

## *Capítulo VI*

# **TRABAJABILIDAD**

### **6.1 Introducción.**

La trabajabilidad del concreto, puede definirse como la propiedad que determina el esfuerzo requerido para manipular una cantidad de mezcla de concreto fresco. En esta definición el término significa incluir todos los funcionamientos involucrados para manejabilidad del concreto fresco, llamándolos: transportación, colocación, compactación y también, en algunos casos, terminación. En otras palabras, la trabajabilidad es esa propiedad que hace al concreto fresco fácil de manejar y contraer, sin un riesgo apreciable de segregación.

Puede comprenderse que la trabajabilidad es una propiedad compuesta y como tal, no puede ser determinada cuantitativamente por un solo parámetro. Métodos comunes de prueba (depresión, aparato Vebe) nos determinan la consistencia o la compactabilidad del concreto fresco.

La trabajabilidad es esencialmente determinada por la consistencia y cohesividad del concreto fresco. Para dar al concreto fresco la trabajabilidad deseada, su consistencia y cohesividad debe de ser controlada. La coherencia es lograda por la selección apropiada de las proporciones del mezclado que usan uno de los procedimientos disponibles de diseño de mezclas. En otras palabras, cuando la coherencia se logra, la trabajabilidad se obtiene controlando la consistencia de la mezcla. Se supone que la mezcla endurecida es menos trabajable que una más fluida, y viceversa. Sin embargo, esto no siempre es verdad, porque una mezcla muy húmeda puede exhibir una marcada tendencia a segregar, y como consiguiente, una trabajabilidad pobre.

### **6.2 Factores que Afectan la Demanda de Agua.**

#### **6.2.1 Propiedades de los Agregados.**

La consistencia del concreto fresco es controlada por la cantidad de agua que se agrega a la mezcla. La demanda de agua o la cantidad de agua que se requiere para producir una consistencia dada depende de muchos factores, como el tamaño del agregado, su graduación, la textura de su superficie y angulosidad, así como el contenido de cemento y su finura, y en lo posible la presencia de aditivos.

El agua moja la superficie de los sólidos, separa partículas es por eso que actúa como lubricante. A mayor área de la superficie de las partículas, es mayor la cantidad de agua que se requiere para la consistencia deseada, y viceversa. Igualmente, cuando una gran cantidad de agua se usa en el mezclado, la separación entre las partículas sólidas aumenta la fricción es por eso que se reduce, y la mezcla se vuelve más fluida. Lo opuesto ocurre cuando una cantidad más pequeña de agua es usada, la fricción aumenta y la mezcla endurece. Debe comprenderse, que cuantitativamente la relación entre la consistencia y la cantidad de agua en la mezcla no es lineal, sino de una naturaleza exponencial.

Generalmente pueden expresarse matemáticamente por la expresión siguiente:

$$y = CW^n$$

Donde "y" es el valor de consistencia; "W" es el contenido de agua del concreto fresco; C es una constante que depende de la composición de la mezcla, y de un método para determinar la consistencia; "n" es una constante que depende otra vez del método para determinar la consistencia pero no de la composición del concreto. Una representación gráfica de esta ecuación la podemos observar en la Fig. 6.1, donde:  $n = 10$ . En la Fig. 6.1, el revenimiento de las mezclas húmedas es mas sensible a cambios en la cantidad de agua mezclada que al revenimiento de mezclas endurecidas. En otras palabras, un cambio dado en la cantidad de agua en la mezcla ( $\Delta W_1 = \Delta W_2$ ), causa un cambio mayor en el revenimiento de las mezclas más húmedas que en el revenimiento de las mezclas más duras ( $\Delta S_1 > \Delta S_2$ ).

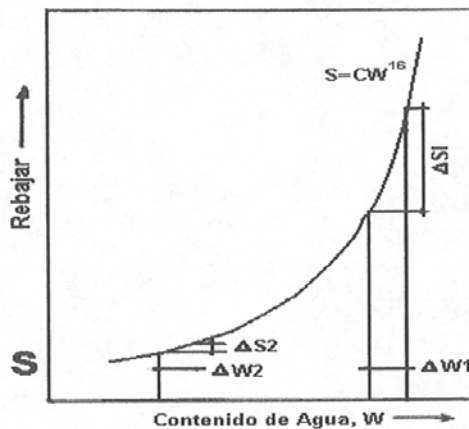


Fig. 6.1. Representación esquemática de la relación entre el revenimiento y la cantidad de agua mezclada.

### 6.2.2. Temperatura

Se sabe que bajo condiciones de climas calientes se requiere más agua para que una mezcla dada tenga el mismo revenimiento y la misma consistencia. Esto se demuestra, en la Fig. 6.2 y 6.3 y puede verse en la (Fig. 6.2) que bajo condiciones consideradas, una disminución aproximadamente de 25 mm en el revenimiento fue provocada por 10°C de aumento en la temperatura del concreto. Alternativamente, se indica en la Fig. 6.3 que los aumentos en la demanda de agua, de 6-5 kg/m<sup>3</sup> para un levantamiento de 10°C en la temperatura del concreto.

