

do el descenso, éste debe ser en general de 7.5 á 15 cms. dependiendo de los usos, por ej: para concreto reforzado debe ser de 10 á 20 cms; y para secciones compactas en grandes masas puede ser de 2 á 10 cms. solamente, los concretos con menos descenso deberán aplicarse mediante un vibrador, si se usan vibradores de alta frecuencia pueden aplicarse concretos con 1/3 menos de revenimiento que cuando no se usan. La granulación de los agregados debe ser tal que exista la menor cantidad posible de vacíos, es decir, que las partículas pequeñas se empaquen entre las grandes, dejando solamente espacio entre ellas para formar una película de cemento que las una para dar una masa fuertemente coherente.

En general la proporción de agregado grueso con respecto al fino varía de 1:2 á 1:3, procurando que quede un 10 á 12% de vacíos. Dentro de los límites económicos, debe usarse el tamaño máximo permisible de agregado para dar la resistencia necesaria, con lo cual se logrará una disminución de los requisitos de agua y cemento. Se han desarrollado muchos métodos para calcular la proporción de los materiales inertes, entre ellos el de los pesos específicos, para el cual se determina por medio de una gráfica de peso específico contra proporción, la proporción que corresponde al mayor peso específico al estado seco. Otro método es el de los volúmenes arbitrarios, en el cual los volúmenes relativos de cemento, agregado fino y agregado grueso, se seleccionan arbitrariamente o de acuerdo con la práctica y se añade bastante agua para producir la trabajabilidad deseada, por ej: la mezcla 1:2:4 usada para pisos, columnas, etc; significa 1 parte de cemento, 2 de agregado fino y 4 de agregado grueso. Este método no da resultados reales, se usa solo para pequeños trabajos.

PREPARACION DEL CONCRETO.- Conocidas las proporciones se calcula la cantidad necesaria de materiales para un volumen dado de concreto, considerando que el volumen total no es igual a la suma de los volúmenes agregados, sino a la suma de los volúmenes absolutos o efectivos más el volumen de los vacíos y menos el volumen de agua que pueda elevarse a la superficie antes del fraguado final, estas correcciones equivalen a menos de 3% del volumen total. Los volúmenes efectivos de los materiales se calculan dividiendo la densidad aparente por el peso específico. Para el cemento es de 0.49 M<sup>3</sup>, para el agregado fino de 0.635 M<sup>3</sup>, para el grueso de 0.605 M<sup>3</sup> y para el agua de 1. Considerando un peso específico de 3.1 para el cemento y de 2.65 para los agregados y la densidad aparente de 1.52 para el cemento, de 1.68 para el agregado fino y de 1.6 para el grueso. El cemento puede calcularse por sacos de 50 Kgs. ó .01587 M<sup>3</sup>. Los agregados pueden calcularse también por volumen, pero se prefiere moderadamente hacerlo por peso. El agua puede ser agregada por volumen o por peso, corrigiendo la cantidad por la diferencia del contenido de agua del agregado, con la humedad de saturación. El mezclado puede hacerse a mano, pero es más frecuente hacerlo en un mezclador o revolvedora por 1 a 5 m., hasta que todas las partículas de agregado estén cubiertas con pasta y la masa tenga una apariencia uniforme. En general los mezcladores consisten en una cámara rotatoria de forma variable, provista o no de rebordes interiores. Pueden ser intermitentes o continuos. En la práctica las grandes masas de concreto se preparan en una planta central y se distribuyen en camiones provistos de una revolvedora ó de agitadores para evitar la segregación.

