más constante posible; lo cual consiste en almacenar los agregados en “chiqueros”(espacio delimitado en obra) con alguna pendiente de tal manera que se produzca un drenaje natural que escurra el agua, tapar la arena con plástico negro y rociar el “triturado”(agregado grueso) con agua para mantenerlo húmedo superficialmente para evitar que el agua de mezclado sea succionada por el triturado

De esta manera los ajustes al agua de mezcla por humedad de los agregados se hace al principio de la producción y luego dicho ajuste se mantiene aproximadamente constante.

El agregado grueso drena muy rápidamente y se seca fácilmente y en general tiende a absorber parte del agua de mezclado; como es el componente que se dosifica en mayor cantidad, su aporte al agua de mezclado puede llegar a ser muy alto y en consecuencia una medición imprecisa de la humedad de este componente puede generar errores grandes en el manejo del agua de mezclado y a veces se vuelve incontrolable.

Es conocido ampliamente y es una práctica extendida el mantener húmedo el agregado grueso mediante rociadores y de esta manera su humedad se mantendrá aproximadamente constante con valores que oscilan entre el 0 y el 1% , siempre y cuando se garantice un drenaje adecuado del agua de humectación..

La dosificación de mezclas de concreto está especificada en el Capítulo C.5.2 de la Norma Sismo Resistente NSR-10, y recomienda seguir el método ACI 211.1 (*Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*).

En dicho método se establece que las dosificaciones de las mezclas se expresan con cantidades en peso de **materiales secos** por m³ de concreto, y no en condición saturados y superficialmente secos; y que la cantidad de agregado grueso de la dosificación se determina con base en su masa unitaria seca y compactada para facilitar también las correcciones de humedad cuando se preparan las mezclas.

La producción de concreto en obra puede hacerse intentando controlar la relación A/C, la cual no será exacta dado que la humedad de los agregados utilizada para determinar el contenido de agua de la mezcla no es precisa (según se acaba de explicar) y además lo que se genera es una mezcla con asentamientos muy variables y también con resistencias variables como resultado de la imprecisión en la determinación de la humedad de los agregados.

Por lo anterior, es mejor (se genera menos variabilidad) controlar la producción de concreto con el asentamiento (“slump”) y no con el control de la relación A/C, ya que la cantidad de agua requerida en una mezcla depende básicamente del tamaño máximo del agregado y del asentamiento (“slump”) de la mezcla; como el tamaño máximo no cambia, es claro que la cantidad de agua de una mezcla determinada depende del asentamiento (“slump”) de la mezcla, el cual es relativamente fácil de controlar en obra.

La metodología “Six Sigma” utilizada para el control de calidad del concreto incluye un control sistemático del asentamiento (“slump”) de la mezcla tomando muestras cada 20 minutos de producción y dejando un registro escrito a fin de mantener este parámetro con baja variabilidad.

De acuerdo con lo anterior, se establece lo siguiente para dosificar los agregados y el agua:

La cantidad de agregados húmedos a adicionar en las mezclas de concreto se determina con la expresión $P_h = (1+W) P_s$, en donde:

P_h = Peso del Agregado húmedo

P_s = Peso del Agregado seco

W = % de humedad del agregado dividida por 100

La cantidad de agua a adicionar en las mezclas de concreto es la que lleva al asentamiento (“slump”) de diseño y no la que se calcula teniendo en cuenta la humedad y las absorciones de los agregados.

La cantidad real de agua utilizada para efectos de determinar la relación A/C de la mezcla, es la realmente adicionada corrigiéndola con la aportada por los agregados húmedos:

Agua real = Agua adicionada + $P_{sf}(W_f - A_f) + P_{sg}(W_g - A_g)$, en donde:

P_{sf} = Peso de la arena seca

P_{sg} = Peso de la grava seca

W_f = % de Humedad de la arena dividida por 100

W_g = % de Humedad de la grava dividida por 100

A_f = % de Absorción de la arena dividida por 100

A_g = % de Absorción de la grava dividida por 100

2. Mezclas dosificadas por volumen suelto de sus componentes

Este procedimiento es popularmente utilizado en obras pequeñas por su practicidad y sólo usa un recipiente de medida que normalmente es un “tarro” o un “balde”; una dosificación con este método se establece en **proporciones por volúmen suelto** de los componentes; por ejemplo:

Mezcla 1:2:3

La mezcla se prepara con **1** tarro de cemento + **2** tarros de arena + **3** tarros de piedra+ una cantidad de agua que produzca una mezcla plástica.

Mezcla 1:2:2

La mezcla se prepara con **1** tarro de cemento + **2** tarros de arena + **2** tarros de piedra+ una cantidad de agua que produzca una mezcla plástica.

También es usual suponer que 1 bulto de cemento de 50Kg equivale a 2 tarros de cemento; es decir, que con el bulto de cemento se llena un volumen de 2 tarros y la dosificación **1 : 2 : 3** se expresa: 1bulto de 50Kg : 4 tarros de arena : 6 tarros de piedra.

Algunos constructores han introducido “mejoras” a este popular método consistentes en medir también la cantidad de agua a adicionar a la mezcla (es usual que se utilice un tarro de agua de 25 litros) por bulto de cemento de 50Kg, y haciendo también correctivos de humedad cuando los agregados se encuentran húmedos (de una

manera similar a los correctivos de humedad ya explicados en las mezclas dosificadas por peso).