El efecto de la temperatura en la demanda de agua viene principalmente de efectos en la proporción de hidratación del cemento, y posiblemente también en la proporción de evaporación del agua.

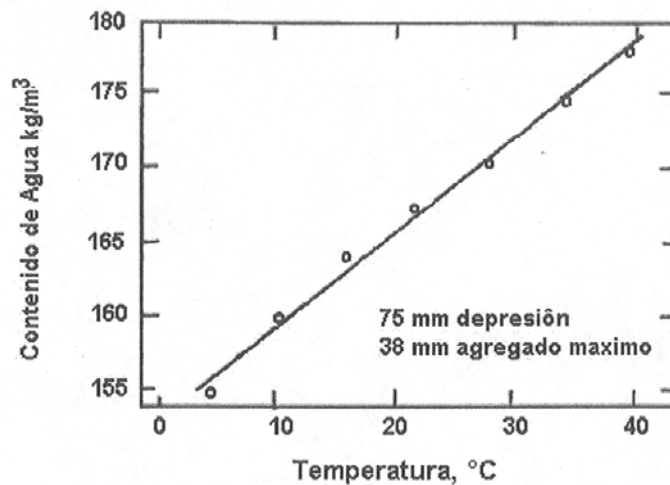


Fig. 6.3. Efecto de la temperatura del concreto en la cantidad de agua requerida para producir 75 mm de revenimiento en un concreto normal.

Los datos del revenimiento de las figuras 6.2 y 6.3 se refieren al revenimiento inicial, el revenimiento es determinado lo más pronto posible después del mezclado. No obstante, pasa el tiempo entre el momento en que el agua se agrega a la mezcla y el momento en el que el revenimiento es determinado.

El cemento se hidrata, y durante este periodo un poco de agua se evapora. Por consiguiente, la mezcla endurece un poco y su revenimiento disminuye. Como los beneficios de hidratación y evaporación incrementan con la temperatura, el endurecimiento asociado se acelera, y la pérdida de revenimiento aumenta. Si se requiere un cierto revenimiento inicial, una mezcla más húmeda debe prepararse para permitir la pérdida de revenimiento mayor que tiene lugar cuando el concreto se prepara bajo temperaturas más altas. Bajo estas condiciones una cantidad mayor de agua es adherida a la mezcla. Este aspecto importante de pérdida del revenimiento se discute después haciendo referencia al papel de la temperatura.

### ***6.3. Factores que Afectan la Perdida del Revenimiento.***

#### ***6.3.1. Temperatura.***

La mezcla de concreto fresco endurece con el tiempo y este endurecimiento se refleja con un revenimiento bajo. A este fenómeno se le llama pérdida del revenimiento. Como ya se mencionó, la reducción en el revenimiento es provocado principalmente por la hidratación del cemento. La evaporación del agua mezclada, y la posible absorción de agua por los agregados, puede constituir una razón adicional que contribuye a la pérdida del revenimiento. La formación de los productos de la hidratación quita un poco de agua libre desde la mezcla fresca, en parte debido a las reacciones de hidratación (el 23% del cemento hidratado por peso), y en parte debido a la absorción física en la superficie de los productos de hidratación resultantes (el 15% del cemento hidratado por peso). De nuevo, más agua puede ser perdida por la evaporación, y la disminución resultante en la cantidad de agua libre reduce su efecto lubricante. La fricción entre el cemento y las partículas de los agregados se aumenta, y la mezcla se vuelve menos fluida, la pérdida del revenimiento tiene lugar.

Una vez que la pérdida del revenimiento se atribuye a la hidratación del cemento y a la evaporación del agua mezclada, se espera que las altas temperaturas del concreto aceleren la proporción en la pérdida del revenimiento. Puede verse en la Fig. 6.4, que la proporción de la pérdida del revenimiento depende de la temperatura, solamente en las mezclas más húmedas (revenimiento inicial 180-190 mm) considerando que en las mezclas más duras el (revenimiento inicial es de 90 mm) la proporción permanecerá igual e independiente a la temperatura. Esencialmente la misma conducta es indicada por los datos de la Fig. 6.5, la proporción de la pérdida del revenimiento en las mezclas más húmedas (revenimiento inicial 205 mm) era mayor a los 32°C que a los 22°C, considerando que la proporción en las mezclas más duras (revenimiento inicial 115-140 mm) permanece virtualmente el mismo, las curvas de pérdida del revenimiento permanecen más paralelas.

