

cio para compensar la pérdida en resistencia por el aire presente. Ambos se usan mezclados con un 75% de cemento Portland, en la preparación de concretos y morteros, sobre todo para tubos de albañal, edificios y varios tipos de construcción de albañilería.)

D.- CEMENTOS PUZOLANICOS.- Se conocen con este nombre mezclas obtenidas por pulverización fina de 2 á 4 partes de cenizas volcánicas y arena sílice, con una parte de cal hidratada, sin subsecuente calcinación. Constituyen los cementos más viejos conocidos, habiendo sido inventados por los romanos, por lo que se les llama también Cementos Romanos. En la actualidad son poco usados como tales, empleándose en su lugar mezclas de cemento Portland con Materiales Pozolánicos finamente pulverizados o bien moliendo juntos clinker de cemento Portland y puzolanas. La cantidad de puzolanas varía de 15 á 50% en peso del producto terminado. También se fabrica una variedad con aire atrapado.

E.- CEMENTOS DE ESCORIA.- Se consideran con este nombre materiales obtenidos por la mezcla de cal hidratada con un 60% como mínimo (60-75%) de escoria de alto horno finamente molida, obtenida por enfriamiento brusco de la escoria fundida al ponerse en contacto con agua. Al molerse puede añadirse algo de yeso o ciertas sustancias en muy pequeñas cantidades para facilitar el molido. Se consideran también dos tipos: el Normal y el que contiene aire. El cemento de escorias es un polvo de color lila, de gran fineza, al aplicarse en morteros cambia á azul verdoso o blanco en la superficie, debido a la oxidación de los sulfuros, la cual es muy perjudicial, tendiendo a producir desintegración, por lo cual es preferible no emplearlo en superficies expuestas al aire continuamente. Se distingue de los cementos Naturales y Portland por su menor densidad (2.7 á 2.85). Recién fabricado fragua casi en el mismo tiempo que el Portland normal o sea el inicial no menor de 45 m. y el final no mayor de 10 horas, sin embargo, cuando es viejo, puede aumentar el tiempo de fraguado hasta 24 hrs. Requiere de 2 á 4% menos agua que el Portland, para consistencia normal. La resistencia a la compresión es de 40 Kgs/cm² para el normal y de 35 para el de aire atrapado, en 7 días, aumentando a 105 y 70 Kgs/cm² respectivamente en 28 días. Se aplica únicamente para construcciones de poca importancia, prefiriéndose mezclarlo con cantidades variables de cemento Portland de 35 á 75% ó moliendo la escoria junto con el Clinker de Portland de varios tipos, formando los llamados Cementos Portland-Escoria, designándose el nombre de la variedad de Portland utilizada o bien recibiendo nombres comerciales tales como: Cemento Eisen (Inglaterra y Alemania), Cemento Ferro Portland y Cemento Atlante (Monterrey), etc.) Estos cementos son más fácilmente pulverizables que el Portland, variando su fineza de 2,800 á 3,500 cm²/gr. Su resistencia a la compresión varía con el tipo, para el normal es de 150 Kgs/cm² en 7 días y 245 Kgs/cm² en 28 días. Su calor de hidratación es de 70 cal/gr. en 7 días y de 80 en 28 días. Producen concretos más plásticos que el Portland, se segregan más rápidamente y son más impermeables, por lo que se emplean para obras con grandes masas de concreto, sobre todo para estructuras hidráulicas y obras marítimas, por ej: en la construcción de presas.)

F.- CEMENTO PORTLAND. Según la A.S.T.M., se considera como cemento Portland el producto obtenido por la pulverización fina del "Clinker" resultante de la calcinación a fusión incipiente de mezclas adecuadas de materiales arcillosos y calizas, sin adiciones subsecuentes a la calcinación, excepto agua y yeso, a menos que las adiciones no excedan de 1%. No debe contener mas de 5% de Oxido de Magnesio y no más de 2% de SO₃ (sulfatos). Contiene de 62 á 65% de cal, 19 á 25% de Sílice, 4 á 7% de Alúmina, 2 á 4% de fierro, algo de sulfatos, álcalis, agua y anhídrido carbónico. Como constituyentes tiene silicatos di, y tricálcicos (C₂S y C₃S), aluminato tricálcico (C₃A), y aluminato ferrito tetracálcico (C₄AF), principalmente.

