

Aplicación del Cemento Portland y los Cementos Adicionados

RODRIGO SALAMANCA CORREA *

INTRODUCCIÓN:

*E*l cemento es un producto intermedio utilizado para fabricar materiales de construcción: morteros y concretos. La trabajabilidad de estos materiales en estado fresco, sus propiedades una vez endurecidos y los costos, son decisivos para su aplicación como materiales de construcción. En el No. 9 de esta revista se publicó un artículo relacionado con los cementos adicionales, sus características, ventajas implícitas en su uso, etc. . En el presente artículo se resumen algunas de las características básicas de los materiales que se elaboran con tales cementos, es decir los concretos y los morteros.

* Ingeniero Civil, Docente de tiempo completo Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar "Nueva Granada"

1. CONCRETO:

El concreto es una mezcla de pasta de cemento (cemento + agua + vacíos), agregados y eventualmente otros productos (aditivos y/o adiciones). La pasta de cemento, el componente activo, envuelve los agregados (que se suponen inertes) y llena los espacios entre ellos. Ella actúa primero como un lubricante, y luego como un adhesivo. Las burbujas de aire pueden subsistir después de la colocación del concreto. Los agregados de uso más común son la arena y la grava, o rocas trituradas.

fraguado se determina con la ayuda de las agujas de Vicat.

- *Endurecimiento* del concreto, el cual debe ocurrir a temperatura ambiente.

Las propiedades deseadas en el **CONCRETO ENDURECIDO** son:

- *Durabilidad*, es decir resistencia contra el intemperismo, el congelamiento y el ataque químico.
- *Resistencia*, a los esfuerzos, principalmente resistencia a la compresión.

CONCRETO = CEMENTO + AGUA + AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO + (ADITIVOS Y/O ADICIONES)

EL **CONCRETO FRESCO** es plástico y moldeable. Él puede, por lo tanto, ser colocado en moldes de variadas formas, creando efectos arquitectónicos especiales.

EL **CONCRETO ENDURECIDO** es una roca artificial, durable, fuerte y su aplicación es económica, al compararse con otros materiales de construcción como el acero, la madera. etc.

Las propiedades requeridas del **CONCRETO FRESCO**, son:

- *Uniformidad* de la mezcla: es decir que todos los componentes estén homogéneamente distribuidos.
- *Buena trabajabilidad*: de modo tal que sea posible colocar y consolidar el concreto fácilmente. La trabajabilidad se mide por diferentes métodos, en los cuales se determina la deformación de un cono (Asentamiento, Vebe, etc.).
- *Fraguado*, el cual debe ocurrir sólo después de que el concreto es colocado, por ejemplo, no antes de dos horas después de mezclado. El

- Muy *baja permeabilidad* al agua
- *Resistencia a la abrasión*

Todas estas propiedades son influenciadas por la calidad de la pasta del cemento Portland. El principal factor en la pasta de cemento es la relación entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento. Esta relación es llamada Relación agua/cemento (A/C).

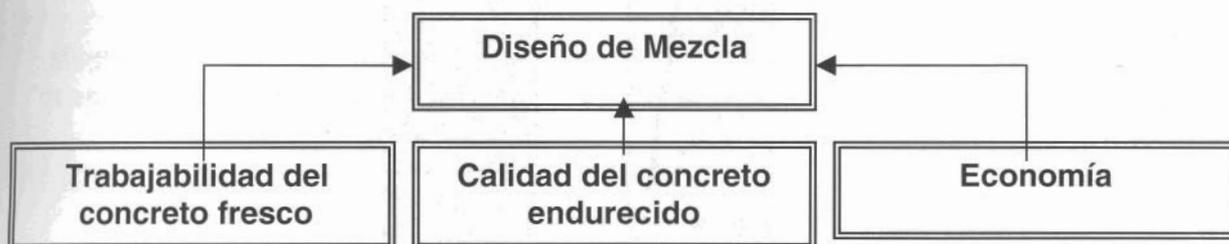
La calidad de la pasta es determinada por la cantidad total de agua mezclada con el cemento. La adición de mucha cantidad de agua tendrá un serio efecto de debilitamiento de la pasta. Es por esta razón que el concreto comúnmente se clasifica de acuerdo con la cantidad de agua que se le mezcla al cemento. La calidad de la pasta de cemento está gobernada por:

- La relación Agua/Cemento
- Lo extenso, en tiempo, de la reacción química entre el cemento y el agua (concepto denominado maduración).