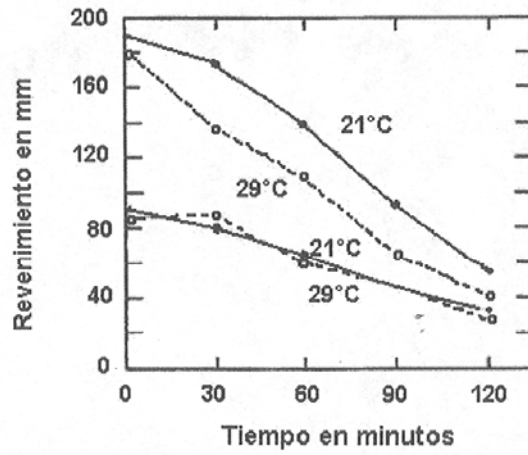


Fig.6.4. Efecto de la temperatura y del revenimiento inicial en la perdida del revenimiento del concreto.

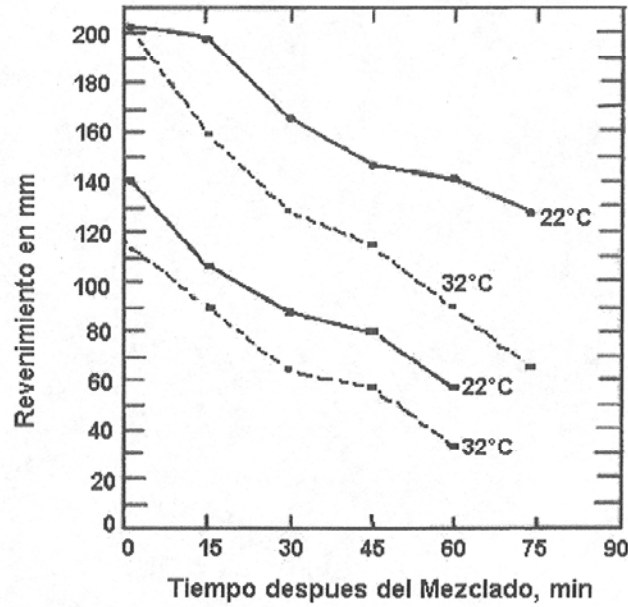


Fig. 6.5. Efecto de la temperatura en la pérdida del revenimiento.



La diferencia en la pérdida del revenimiento de mezclas húmedas y endurecidas es atribuible en parte al hecho de la consistencia de mezclas más duras que son menos sensibles a los cambios en la cantidad de agua mezclada, que al de las mezclas más húmedas (Fig. 6.1). Puede concluirse, que el posible efecto adverso de las altas temperaturas puede evitarse en su consistencia, o por lo menos reducirse, por el uso de mezclas caracterizadas por un revenimiento moderado, o por un revenimiento alrededor de 100mm, sin embargo, la pérdida del revenimiento de las mezclas húmedas y secas deben de depender de la temperatura, porque esta pérdida es provocada por la hidratación del cemento y la evaporación del agua mezclada que, a su vez, esta a cargo de la temperatura. La pérdida del revenimiento del concreto se acelera con la temperatura, y este efecto toma lugar necesariamente en las mezclas más húmedas. De hecho la aceleración, efecto de la temperatura en la proporción de la pérdida del revenimiento constituye uno de los principales problemas del concreto bajo condiciones de climas calientes.

### **6.3.2 Aditivos Químicos.**

#### **6.3.2.1 Clasificación.**

Hay diferentes tipos de aditivos químicos. La ASTM C-494 por ejemplo, reconoce cinco tipos: aditivos reductores de agua (tipo A), aditivos retardantes (tipo B), aditivos aceleradores (tipo C), aditivos reductores de agua y retardantes (tipo D), aditivos reductores de agua y acelerantes (tipo E). Estos tipos de aditivos a veces son colectivamente llamados Aditivos convencionales. Otros tipos incluyen los aditivos inclusores de aire (ASTM C 260) y aditivos reductores de agua de alto rango (ASTM C 1017), normalmente conocidos como superplastificantes. La ASTM C 1017 cubre dos tipos de superplastificantes que son llamados plastificantes (tipo I), y plastificantes y aditivos retardantes (tipo II). Los aditivos químicos son producidos comercialmente y, aunque obedecen las mismas normas pertinentes, pueden diferir considerablemente en su composición y los efectos específicos de las propiedades del concreto.

#### **6.3.2.2 Aditivos Reductores de Agua.**

Los aditivos reductores de agua son, por definición aditivos que reducen la cantidad de agua en la mezcla requerida para producir concreto de una consistencia dada, (ASTM C 494). Generalmente dependiendo del volumen de cemento, tipo de agregado, etc., y, por supuesto, el aditivo específico involucrado, el reductor de agua real varía entre el 5 y el 15%.