OBTENCION.- Se obtiene a partir de mezclas de materiales calcáreos (Pág. 78) con arcillas (Pág. 83) y algo de mineral de fierro para la preparación de Clinker, y yeso para la corrección final. Puede obtenerse por dos procesos: El proceso seco, de gran aplicación en nuestro país y el proceso húmedo, que ha sustituido en muchos países al anterior.

Proceso Seco.- Los materiales se someten a un quebrado preliminar en quebradoras de quijada, de disco o de cono, se criban en cribas rotatorias, separando el material mayor de 2½" para quebrarlo en quebradoras más chicas de cono o de martillo, juntandolo con el anterior y pasandolo a tolvas para su distribución de acuerdo con su composición, de aquí se lleva a secadores rotatorios, almacenando el material secado en Silos, de donde se lleva a molinos de martillo para reducirlo a un 90-95% en malla 20, de aquí se pasan ambos materiales (calcáreos y arcillosos) a un molino de bolas llamado de materias primas, mezclandolos según su composición por medio de aparatos distribuidores. En estos molinos se muele a una fineza de 80 á 90% en malla 100, enviando el producto obtenido a tanques de almacenamiento, de donde se lleva al quemado en hornos rotatorios, inclinados de 7 á 15° con la horizontal, de 25 á 150 mts. de largo y de 2 á 3½ mts. de diámetro, en ellos el material baja en contracorriente con los gases calientes provenientes de un hogar situado en la parte anterior, tardando de 1 á 2 hrs. Mientras giran a 45-60 r.p.m. y producen de 200 á 400 tons. de clinker por día. Los materiales se sintetizan en el horno formando bolas de clinker de diferentes tamaños, pasando después a un enfriador, fijo o rotatorio. El clinker obtenido se lleva al exterior para ser sometido a un proceso de aereación, para lo cual se apila en grandes montones y se mezcla constantemente, con el objeto de neutralizar la cal libre, al combinarse con la humedad y el CO₂ del aire. Después de un período de aereación variable, el clinker se somete a un molido preliminar a una fineza de 80 á 90% en malla 200, de donde se pasa por medio de unos alimentadores a molinos de bolas para ser mezclado con 2 á 3% de yeso y molido a 93-95% en malla 200, pasándose a silos de almacenamiento, en donde se conserva por unas pocas semanas para la hidratación y carbonatación de la cal libre, con el objeto de reducir la cantidad de calor que desprenderá durante el fraguado. Después de esto se conduce a balanzas automáticas para ser empacado en bolsas de papel de varias capas, con cierre automático.

Proceso Húmedo.- Las materias primas son generalmente margas, arcillas y calizas, las cuales se someten a quebrado ó molido y si es necesario (margas) a un lavado y clasificado, se mezclan en la proporción requerida y se muelen en conjunto, resultando con un contenido de humedad de 30 á 50%. Se traslada la mezcla a tanques de almacenamiento, corrigiendo su composición con la adición de nuevas mezclas-

y finalmente se bombean a hornos rotatorios de mayor tamaño que los usados en el proceso seco, en donde se obtiene el Clinker. De aquí en adelante se procede como en el proceso seco.

PROPIEDADES.- El cemento Portland es un polvo muy fino, cuyo color varía de gris verdoso a gris café. Su nombre proviene de que los materiales usados en su preparación (1824), tenían composición semejante a las calizas de Portland Inglaterra. Su densidad es mayor que la de los otros cementos 3.1 á 3.2 y su densidad aparente varía de 1,600 á 1,800 cms²/gr., fragua mas lentamente que el cemento natural y más rápido que el puzolánico. El fraguado inicial no debe de ser menor de 45m. en el aparato de Vicat o de 1 hora en el de Gilmore y el fraguado final debe obtenerse dentro de 10 horas, alcanzando las máximas resistencias a las 48 hrs. y a los 28 días. Sus propiedades varían con la composición y proporción de los constituyentes, con el grado de molido, etc. Requiere de 20 á 28 partes de agua para dar una pasta de consistencia normal. Durante la hidratación desprende gran cantidad de calor, dilatándose mucho, por lo cual puede producir vaciados porosos o partirse al contraerse por el enfriamiento, de aquí que para cierto tipo de construcción se sustituya por una variedad llamada de Bajo calor (véase C). El cemento Portland normal es afectado por las sales disueltas, especialmente sulfatos, los cuales cristalizan de su solución, en los poros del cemento, provocando su desintegración. La resistencia a la tensión del mortero 1:3, debe ser igual o mayor de 19 Kgs/cm² en 24 horas y de 25 Kgs/cm² en 28 días. La resistencia a la compresión de morteros Standard de 2", varía notablemente con la fineza, pero para un cemento de 1,700 á 1,800 cms/gramo es de 280 á 300 Kgs/cm² en 28 días.

