

de bolas de acero de 1 a 1 1/4" de diámetro, generalmente de múltiple paso, divididos en compartimientos se parados por una criba y comunicando con un separador de aire tipo Raymond, el cual regresa el polvo de mayor tamaño al primer compartimiento o de molido grueso. Este tiene bolas de mayor tamaño. Varían de 1 1/2 a 3 Mts. de diámetro por 3 a 15 mts. de longitud. Un molino de 50 H.P. puede moler de 22 a 25 toneladas por hora a una fineza de 80 a 90% en malla 200. El producto final se envía a tanques de almacenamiento, en donde pasa por medio de un gusano al horno quemado.

Quemado.- El material alimentando al horno se mueve a lo largo, en contracorriente con los gases calientes provenientes de un hogar situado en la parte anterior (Veáse Pág. 17).

Los gases de salida, formados por anhídridos carbónico y sulfuroso, vapor de agua, etc. arrastran gran cantidad de polvo, pasando por una cámara antes de pasar a la chimenea, para depositar una parte del mismo. Los hornos son cilindros de lámina de acero, recubiertos de ladrillos refractarios, de dimensiones variables desde 25 hasta 150 mts. de largo y de 2 a 3 1/2 mts. de diámetro, exteriormente llevan dos o tres fajas de acero endurecido, sobre los cuales descansa y gira sobre cilindros de fricción colocados sobre bases de concreto. En su parte media lleva un engrane para producir el giro. Giran de 45 a 60 r.p.m. y producen de 300 a 400 toneladas de Clinker por día, durando el material en el horno de 1 a 1 1/2 hs. Los materiales se transforman en el horno en bolas de diversos tamaños de Clinker, el cual pasa a enfriadores rotatorios o con una serie de bandas longitudinales o transversales y una criba en su parte posterior para separar el material demasiado grueso. El clinker obtenido se lleva al exterior para ser sometido a un proceso variable de aereación, para lo cual se aplica en grandes montones, mezclándose constantemente. Esta operación es con el objeto de neutralizar la cal libre, por combinación con la humedad y el anhídrido carbónico del aire.

Obtención, almacenamiento y empaque de cemento.- Finalmente el Clinker se somete a un proceso semejante al del molido de materias primas, en el primer paso se muele en molinos rotatorios de tipo cónico, a una fineza de 80 a 90% en malla 200 y mas tarde, junto con 2 a 3% de yeso, en molinos de bolas hasta fineza de 93-95% en malla 200, pasándose a silos de almacenamiento en donde se conserva por unas pocas semanas para la hidratación y carbonatación de 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.

b.- PROCESO HUMEDO.-

La materia prima utilizada (generalmente Marga) se bombea a depósitos cerca de los hornos, después de pasar por molinos chilenos y ser lavada y clasificada. La arcilla se muele también en molinos chilenos en húmedo y en seco. Cuando se usa caliza como materia prima, se maneja con el proceso seco. Preparadas las materias primas se mezclan en la proporción requerida y se muelen en conjunto, resultando con un contenido de humedad de 30 a 50%, se trasladan 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.

PROPIEDADES.- El cemento Portland, es un polvo muy fino, cuyo color varía de gris verdoso a gris café, capaz de fraguar y endure-

cerse por reacción con el agua. Su nombre proviene de que los materiales usados en su preparación (1824), tenían composición semejante a las calizas de Portland Inglaterra. Los propuso Joseph Asdin, un ladrillero inglés. Su densidad es mayor que la de los otros cementos 3.1 a 3.2 y su densidad aparente varía con la composición de 1.2 a 1.5 Kgs./dm³, su fineza varía de 1,600 a 1,800 cms²/gr., fragua mas lentamente que el cemento natural y mas rápido que el puzolánico. El fraguado inicial es de 1 1/2 a 2 horas y el final de 2 1/2 a 3 1/2, el fraguado inicial, no debe de ser menor de 45m, en el aparato de Vicat o de 1 hora en el Gilmore y el fraguado final debe obtenerse dentro de 10 horas, endureciéndose en un término de 48 hs. a 28 días. Sus propiedades varían con la composición y proporción de los constituyentes, con el grado de molido etc. requiere de 20 a 28 partes de agua para dar una pasta de consistencia normal, durante la hidratación desprende gran cantidad de calor, que tiene influencia en aumentar su dilatación, por lo cual puede producir vaciados porosos al contraerse o partirse, de aquí que para cierto tipo de construcciones se sustituye por una variedad llamada de bajo calor. 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 con arena sílice en briquetas Standard en forma de ocho, debe ser igual a mayor que 19 Kgs./cm² (275 lbs/pulg²) en 24 horas y 25 en 28 días usualmente aumenta hasta 28 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 a 1,800 cms² por gramo en 28 días es de 280 a 300 Kgs./cm².