Una reducción mayor en el contenido de agua no puede lograrse dosificando dos o tres veces, porque dicha dosificación puede producir una excesiva inducción de aire y una tendencia mayor a la segregación y a veces también al fraguado. Los aditivos reductores de agua de alto rango (superplastificantes) son comparativamente una nueva forma de aditivos reductores de agua, que pueden reducir hasta un 25% el agua de mezclado, sin afectar las propiedades adversamente del concreto fresco y endurecido. El efecto acelerado de la temperatura en la pérdida del revenimiento puede ser superado usando bajo condiciones de climas calientes, una mezcla más húmeda que normalmente requiere bajas temperaturas moderadoras que aumenta la cantidad de agua en la mezcla es la manera más obvia de conseguir semejante mezcla.

Sin embargo, semejante aumento de agua en la mezcla no es deseable y, en todo caso, sólo depende de una cierta cantidad que exceda resultados en una mezcla con una tendencia alta a la segregación. Por consiguiente, aumentando la cantidad de agua en la mezcla sólo pueden ser soluciones prácticas bajo las condiciones moderadas mientras que bajo condiciones más severas otros medios deben ser considerados, como el uso de aditivos reductores de agua. Debe comprenderse, que el uso de aditivos a veces aumenta una proporción de la pérdida del revenimiento.

### **6.3.2.3 Aditivos Retardantes.**

Un Aditivo retardante, es un aditivo que retarda el fraguado del concreto (ASTM C 494). De acuerdo con la reducción del agua y retardo de la mezcla, se combinan los efectos de reducir agua y retardar a ésta y como el fraguado se retrasa permite una reducción en la cantidad de agua en la mezcla. Como ya se ha mencionado, los aditivos tipo D y 2, de acuerdo con la ASTM C 494 y C 1017 respectivamente, son preferibles para concretos en climas calurosos. Un aditivo retardante reduce la velocidad de hidratación del cemento y por consiguiente el retraso en el fraguado. Debido a la proporción lenta de hidratación, una cantidad menor de agua, es combinada con el cemento en un momento dado. Por consiguiente, la pérdida del revenimiento correspondiente. En otras palabras, el uso de aditivos retardantes reduciría la proporción de pérdida del revenimiento, y por consiguiente puede ser útil en el efecto de aceleración de la temperatura que se pueda presentar. Este efecto no ha sido confirmado con pruebas de laboratorio para condiciones de transporte del concreto (concreto premezclado), fue considerado cuando el concreto ha sido agitado desde el momento de mezclado hasta el momento de entrega.

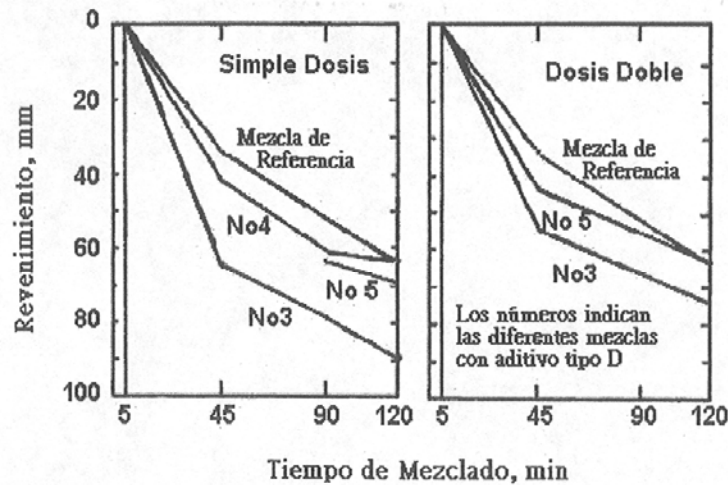


Fig. 6.6. Efecto de reducción de agua y aditivos retardantes en la pérdida del revenimiento. Aditivos tipo D, revenimiento inicial es de 95 a 115mm, temperatura 30°C.

El efecto de un aditivo tipo D en la pérdida del revenimiento en el concreto sujeto a 30°C se muestra en la Fig. 6.6. Es evidente que la presencia de los aditivos, dependiendo de su tipo específico y dosificación; La pérdida del revenimiento aumenta en lugar de disminuir. Esta observación ha sido confirmada por muchos otros dando lugar a la pregunta, puede o no este tipo de aditivo recomendarse para el uso en condiciones de climas calientes.