Diseño de Mezclas de concreto

El diseño de mezclas de concreto involucra la determinación de la combinación más práctica y económica de los ingredientes del concreto, de modo tal que se logre un concreto trabajable en su estado plástico y que desarrolle sus cualidades requeridas cuando endurezca.

nibles (método de Fuller u otro); de igual modo habrá siempre una calidad y un tipo de cemento que se acondicionan mejor a los requerimientos preestablecidos; y además en muchas oportunidades será necesario el uso de algún aditivo químico, a efecto de mejorar alguna característica específica del concreto.



La trabajabilidad y la calidad del concreto son solicitaciones del método de colocación y compactación, y del tipo de estructura, respectivamente, para los cuales el concreto será utilizado.

Para conseguir la trabajabilidad y la calidad del concreto, deberá escogerse una composición correcta, de acuerdo con metodologías definidas por la buena práctica y la experiencia en este campo. A modo de ejemplo típico de un concreto común, un proporcionamiento puede ser:

- Cemento: 300 Kg
- Agua: 150 Litros
- Agregados (grava + arena): 1600 Kg

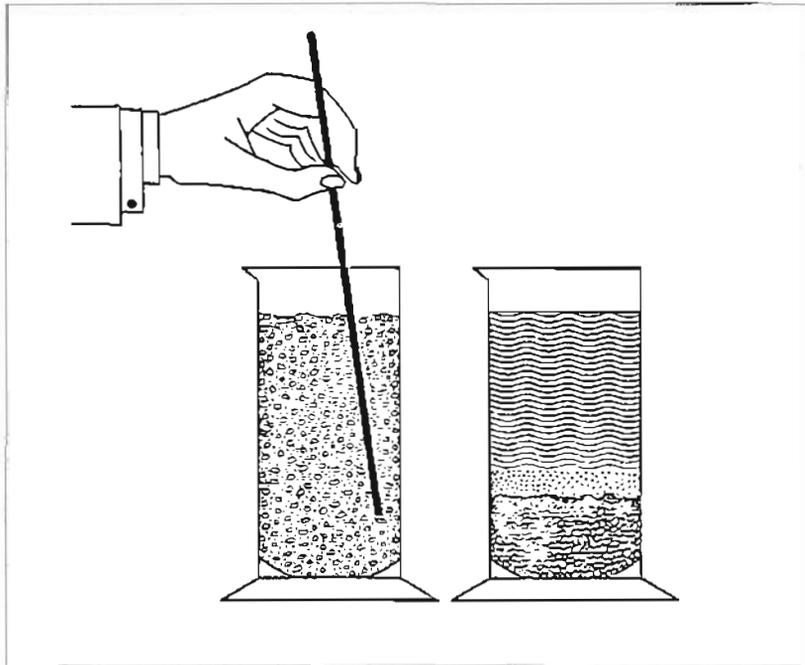
Debe tenerse presente que la combinación adecuada de los agregados finos y gruesos se consigue mediante la definición de una curva granulométrica 'ideal' para los materiales dispo-

La mezcla, por lo demás, se verá afectada por la modalidad de fabricación, ya sea en una planta premezcladora o en obra, y así mismo por el medio de transporte utilizado hasta el sitio de colocación.

Colocación y Consolidación

El concreto fresco es colocado dentro de formaletas por medio de tolvas, ductos, carretillas, grúas, bandas transportadoras o bombas. Las formaletas deben estar limpias y bien aseguradas; ellas pueden ser de madera, acero, plástico ó elementos previamente fundidos. La consolidación del concreto puede hacerse por vibrado mecánico o por 'chuzado' con varilla a medida que las formaletas son llenadas. De otra parte es importante no sobre-trabajar (compactación, alisado y terminado) el concreto, pues ello puede causar segregación y/o exudación, es decir la separación inconveniente de los componentes, dadas sus diferentes densidades y características.

Segregación de los componentes:



El concreto endurece a causa de la hidratación, que es la reacción química entre el cemento portland y el agua. Mientras la temperatura sea favorable y la humedad esté presente, la reacción de hidratación del cemento será continua durante un tiempo largo.

Al comienzo la reacción es rápida (en el período de los 3 o 7 días iniciales) y después se torna más lenta. Aún después de muchos días se encuentran partículas de cemento que todavía no han reaccionado.

CURADO: práctica consistente en mantener al concreto bajo condiciones de humedad y temperaturas adecuadas, para facilitar la hidratación del cemento.

El concreto puede mantenerse húmedo por varios métodos de curado, que habitualmente se pueden clasificar en uno de los siguientes dos grupos:

- Suministrando humedad adicional al concreto, desde el momento mismo en que ocurre el fraguado.
- Previniendo la pérdida de humedad del concreto, sellando su superficie, para lo cual hay diversos materiales disponibles en el mercado.