VACIADO DEL CONCRETO.- El vaciado por gravedad requiere una mezcla movable muy húmeda, disminuyendo la densidad y resistencia del producto. La mezcla de consistencia seca se debe poner en capas no mayores de 20 cms. y no debe dejarse caer de gran altura. La mezcla húmeda se coloca en capas delgadas según su consistencia y el ancho de la sección transversal. El concreto vaciado puede distribuirse con azadones o palas y picarse en todas sus partes. Para grandes vaciados se usan vibradores eléctricos o neumáticos, de gran importancia en la consolidación en paredes, columnas y otros (internos) o de pavimentos, vaciados, productos moldeados, etc. (externos). A veces se usa también el método de comunicar vibración a las formas, por ejemplo en unidades prevaciadas (bloques, ladrillos, tubos, etc). Los vibradores son más efectivos en las mezclas secas con trozos menores de 5 cms., reducen la cantidad de arena necesaria a un 25 ó 28% del agregado total, dan mayor dureza, y compacidad y mejoran su efectividad, sobre todo en formas intrincadas y secciones reforzadas. La mayor parte de los vibradores se mueven de 3,500 á 7,000 vibraciones por minuto, con un desplazamiento de 0.07 cms. á 0.23 cms., la frecuencia depende de la consistencia del concreto, siendo mayor para las mezclas más espesas. El tiempo de duración depende del concreto y del tipo de estructura, pero usualmente es alrededor de 3 m. por M<sup>2</sup> de capa.

Cuando se va a depositar concreto bajo agua se usa un aparato llamado "Tremie", el cual consiste en un tubo largo de madera o metal de longitud ajustable, suficiente para que sobresalga del agua al colocarse verticalmente, tiene un alimentador en la parte superior y una válvula en la inferior, se llena de concreto, se abre la válvula inferior y se eleva, moviéndose sobre el área a cubrir.

CURADO DEL CONCRETO.- Consiste en mantener el concreto (después de vaciado) suficientemente húmedo y caliente para evitar el rápido secado y permitir una lenta hidratación. Esto es de gran importancia porque la resistencia potencial del concreto solo puede desarrollarse bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, de otro modo, la resistencia disminuye notablemente más pronto o más tarde, dando concretos malos, aún cuando estén bien proporcionados y hallan sido bien vaciados. El curado debe durar de una a dos semanas. Las mezclas ricas son menos afectadas que las pobres y requieren menos tiempo. El método usual consiste en el regado con agua 2 ó 3 veces al día cuando no hay sol, o cubriendo con tierra húmedecida, paja, aserrín, etc. En un principio y después del fraguado inicial puede cubrirse con costales húmedos y más tarde con tierra, arena o paja, húmedecida una vez al día. En las regiones áridas se ha hallado apropiado para retener el agua, cubrir con dos capas de asfalto o alquitrán regresado, una hora después de terminado el vaciado, en ocasiones sirve también una aplicación superficial de cloruro de calcio (1Kg/M<sup>2</sup>), el cual, por su higroscopicidad y deliquesencia absorbe agua del aire, manteniendo la humedad suficiente; antes de aplicarlo se cubre la superficie por un período no menor de 12 Hrs., con mantas empapadas de agua; también se usa mezclado con el concreto (Curado Integral), en proporción de 1 Kg. por saco de cemento, en mezclas para caminos, en este caso actúa como acelerador del endurecimiento, llevando al mínimo los cambios de humedad y aumentando la resistencia al desgaste y la durabilidad.

Para proteger el concreto de la congelación durante el endurecimiento, lo principal es mantenerlo caliente, lo cual puede efectuarse cubriéndolo con aserrín o viruta de madera. Para edificios se pueden usar estufas o cubrir la superficie con papel algo separado y calentarla con tubos de vapor, sobre todo en las primeras 24 horas este calentamiento no debe ser muy elevado porque puede ser perjudicial.