El incremento en la pérdida del revenimiento se observó cuando se usaron aditivos con menos agua, esto implica que los aditivos en cuestión realmente aceleraron el ritmo de hidratación. Puede ser el caso al utilizar aditivos tipo A, ASTM C 494 permite que el tiempo de fraguado del concreto que contiene este tipo de aditivo este 1 hora antes que el tiempo de fraguado de la mezcla de control. Es decir, en este caso el aditivo actúa como un acelerador, es por eso que causa un endurecimiento más rápido y una proporción más alta en la pérdida del revenimiento. Sin embargo, el aumento en la pérdida del revenimiento observado cuando se uso un aditivo tipo D, garantiza la explicación de porque estos tipos de aditivos retardan el fraguado cuando son examinados de acuerdo con la ASTM C 494. Los comportamientos aparentemente contradictorios pueden atribuirse a la diferencia en las condiciones de la prueba involucrada, es decir, se observo el incremento en la pérdida del revenimiento durante la colocación de un concreto, que de una manera o de otra, agitado continuamente o ya sea periódicamente, el tiempo de fraguado es determinado en un concreto que permanece tranquilo (ASTM C 403).



Se han adelantado varias teorías para explicar el mecanismo de retraso. La teoría de absorción sugiere que la mezcla absorbe en las superficies de los granos de cemento deshidratados, y por eso se impide al agua reaccionar con el cemento. Otra teoría, la teoría de precipitación, sugiere que el retraso es causado por la formación de una capa insoluble de sales de calcio que retardan los productos de hidratación. Cuando un concreto está agitado, y particularmente si la agitación toma lugar continuamente y por largos periodos, el mecanismo retardador no opera y se espera que bajo estas condiciones un aditivo tipo D procederá a ser semejantemente al tipo A.

En la práctica, cuando un largo periodo está envuelto, no hay una gran ventaja al usar un aditivo tipo D, y con este fin se usa el tipo A producto de pruebas esencialmente de efectos iguales. Éste no puede ser el caso en un concreto no vibrado donde el efecto retardante del aditivo tipo D es deseable porque el fraguado se retarda y ayuda a prevenir las juntas frías, etc. Se verá después que aunque el uso de reductores de agua (tipo A) o reductores de agua y retardantes (tipo D) en muchos casos se asocian con una proporción más alta en la pérdida del revenimiento, el uso de tales aditivos es beneficioso si se utilizan para aumentar el revenimiento inicial de la mezcla, y no necesariamente para reducir la cantidad de agua en la mezcla. Cuando los periodos de retardo son cortos, aumenta el revenimiento inicial del concreto y puede proporcionar la respuesta a la pérdida del revenimiento aumentado debido a la temperatura.

#### **6.3.2.4 Superplastificantes.**

Se menciono antes que el uso de superplastificantes afecta la consistencia de la mezcla de concreto a una magnitud mucho mayor que el uso de reductores de agua de uso convencional, facilitando una reducción del 25% en la cantidad de agua de mezcla sin adversamente afectar las propiedades del concreto. Por consiguiente, cuando aumenta la fluidez de la mezcla, los superplastificantes pueden aumentar el revenimiento de 50-70 mm o a 200 mm o más, con la mezcla resultante permanece cohesivo y no exhibe sangrado excesivo o segregación. Es más, en la relación agua cemento (A/C) la proporción no cambia, y la fuerza de los restos del concreto virtualmente son los mismos. De hecho, de semejante manera se usa para producir un concreto fluido que puede permanecer con una poca o con ninguna compactación, y es útil, por ejemplo, al poner concreto en secciones delgadas y pesadamente reforzadas. El concreto fluido también puede ser útil en condiciones de climas calientes para superar el efecto adverso de las temperaturas altas en la pérdida del revenimiento. Sin embargo, el efecto de los superplastificantes en cuanto a consistencia del concreto es comparativamente de corta vida y, generalmente dura de 30-60 min. en adherirse a la mezcla, incluso bajo temperaturas moderadas.

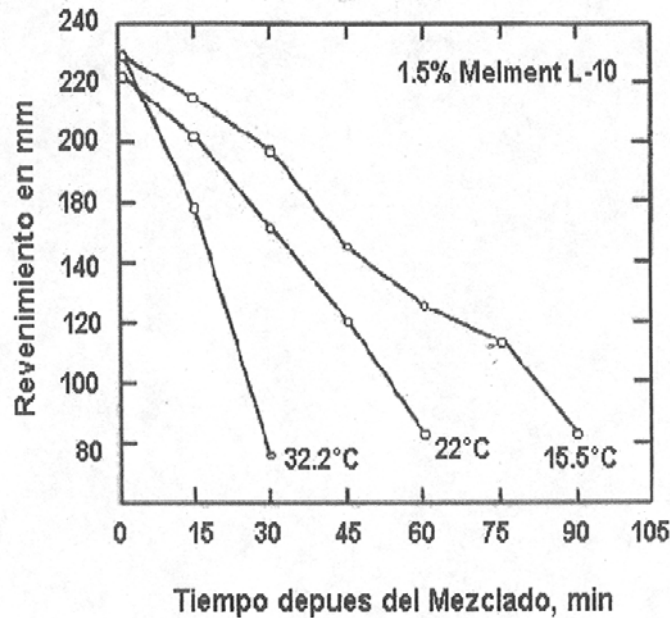


Fig. 6.7. Efecto de la temperatura en la pérdida del revenimiento del concreto hecha con un superplastificante (1.5% Melment L-10).