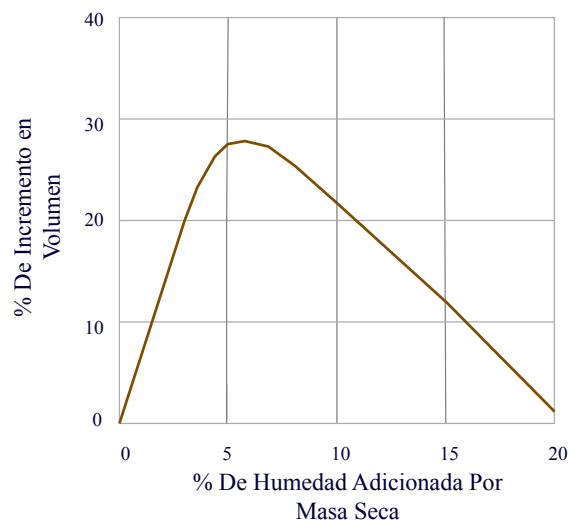
A pesar de lo anterior, las mezclas dosificadas por volumen son muy variables en sus contenidos reales de cemento y en la resistencia que pueden alcanzar dependiendo en gran parte de la humedad que tengan los agregados en el momento de preparar la mezcla. Esto se debe a que la arena húmeda ocupa volúmenes diferentes dependiendo de su contenido de humedad, fenómeno que se conoce como “hinchamiento” o “abultamiento” de la arena.

Para mejorar este procedimiento y reducir su variabilidad se debe hacer un correctivo por humedad a la cantidad de arena que se adiciona y que tenga en cuenta el fenómeno mencionado del “hinchamiento” de la arena.

Para poderlo hacer es necesario que se determine previamente la curva de “hinchamiento” de la arena que se vaya a utilizar.

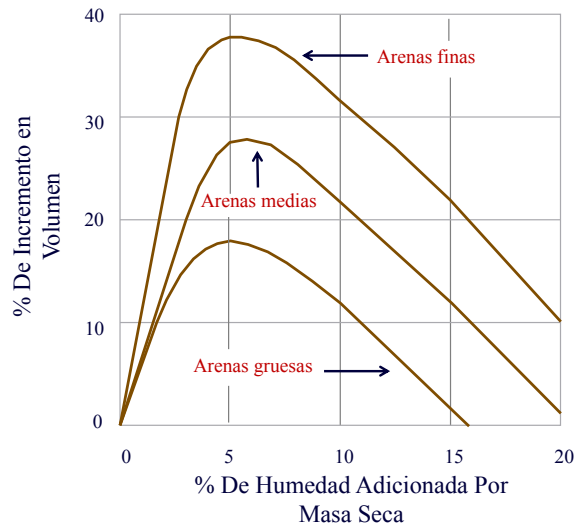
En la figura siguiente se puede apreciar dicha curva, en donde se relaciona la humedad de la arena con el incremento de volumen suelto (“hinchamiento”) que sufre la arena por la humedad; se observa como el incremento de volumen suelto de la arena va aumentando con el incremento de humedad y que se llega a un valor máximo que luego disminuye al seguir incrementando la humedad hasta que ese incremento llega a ser mínimo con valores más altos de humedad de la arena.

“HINCHAMIENTO” DE LA ARENA POR HUMEDAD



El “Hinchamiento de la arena es mayor en las arenas más finas, según se puede apreciar en la siguiente figura:

“HINCHAMIENTO” DE LA ARENA POR HUMEDAD



El correctivo de las proporciones por volumen de la arena por humedad sería:

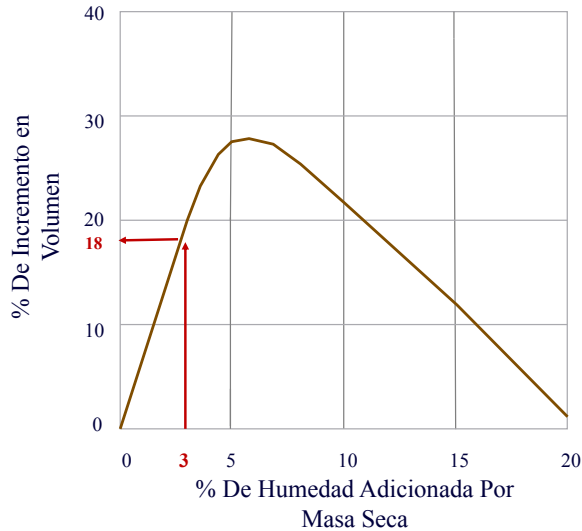
Proporciones de la mezcla por volumen suelto con arena seca: $1 : V_f : V_g$

Proporciones de la mezcla por volumen suelto con arena húmeda: $1 : (1+c)V_f : V_g$

Donde **c** es el factor de corrección del volumen por humedad de la arena tomado de la curva de hinchamiento de la arena dividido por 100; **V_f** y **V_g** son las proporciones por volumen de arena y piedra respectivamente.

Por ejemplo, si se tuvieran unas proporciones de la mezcla por volumen suelto con arena seca de $1 : 2 : 3$; una humedad de la arena del 3% y una curva de “hinchamiento” de la arena como se indica en la figura siguiente:

“HINCHAMIENTO” DE LA ARENA POR HUMEDAD



El valor de **c** tomado de la gráfica sería **c = 18%** el cual corresponde a una humedad del **3%** y por tanto, las proporciones de la mezcla por volumen con la arena húmeda serían: **1: (1+0.18)x2 : 3** ; lo cual daría: **1: 2,36 : 3**

Lo anterior quiere decir que si se tiene una arena con una humedad del **3%**, las proporciones por volumen suelto con esta arena húmeda ya no serían 1 : 2 : 3 (proporciones con materiales secos) sino **1: 2,36 : 3** (proporciones con materiales húmedos); o sea que la mezcla debe hacerse mezclando: 1 tarro de cemento por 2,36 tarros de arena y 3 tarros de piedra.