**PROPIEDADES.**- Varían notablemente con el tipo de materias primas utilizadas, con la proporción de las mismas, tamaño del agregado, condiciones de trabajo, obtención, etc. y sobre todo con la relación agua-cemento, la cual fija la resistencia á la compresión, que varía generalmente de 70 á 126 Kgs/cm<sup>2</sup> en 3 días y de 200 á 300 Kgs/cm<sup>2</sup> en 28 días para una de las mezclas mas comunes que es la 1:2:4. Las resistencias a la tensión, a la flexión y al corte varían del mismo modo que la de compresión y son respectivamente 1/10, 1/8, 1/4 y 1/2 á 4/5 de ésta. El concreto no es perfectamente elástico para cualquier grado de carga, no teniendo prácticamente límite elástico definido, ya que disminuye éste cuando aumenta la carga. Sus propiedades elásticas varían con la riqueza de la mezcla, con la intensidad del esfuerzo, y con la edad. Cuando se sujeta a flexión exhibe fatiga. Su consistencia debe ser apropiada para vaciarlo en moldes fácilmente, dando una masa uniforme y no porosa. La adhesión entre las superficies de diferentes vaciados es muy pobre, por lo que es necesario humedecerlas y a veces picarlas para facilitarlas, lo mismo debe hacerse para el acabado o enjarrado. (Está sujeto a cambios de volumen (contracción o expansión) debido al proceso químico de fraguado y endurecimiento y a la variación de humedad, temperatura, etc. estos cambios dependen de la riqueza de la mezcla y de la pérdida o absorción de humedad. (Es afectado por gases, vapores o líquidos que puedan penetrar en su superficie, sobre todo si son de carácter ácido. La principal causa de deterioro del concreto es la desecación o sea la pérdida de humedad, la cual causa la contracción del concreto y su rompimiento o agrietamiento, sobre todo en las mezclas ricas. El peso específico del concreto es de gran importancia y depende del carácter del agregado, si éste está bien graduado para disminuir el espacio de vacíos, alcanza 2.46 Kgs/cm<sup>3</sup>, pero usualmente es de 2.15 Kgs/cm<sup>3</sup> y en el concreto con aire atrapado es menor. Es especialmente resistente al fuego, ya que es incombustible y tiene baja conductividad calorífica, por lo que es superior en éste aspecto a otros materiales. Tiene un coeficiente de expansión semejante al acero.)

#### CONCRETOS ESPECIALES.

**CONCRETO REFORZADO.**- Para vaciados sujetos a esfuerzos de tensión es necesario reforzar el concreto con varillas de acero para que éste resista dichos esfuerzos, mientras que el concreto absorbe los de compresión. La adhesividad del concreto al acero depende de la riqueza de la mezcla y de la superficie de éste, por eso debe usarse de preferencia varilla corrugada, cuando se requiere alta resistencia se usa un alambrado apropiado. (Se emplea para vigas, bases de maquinaria, losas para techos, etc. También las columnas y algunas veces las vigas contienen varillas para ayudar a resistir los esfuerzos de compresión. El concreto reforzado es mas resistente al

fuego y evita la formación de grandes grietas, cuando llega a fallar.

**CONCRETOS PRE Y POST-ESFORZADOS.**- Son concretos fabricados con varillas sometidas a esfuerzos de tensión, en el 1<sup>er</sup> caso antes de colocarlas y en el segundo después del fraguado inicial. Esto ayuda a evitar las roturas y aumenta la resistencia, ya que el concreto sometido toma de ellas los esfuerzos de tensión para balancear el esfuerzo de compresión experimentado.

**CONCRETO SOMETIDO AL VACIO.**- Sometiendo el concreto recién vaciado a un vacío parcial, se elimina gran cantidad del agua en exceso, dejando espacios vacíos llenos de aire al consolidarse, de éste modo se endurece rápidamente y las formas pueden retirarse después del tratamiento. Se ha empleado en construcciones, pavimentos, pisos, techos, etc.)

**CONCRETO CON AIRE ATRAPADO.**- Concreto fabricado con cementos con cierto contenido de aire atrapado (Pág. 130) o bien por adición de las sustancias que producen dicha cualidad. El aire atrapado produce aumento en la durabilidad, en la resistencia a la congelación y al deterioro superficial, mejorando la resistencia al sulfato y reduciendo la resistencia y la densidad, mejorando las propiedades de trabajo. El contenido de aire no debe pasar de 6% cuando el volumen del mortero es de 1/2 á 3/5 del volumen total. Se usa principalmente en pavimentos, aeropuertos, carreteras y calles desde 1938, modernamente se emplea cada vez más en puentes, edificios, presas y otras estructuras, en las que una pequeña disminución en resistencia no afecta, debido al alto coeficiente de seguridad.