Este periodo de tiempo (30- 60 min.) es mucho más corto bajo temperaturas más altas porque la proporción de la pérdida del revenimiento aumenta en mezclas con plastificantes con temperaturas a una magnitud apreciable (Fig. 6.7). Es más, semejante concreto contiene reductores de agua convencionales (Fig. 6.6), la proporción de la pérdida del revenimiento en el concreto con superplastificantes no siempre es mayor que la proporción de la pérdida del revenimiento en concretos que no tienen superplastificantes, (Fig. 6.8). Al parecer, nuevos tipos de superplastificantes están ahora disponibles para incrementar la consistencia del concreto por periodos más largos, y por eso son más eficaces bajo las condiciones de climas calientes.. Puede verse que el uso del último plastificante (Fig. 6.8 mezcla con superplastificante "C") reduce considerablemente la proporción de la pérdida del revenimiento, y por consiguiente, el revenimiento de la mezcla después de 3 horas permanece comparativamente alto y es más adecuado para la mayoría de los propósitos del concreto.

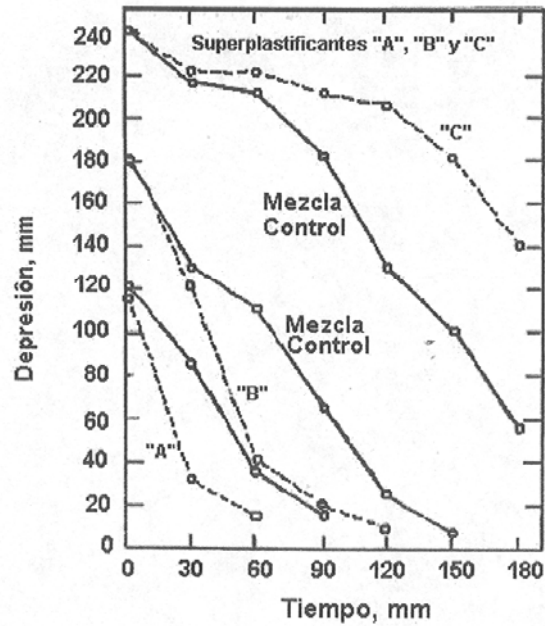


Fig. 6.8. Efecto de superplastificantes en la pérdida del revenimiento en concretos con diferentes revenimientos iniciales.

Sin embargo, los superplastificantes, pueden ser usados con éxito en condiciones de climas calientes porque ellos facilitan un aumento considerable en el revenimiento inicial, y por eso superan la pérdida del revenimiento subsecuente. En este aspecto puede notarse que a veces se usan superplastificantes, no sólo para aumentar el revenimiento al nivel deseado, pero si para reducir la cantidad de agua en la mezcla. A su vez, esta reducción puede utilizarse para reducir el volumen de cemento o, alternativamente, impartir al concreto mejores propiedades debido a la más baja relación A/C. Además, bajo las condiciones más severas, donde semejante aumento en el revenimiento inicial no es suficiente, pueden usarse superplastificantes con éxito para reemplazar.

### 6.3.3. El fly-ash.

A veces se usa *fly-ash*, escoria de alto horno y puzolanas como un reemplazo parcial del cemento portland. En condiciones de climas calientes, este reemplazo puede juzgarse deseable porque reduce la proporción de evolución de calor, y por eso puede reducir la variación en la temperatura del concreto y a su vez es asociada a efectos adversos en las propiedades del concreto, incluso la proporción de la pérdida del revenimiento.

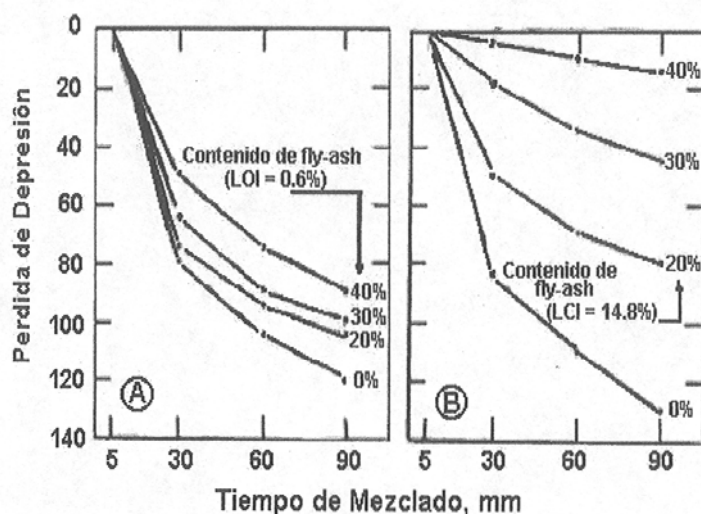


Fig. 6.9. Efecto de reemplazar el cemento con *fly-ash* tipo F (ASTM 618) en la proporción de la pérdida del revenimiento de 30°C. Pérdida de ignición de (A) *fly-ash* 0-6%, y de (B) *fly-ash* 14-8%.