USOS.- Constituye el material estructural más usado después del acero. Se emplea en casi cualquier tipo de construcción, adaptando se sus propiedades de acuerdo con las condiciones requeridas. Como concreto se aplica para vaciado de techos, paredes, pavimentos, puentes, túneles, conductos, etc., ya sea solo o reforzado con acero. Mezclado con arena y cal forma los morteros, para colocación de ladrillos, piedras, etc. En forma de clinker se emplea para mezclarlo con otros materiales, entre ellos puzolanas, cemento natural, arena sílice inerte, escoria ó cal.)

G.- VARIETADES DEL CEMENTO PORTLAND.- a.- Cemento Portland Blanco.- Para ciertas aplicaciones especiales tales como pisos, estuco para paredes, objetos moldeados y en general trabajos ornamentales, se fabrica un cemento conocido como cemento Portland Blanco, empleando materias primas de bajo contenido de fierro (1% de Fe₂O₃) y libres de sulfuro de fierro. Su temperatura de quemado es superior a la del ordinario y resulta más costoso, por la selección necesaria de las materias primas.

b.- Portland de alta resistencia.- (Se obtiene de mezclas altas en cal, las cuales se queman dos veces y se muelen finamente 2 ó 3 veces. Tiene una proporción mayor de silicato tricálcico que el ordinario, de aquí que el endurecimiento sea más rápido, produciendo morteros y concretos de mayor resistencia, sobre todo en los primeros tres días (2 á 3½ veces la del normal), pero disminuyendo la proporción con el tiempo. (Se usa solo cuando se requiere alta resistencia en uno o dos días, porque su costo es 40 á 50% mayor que el ordinario.)

c.- Portland de bajo calor.- (Como su nombre lo indica es una variedad que tiene un bajo calor de hidratación, debido a la disminución del % de silicato y aluminato tricálcicos, es decir, de la proporción de Cal. Produce una masa mas compacta é impermeable, evitando los agrietamientos o rajaduras, presenta la desventaja de la lenta hidratación del silicato dicálcico (C₂S) y por lo tanto de tardar mucho tiempo en endurecerse, por lo cual no es apropiado para trabajos ordinarios de construcción; en cambio, para grandes obras permite fácilmente la expansión y la contracción y aumenta la facilidad de trabajo y la resistencia, por lo cual se usa para construcción de presas.)

d.- Cemento Portland con aire atrapado.- Tanto el cemento Portland como cada una de sus variedades pueden fabricarse con aire atrapado en la forma ya indicada anteriormente, moliendo el clinker junto con alguno de los productos mencionados (Pág. 140)

H.- CEMENTOS DE ALUMINA.- Se llaman también Cementos Fundidos, por estar fabricados por la fusión en el horno eléctrico de una mezcla de Bauxita (Pág. 125) y caliza. El producto obtenido es sometido a quebrado y pulverización. Se emplean mucho en Europa; en América se conocen con el nombre de cementos de Luminita, también se les llama Cementos Eléctricos, y Cementos Resistentes al Sulfato. Son más finos y de fraguado inicial más lento que el Portland, por la ausencia de silicato tricálcico, pero en cambio se endurecen más pronto, alcanzando una gran resistencia en 24 horas y en 48 horas una semejante a la que adquiere el Portland en 28 días y todavía después continúa aumentando, aunque más lentamente, hasta llegar al doble. Desprenden gran cantidad de calor. Su principal característica es una gran resistencia a la congelación y a la cristalización de las sales solubles (sobre todo del sulfato), resistiendo la acción del agua de mar. Sus morteros en atmósfera seca se contraen tanto como los de Portland, pero en atmósferas húmedas sufren mayor expansión. (Se emplean para obras marítimas, por su resistencia a la acción desintegrante del agua de mar) aún cuando su costo es mayor que el del Portland (3 á 4 veces), además se emplean para obras en que se requiere rapidez de trabajo, ahorrándose en las formas.