**CONCRETOS IMPERMEABLES.**- La permeabilidad del concreto depende de muchos factores, entre los cuales tiene importancia decisiva el curado y la preparación de las mezclas, también depende de la porosidad, sobre todo de la continuidad y tamaño de los poros, de su número y distribución y de la clase de agregado. La permeabilidad puede disminuirse con el uso de compuestos a prueba de agua, los cuales pueden formar parte del concreto (integrales) o simplemente recubrirlo.

a.- **Compuestos Integrales.**- Se llaman también materiales de relleno y pueden ser Inertes o Activos: Los Inertes no tienen acción química sobre el cemento y pueden ser: Arena fina, arcilla, tierra de infusorios ó cal hidratada, sirven para rellenar los vacíos, se añaden durante el mezclado, en proporción de un 10 á 20% del cemento, reduciendo la permeabilidad, tienen poco efecto en la resistencia en mezclas ricas. Los Activos forman compuestos insolubles en presencia del agua con ciertos componentes del cemento. Se mezclan con éste en un 2%, y afectan menos que los anteriores.

b.- **Cubiertas exteriores.**- Comprende varias clases, desde soluciones acuosas de sales inorgánicas, como silicato de sodio, fluosilicatos ó fluoruros de zinc, magnesio ó aluminio, sulfato de zinc, etc. hasta emulsiones de asfalto o cubiertas de parafina fundida o disuelta en petróleo, además de sustancias aplicadas en combinación para casos especiales, entre ellas; sulfato de sodio, cloruro de bario, jabón, alumbre, etc. También pueden usarse capas de papel o tela con cubierta de alquitrán o asfalto. Todos estos compuestos forman cubiertas llamadas transparentes, pueden usarse también cubiertas opacas, tales como pinturas de aceite, después de

una aplicación previa de sulfato de zinc ó pinturas a base de caseína para evitar la destrucción del aceite por la cal libre. Para proteger el concreto contra la corrosión, sobre todo del agua de mar, se hace tan compacto é impermeable como sea posible y se cubre de una capa de mortero rico, preparado con agua con cloruro de Bario, el cual forma sulfatos insolubles con el agua de mar, cerrando los poros.)

**CONCRETOS AISLANTES.**- Se obtienen agregando al concreto materiales ligeros, tales como perlita o vermiculita, las cuales dan concretos de 240 á 800 Kgs/M<sup>3</sup>, con conductividad térmica de 0.45 á 1.50 ó bien de materiales como escoria de alto horno, arcilla diatomita, piedra pómez, ceniza volcánica, etc., que producen concretos pesando de 720 á 1,440 Kgs/M<sup>3</sup>; con conductividad térmica de 1.05 á 3.00.

**PRODUCTOS DE CONCRETO.**- (Se fabrican por vaciado del concreto en moldes, con o sin presión, comprenden gran variedad de formas y aplicaciones, entre los más comunes tenemos los bloques ó blocks, los tubos y los postes.) Las mezclas empleadas varían de unos productos a otros, de acuerdo con la resistencia. En general, se usa la relación 1:2:4 para productos de gran dureza y durabilidad, la 1: 2 1/2 :4 para bloques y la 1:2:3 para postes y placas. Para productos de paredes delgadas se usa solamente material fino, en relación 1:2 1/2 y 1:3. Estos productos no deben contener mucha humedad, se vacían en moldes y se consolidan por medio de máquinas hidráulicas, bajo fuertes presiones, a veces se mezclan con agua de cal para hacerlos más densos é impermeables, comúnmente no se colorean, pero a veces se añaden colorantes.

**BLOQUES.** Son generalmente de caras rectangulares, de dimensiones variables y con gran número de huecos, los más comunes tienen 36X20X45 cms; con tres huecos uniformemente distribuidos, otros tienen la mitad de grueso (10 cms,) y se emplean para tabiques o paredes delgadas. A veces se emplean formas especiales en T., en L., en U. etc. Se emplean para tabiques aislantes; también se fabrican bloques para exteriores con alguna forma o grabado definido.)