De hecho, el reemplazo de cemento portland por *fly-ash* tipo F (*fly-ash* que se origina de carbón bituminoso) se encontró que reduce la proporción de la pérdida del revenimiento en un concreto mixto prolongado, y esta reducción aumenta con un incremento en el porcentaje del cemento reemplazado (Fig. 6.9). Este efecto no puede atribuirse al volumen resultante más bajo de cemento, y al calor más bajo asociado con la hidratación, porque se reemplazo el cemento por cantidades idénticas de arena fina afectando la pérdida del revenimiento. Es decir, el uso del *fly-ash*, por razones que no están todavía claras, provoca la reducción en la proporción de la pérdida del revenimiento.

Se encontró el efecto beneficioso del *fly-ash* en la proporción de la pérdida del revenimiento para ser relacionado a su pérdida de ignición (LOI), un LOI más alto provocó una reducción mayor en la proporción de la pérdida del revenimiento (Fig. 6.9). Es bastante difícil de explicar esta observación, y de ninguna manera se considera como una recomendación para usar *fly-ash* de alta ignición (LOI) en el concreto. Esto último puede ser deseable con respecto a la pérdida del revenimiento, pero debe recordarse que un alto LOI (alta pérdida de ignición) indica que el volumen del carbón hecho ceniza, puede ser perjudicial a las propiedades restantes del *fly-ash* en el concreto. Sin tener en cuenta el hallazgo anterior, el uso del *fly-ash* con un alto LOI debe ser evitado.

#### **6.3.4. Mucho tiempo de Mezclado y la Entrega a Tiempo**

La agitación del concreto, mientras que es transportado por un camión, se emplea en el orden para determinar el fraguado y facilitar el periodo de acarreo con algo de tiempo. La agitación continua produce un efecto de molienda que retrasa el fraguado separándose la estructura y formando por otra parte los productos de hidratación. Este efecto también es conocido como levantamiento de algunos productos de hidratación en la superficie de los granos de cemento hidratados, y por eso la exposición de nuevas superficies por hidratar.

En otras palabras, el fraguado se retrasa por agrietarse la estructura, la hidratación se acelera dada a la mejor exposición del agua en el grano de cemento. Una proporción mayor de hidratación implica una proporción mayor en el consumo de agua, y por eso una proporción mayor de la pérdida del revenimiento. Es más, el efecto de molienda produce un material fino que aumenta el área de la superficie específica de los sólidos en la mezcla.

Consecuentemente más agua se absorbe y se mantiene en la superficie de los sólidos, la cantidad de agua libre en la mezcla reduce la proporción de la pérdida del revenimiento que después se incrementa. En otras palabras, se espera que la proporción de la pérdida del revenimiento en el concreto, continúe agitándose más que la proporción correspondiente no agitada en el concreto. Esta implicación se refleja en las recomendaciones del comité de la ACI 305, la cual estando la cantidad mezclada y agitada debe sostenerse al mínimo práctico, y debe darse la condición de acarreo del concreto en la olla agitándose hacia el lugar de la obra. Este efecto de agitación en la pérdida del revenimiento es confirmado por los datos presentados en la Fig. 6.10 pero no por los datos presentados en la Fig. 6.11. de hecho, la Fig. 6.11, indica que la agitación del concreto retarda en lugar de acelerar la proporción de la pérdida del revenimiento. Sin embargo, en un concreto en reposo, la pérdida del revenimiento es aparentemente independiente de si o no el concreto está agitado. También pueden notarse en la Fig. 6.11 que el uso de retardantes aumenta la pérdida del revenimiento en un concreto agitado o no agitado.

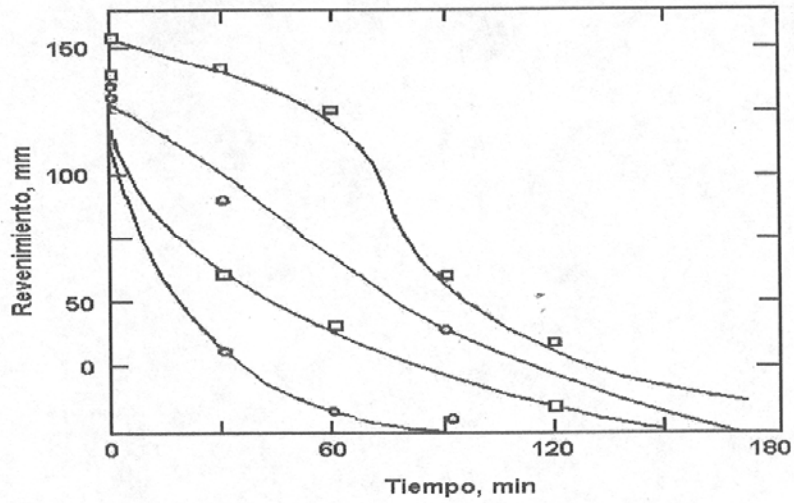


Fig. 6.10. Efecto de agitación continua en la pérdida del revenimiento del concreto.