PRODUCTOS COMERCIALES.- a.- LADRILLOS DE ESCORIA.- (Pueden ser de dos tipos: de escoria hidráulica o de escoria fundida, los primeros aprovechan las propiedades de fraguado de las escorias granuladas de altos hornos, mezclando 5 á 6 volúmenes con uno de lechada de cal, es decir, formando un cemento de escorias, el producto fragua en 6 á 8 días, formando silicatos cálcicos. Puede aumentarse la resistencia pulverizando parte de la escoria. Los ladrillos se prensan mecánicamente y se maduran al aire, se sientan en obra con morteros de escoria, cal y arena. Son de color grisáceo, algo refractarios, se emplean para edificios. Sometiendo la escoria durante la solidificación a la acción del aire comprimido, se obtiene un producto esponjoso, análogo a la piedra pómez, que se puede aglomerar con cemento, dando ladrillos flotantes o porosos. Los de escoria fundida se obtienen por el vaciado directo de ésta en moldes, sobre todo cuando es ácida, recubriéndolos en su superficie con una fina capa de arena o de ceniza para permitir un enfriamiento lento, o se introducen en enfriadores. A veces se moldean en forma de una tira larga que luego se corta. Para disminuir su fragilidad se mezclan las escorias en hornos rotato-

rios con arcilla, ceniza, arena, etc. Los ladrillos obtenidos son tenaces, poco quebradizos, poco durables, de gran resistencia a la abrasión. Se emplean para consolidación de aceras, adoquinados, -- construcciones ligeras, etc.

b.- **MATERIALES DE CEMENTO AMIANTO.** - Eternita, Asbestolita, Uralita, etc. Son pizarras artificiales fabricadas con fibras de amianto empastadas con cemento, por lo que suele llamarseles de fibrocemento. Los componentes se mezclan en seco y se someten a presión de 10 á 12 atmósferas, en presencia de vapor de agua, dejando luego fraguar al aire libre ó en secadores especiales. (En la fabricación de tinacos, tubos de drenaje, etc., se emplea generalmente la centrifugación a alta velocidad de una pasta aguada, la cual entra por el centro de los moldes y sale casi seca de ellos. Los productos de fibrocemento no son inflamables, son malos conductores del calor, la acción directa de la llama a temperaturas superiores a 2000°C provoca su rajamiento y algunas veces su rompimiento violento. Tienen la ventaja de poder perforarse y cortarse casi como la madera, poniéndose en obra mediante clavos, tornillos o cementos, ya que la mezcla agarra perfectamente sobre ellos.) La Uralita es susceptible de un bello pulimento y se emplea para la construcción de placas labradas. Los tubos de drenaje se revisten interiormente de betún de asfalto, para hacerlos impermeables é inatacables.

c.- **MOSAICOS DE CEMENTO.** - Se fabrican moldeando a presión mezclas de arena y cemento. Para esto se emplean moldes de acero -- ajustables con tornillos de mano, que circundan una pieza con la forma del mosaico (cuadrado, octogonal, etc.). En esta pieza se coloca una capa de pasta viscosa; para los mosaicos de varios colores o dibujos se usa otra pieza con claros, dentro de los cuales se -- van a colocar las distintas pinturas, se uniforma la pintura o pinturas y se dejan un momento en reposo, después de lo cual se quita la placa adicional y se añade una mezcla seca de arenas y cemento de poco espesor y finalmente una capa más gruesa de arena y cemento húmedos, se ajusta el conjunto al molde de una prensa hidráulica y se aplica una presión de 60 á 80 tons. Se saca el mosaico y se coloca verticalmente en cajas con tabiques separados, hasta que seque la pintura. Para evitar que se peguen se trata el molde con una mezcla de petróleo y aceite de linaza, los mosaicos ya secos se llevan a pilas de fraguado, en donde se sumergen en agua y se dejan por 24 á 48 hrs., tiempo suficiente para el fraguado y endurecimiento del cemento. La pintura usada se prepara con una mezcla de óxidos metálicos con polvos de mármol y arena fina, para aumentar su viscosidad. Las dimensiones varían, generalmente son de más de 5mm. de grueso y tamaños de 10 X 10, 20 X 20, 30 X 30 y 40 X 40 cms. (Se usan para el revestimiento de pisos y a veces de paredes).