**TUBOS.**- (El tamaño máximo del agregado varía con el diámetro del tubo, de 1/4" en adelante.) La proporción de cemento y arena debe ser 1:5 en volumen. Pueden fabricarse a mano ó mecánicamente, en el 1er caso se usan moldes dobles. En el 2do., el molde interior se sustituye por un émbolo giratorio que se mueve a lo largo del molde; moderadamente se emplea también el proceso centrífugo o sea la rotación del molde a gran velocidad, de tal manera que la mezcla se adhiera a las paredes. Para tubos de gran diámetro se refuerza con varillas que quedan atrapadas por la mezcla.)

**POSTES.**- Para obtención de un pequeño número se emplean moldes de madera de diversas formas, pero en gran escala se emplea el método centrífugo. (Los usados para el alumbrado son de tipo cónico, no deben ser muy porosos, disminuyendo 2 cms., por cada metro de largo, también se fabrican con barras de refuerzo, en número menor hacia la punta, también se fabrican postes para vallas ó cercas prefabricadas, provistos de ranuras para insertar en ellas placas de concreto, también prefabricadas.)

## C A P I T U L O XV

### MATERIALES AISLANTES

**GENERALIDADES.**- Se dá el nombre de materiales aislantes a aquellos que retardan la transferencia del calor o evitan la conducción de la electricidad o del sonido. En realidad todos los cuerpos son -- parcialmente conductores y el que se les considere como tales o como aislantes depende de su aplicación particular. Muchos materiales aislantes al calor son también aislantes a la electricidad y -- aún al sonido.

#### I.- MATERIALES AISLANTES AL CALOR.

**FORMAS DE TRANSMISION DEL CALOR.**- Para entender el funcionamiento de estos materiales es necesario conocer las formas de transmisión del calor que son tres: Conducción, Convección y Radiación, cada una de éstas suministra una pérdida de calor ( ) que en conjunto puede ser considerable y decisiva en la operación desarrollada y que depende de varios factores como son: Diferencia de temperatura de las superficies en contacto ( $t_2-t_1$ ), extensión ó área de éstas (A) y de un factor mas o menos constante (K). La pérdida de calor (q) se expresa en B. T. U./hr ó en Cal/hr; equivale al calor transmitido en la unidad de tiempo a través de una superficie dada.

a.- **Convección.**- Transmisión de calor por mezcla de diferentes porciones de un líquido o gas, en ella:  $q = K A (t_2-t_1)$ . El valor de K depende de la densidad, calor específico, viscosidad y -- otras características del fluido y varía con las diferencias de temperatura de las dos superficies.

b.- **Conducción.**- Transferencia de calor a través de las moléculas de un cuerpo, depende del espesor del material (L), en ella:  $q = \frac{K'A}{L} (t_2 - t_1)$  , siendo A el área de la sección transversal considerada.

K'- El coeficiente de conductibilidad térmica en B.T.U/hr/pie/oF. K' varía con el estado físico de la sustancia, ya que los gases -- son mas pobres conductores que los líquidos o sólidos.

c.- **Radiación.**- Transferencia de calor por movimiento de ondas a través del espacio, en ella:  $q = 0.172 \times 10^{-8} A (t_1^4 - t_2^4) E$  -- siendo E el coeficiente de emisividad que depende de la naturaleza física y química de las superficies en contacto. Es alto en las -- superficies no metálicas, bajo en los metales pulimentados y aumenta con la temperatura y con el grado de rugosidad "t1" es la temperatura de la superficie emisora y "t2" la temperatura de la superficie receptora.

**PROPIEDADES.**- Son en su mayor parte productos de baja conductividad, baja densidad aparente y gran porosidad, es decir, que están provistos de un gran número de huecos en los cuales almacenan aire, el cual por su baja conductividad (K= 0.00005) es uno de los mejores aislantes, de este modo el calor de un horno, estufa, etc., es retenido por el material aislante, evitando que se pierda o viceversa, en su aplicación en edificios y refrigeración evitan que el calor exterior entre al interior, para lo cual en muchos casos su superficie puede cubrirse con láminas metálicas (aluminio) que son de --