Mediante un buen curado, se consiguen las propiedades previstas en el diseño del concreto

Propiedades del concreto endurecido

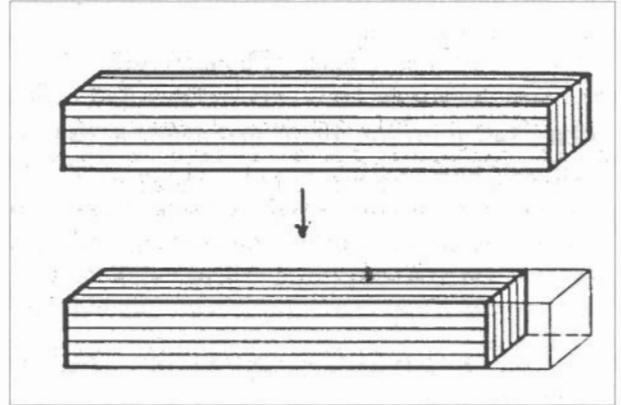
El concreto tiene una *alta resistencia a la compresión*, y por ello puede soportar cargas pesadas que se colocan directamente sobre ellos. Los concretos comunes tienen resistencias a la compresión entre los 20 y los 50 M Pa, es decir entre 200 y 500 Kg/cm², característica que los hace útiles en la gran mayoría de obras de Ingeniería Civil.

No obstante la *resistencia a la tensión* del concreto es muy baja, del orden de un 10% de su respectiva resistencia a la compresión. Esta es la razón por la cual el concreto se refuerza con barras de acero; con dicho reforzamiento la resistencia a la tensión puede ser igual o mayor que la de compresión.

La *contracción* del concreto, que es otra de sus características inherentes, se debe a la evaporación de aquella cantidad de agua que no es requerida para la hidratación del cemento (toda aquella que supera el 30% del peso del cemento, aproximadamente). Cuando esta cantidad de agua

comienza a evaporarse el proceso de secado y contracción crean esfuerzos de tensión al interior de la masa de concreto; esa contracción depende del tipo y contenido de cemento, de la relación agua/cemento (A/C) y del tamaño del agregado; corrientemente puede estar alrededor de un 0.05%

Contracción de un elemento de concreto:



A efecto de evitar fisuramientos o agrietamientos, la tensión en el concreto debe ser aliviada por juntas y dilataciones apropiadamente diseñadas.

Los *cambios de volumen* en el concreto, debidos a la humedad o al calor pueden calificarse de insignificantes si se comparan con los que ocurren en otros materiales de construcción.

La *durabilidad* es una característica fundamental del concreto, y ella depende en buena parte de su propia estructura, en especial de las características de la superficie. Un concreto homogéneo y bien compactado, con una baja porosidad y una baja relación agua/cemento será atacado muy lenta y difícilmente por el intemperismo, el agua de mar u otros agentes agresores. Recuérdese que la aplicación de cementos especiales, en particular los cementos con adiciones, que son los más usuales hoy día, puede mejorar notablemente la durabilidad del concreto.

2. MORTERO

El mortero puede considerarse como un micro-concreto, razón por la cual muchas de sus características son comunes a las del concreto normal. Es decir es una mezcla que no incluye agregado grueso sino solamente pasta de cemento y agregado fino. En rigor, se elaboran morteros con agregados hasta de 6 mm o incluso 9.5 mm (por ejemplo para morteros de relleno de uso en mampostería estructural).

Si bien los morteros tradicionalmente se han especificado por la relación entre el contenido de cemento y el contenido de arena (morteros 1:3 ó 1:4, etc..) ésta es una práctica inconveniente pues

no se consideran en tal proporcionamiento las características reales de los componentes, las cuales influyen en el resultado obtenido una vez endurecido. Por ello la práctica correcta aconseja el diseño de mezclas a partir de unas claras especificaciones de manejabilidad y resistencia a la compresión a los 28 días, además de otra característica fundamental del mortero, relacionada con su capacidad de retención de agua una vez aplicado.

La calidad apropiada de un mortero, especialmente si su uso es estructural (mampostería, etc.) se obtiene hoy día proporcionando no sólo cemento, agua y arena, sino incluyendo también la cal, material que proporciona la adecuada retención de agua, y muchas veces aditivos para conseguir características especiales del mortero.

MORTERO = CEMENTO + AGUA + AGREGADO FINO + (ADITIVOS)

BIBLIOGRAFÍA:

1. Holderbank Management and Consulting Ltd.- Technical Center, Materials Division. *Cement Handbook, Introduction to Materials Technology*. Holderbank, Switzerland, 1994.
2. Salamanca Correa, Rodrigo, *Diseño de mezclas de mortero*. Proyecto de grado Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1984.
3. Neville, Adam M., *Tecnología del concreto - Tomo I*. Editorial Limusa México, 1989.