d.- **LOZAS ARTIFICIALES.** - En la práctica moderna se ha hecho muy común la preparación de lozas artificiales de tamaños y formas diversas, empleadas para sustituir a las naturales y que se preparan por vaciado en moldes, de mezclas de los materiales mas diversos, con algún producto cementante para dar imitación al granito, mármol, etc. para lo cual puede mezclarse arena con cemento, un agregado grueso (mármol quebrado, mármol ónix, etc.) y un colorante. Estas lozas artificiales se emplean para revestimiento de paredes, escalinatas, mesas, etc.

C A P I T U L O XIV.

MORTEROS Y CONCRETOS

A.- MORTEROS.-

GENERALIDADES. - Se entiende con este nombre, mezclas de materiales cementantes con material inerte fino, menor de 1/4", que puede ser arena, escoria, etc. Algunos contienen algo de material grueso. -- Sirven para poner en obra los materiales de arcilla y rocas naturales o artificiales. Los más comunes son mezclas apropiadas de cemento ó cal con arena o de los tres con el agua, batidas hasta con consistencia plástica y homogénea. La arena evita la contracción excesiva, aumentando la porosidad. El cemento actúa como aglomerante y la cal aumenta la adhesividad y la plasticidad, retardando el tiempo de fraguado. Los agregados finos y gruesos deben de tener cierta granulación. El cemento usado es comúnmente el Portland, pero -- pueden usarse el de Escorias y el Portland-Escoria, los demás cementos generalmente no se usan. Los Morteros tienen una estrecha -- relación con los concretos, de los cuales se diferencian porque estos últimos contienen material inerte grueso (Piedra quebrada, grava, escoria, etc.) en mayor proporción, no contienen cal y contienen mayor proporción de cemento, coincidiendo en muchas de sus propiedades y características, así como en su preparación. Aunque en esencia el nombre de Morteros y Concretos se refiere a productos -- derivados de los materiales cementantes hidráulicos, algunos plásticos de arcilla y otros pueden dar productos de tipo semejante -- (véase Morteros Refractarios Pág. 127).

PREPARACION. - Pueden obtenerse a mano, mezclando con azadón y pala, sobre todo para pequeños trabajos, pero lo más conveniente es prepararlos en mezcladores mecánicos, en donde se baten los ingredientes por un mínimo de 2 m. Pueden aplicarse a mano o por medios mecánicos, con una máquina llamada "cañón" que trabaja con aire comprimido, sobre todo para morteros de cemento, dando un producto de gran compacidad y eliminándose el agua sobrante. Los ingredientes se miden en recipientes de volumen conocido, el cemento se agrega por sacos de 50 Kgs. con peso específico comúnmente de 3 á 3.15, a veces se añaden en peso. La cantidad de agua necesaria depende de la resistencia y consistencia buscadas, varía con la proporción de cal y agregada en exceso afecta la resistencia. En general equivale a 90%, 35% y 17% de los pesos de cal, cemento y arena respectivamente.

CLASIFICACION. - De acuerdo con el contenido de cal, arena y cemento se clasifican en: Morteros de Cal, cuando contienen poco o nada de cemento, comúnmente contienen de 2 1/2 á 3 partes de arena por una de cal. Morteros de Cemento, contienen 1 á 2 partes de arena y a veces cal en contenido no mayor de 15% en volumen. Morteros de Cal y Cemento, contienen 5 á 6 partes de arena, una parte de cal y -- otra de cemento.