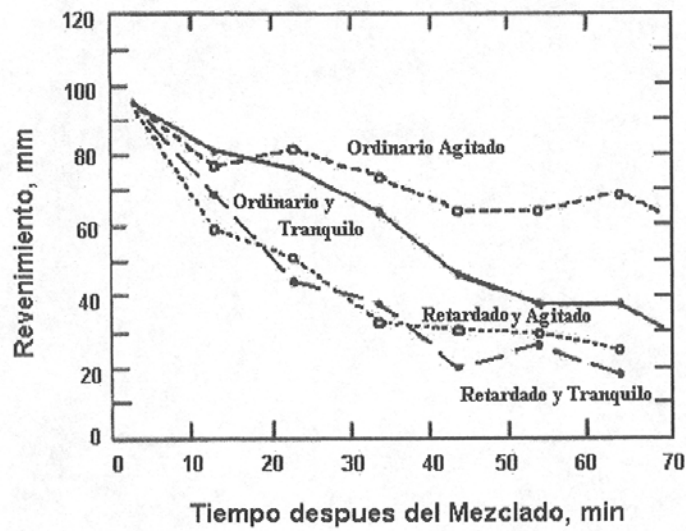


Fig. 6.11. Efecto de agitación continua en la pérdida del revenimiento del concreto de los 21-24°C.

Considerando los datos de la sección 6.3.2.3, donde el uso de aditivos retardantes en un concreto agitado puede cuestionarse o quizás, incluso puede evitarse totalmente. Se espera que el periodo de entrega más largo, será asociado con una pérdida de revenimiento mayor debido al periodo de hidratación que es más largo e involucra el tiempo de la exposición más larga del concreto con el efecto de molienda. Es más un incremento en la pérdida del revenimiento será esperado con las altas temperaturas.

Estos efectos esperados son confirmados por los datos presentados en la Fig. 6.12, aquí la cantidad de agua mezclada requirió producir un revenimiento de 10 cm, el tiempo de descarga, se traza contra el tiempo de la entrega correspondiente. En esta figura al requerir más agua implica una pérdida mayor en el revenimiento en el momento de la descarga. Puede verse que, la pérdida del revenimiento incrementa con la temperatura y el tiempo de la entrega. También puede notarse en la Fig. 6.12 que se usó una mezcla con un reductor de agua o *fly-ash* (tipo F) y era beneficioso porque redujo la cantidad de agua en la mezcla, que requirió el control del revenimiento en el momento de la descarga. Parece que el *fly-ash* es preferible porque su efecto es menos sensible a la hora de la entrega.

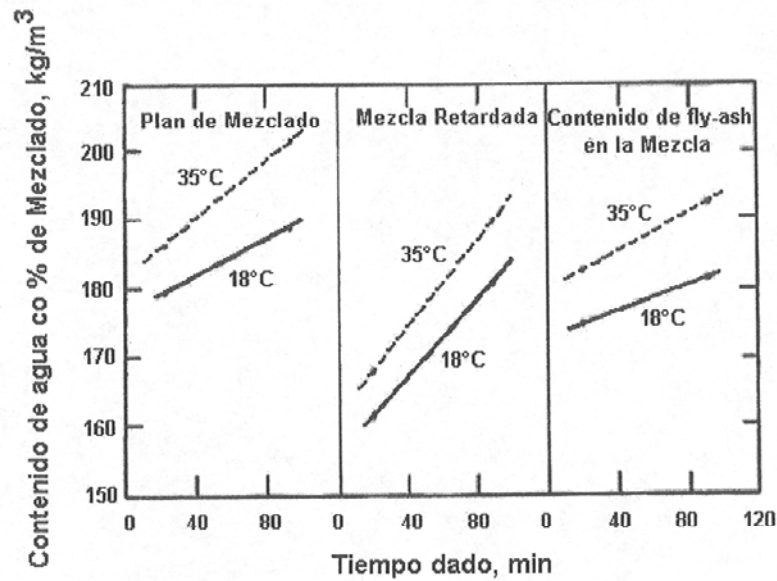


Fig. 6.12. Efecto en el tiempo de entrega y temperatura en la cantidad de mezclado de agua requerida al producir 10 cm de revenimiento en el momento de la descarga.