USOS.- Constituye el material estructural mas usado después del acero. Se emplea en casi cualquier tipo de construcción, adaptándose sus propiedades de acuerdo con las condiciones requeridas, como concreto se aplica para vaciados de techos, paredes, pavimentos, puentes, túneles, conductos, etc. solo o reforzado con acero. Combinando con arena y cal forma los morteros para colocación de ladrillos, piedras, etc. En forma de clinker se emplea para preparar otros cementos de propiedades algo distintas, al mezclarlo con otros materiales, entre ellos puzolanas, cemento natural arena sílice inerte o cal, materiales que por otra parte pueden intervenir también como impurezas, además de otros materiales a prueba de agua, aceleradores del fraguado. Los materiales puzolánicos y la arena sílice se emplean en la obtención de cementos para estructuras marinas o hidráulicas, por su bajo calor de hidratación.

F.- VARIEDADES 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), libres de sulfuro de fierro. Su temperatura de quemado es superior a la del ordinario y resulta mas costoso, por la selección 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. Tienen una proporción mayor de silicato tricálcico que el ordinario, de aquí que el endurecimiento sea mas rápido, produciendo morteros y concretos de mayor resistencia, sobre todo en los primeros 3 días (2 a 3 1/2 veces la del normal), pero disminuyendo la relación con el tiempo. Se usan solo cuando se requiere -

alta resistencia a uno ó dos días, porque su costo es de 40 a 50% -- mas alto que el ordinario.

c.- Portland de bajo calor.- Cuando el cemento se emplea con la construcción de grandes masas de concreto, el calor desprendido durante la hidratación provoca una expansión excesiva y no es fácilmente disipada del interior, provocando esfuerzos entre el interior y el exterior de la masa, que pueden originar roturas. Esta tendencia a la ruptura se reduce bajando el calor de hidratación, para lo cual se aumenta la proporción de silicato dicálcico y se disminuye la del silicato y aluminato tricálcicos, presenta la desventaja de la lenta hidratación del C_2S 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, aumenta la facilidad de trabajo, la resistencia y la impermeabilidad, por lo cual se usa para construcción de presas.

d.- Portland especial.- Modernamente se está fabricando un tipo especial de cemento Portland, mezclado con un agente apropiado que permite la introducción de aire en el concreto preparado, al tiempo de la mezcla. La cantidad de aire introducido no debe ser menor de 15% ni mayor de 21%. La A.S.T.M. permite el empleo de los siguientes productos: Resina Vinsol, Darex AEA., N-Tair y Airalon. La primera consiste de la fracción de alquitrán de Pino insoluble en petróleo, se neutraliza con sosa cáustica para convertirlo en resinato de sodio, antes de la adición. El N-Tair es también un resinato de sodio de la Brea obtenida de trozos de madera de pino tratados previamente con Nafta. El Darex AEA, es una sal Trietanolamina de un Hidrocarburo Sulfonado. El airalon es una mezcla de ácidos grasos y aromáticos, derivados del proceso de manufactura del papel y neutralizados para hacer jabones solubles en agua.

En la fabricación de éstos cementos, se muelen juntos al Clinker y algunos de los productos indicados, pueden usarse los tipos de cementos Portland especificados, obteniéndose los Tipos clasificados como IA, IIA, IIIA, (ASTM.), el 1o. es el normal, el 2o. es de bajo calor, algo resistente al Sulfato y el 3o. tiene Portland de alta resistencia. La fineza debe ser de 1,600 (I) a 1,700 (II) cm^2/gr . El tiempo del fraguado inicial no menor de 60m, y el final no mayor de 10hs., (Gilmore). Resistencia a la compresión (mortero 1: 2.75) de 50 en 48 hs. a 200 Kgs/ cm^2 en 28 días.

G.- CEMENTO PORTLAND - PUZOLANICO.

OBTENCION.- Se fabrica moliendo juntas mezclas de cemento Portland con materias puzolánicas naturales o artificiales (Pág. 25) calcinados o sin calcinar, de tal manera que el material silíceo de la Puzolana se combine con la cal libre del cemento Portland, dando compuestos estables. El principal material puzolánico empleado es la "Escoria" de alto horno, formando cementos conocidos como "Portland Escoria". La preparación de las mezclas es variable, obteniendo cementos con un máximo de cemento Portland de 70%, mientras que otros contienen un máximo de escoria de 70%. En Inglaterra y en Alemania se fabrican con escoria de alto horno, el Cemento Portland-Escoria y el cemento Eisen, en nuestro país (Monterrey) se fabrican los cementos Ferroportland con 45% de Escoria, 47% de Portland y 7 á 8% de Sulfato de Calcio y el cemento Atlante.

PROPIEDADES.- Son mas fácilmente pulverizables, lo que permite darles una mayor fineza que al cemento Portland, usualmente de 3,000 a 3,500 cm^2 por gramo. Producen concretos mas plásticos que

se segregan menos rapidamente y son mas impermeables que los del cemento Portland, sin embargo, requieren mas agua para una consistencia dada y se contraen mas durante el secado; producen menos calor de hidratación, disminuyendo éste con la proporción de la Puzolana, por ej. con un 30% se asemejan al Portland de bajo calor. Los que contienen puzolanas altas en sílice presentan una gran resistencia al sulfato, aumentando con el contenido de los mismos. Los de tierra diatomácea son mas pulverizables y los de mayor resistencia mecánica y resistencia al sulfato, sobre todo si estan calcinados, pero se contraen mas durante el secado, la contracción disminuye con la calcinación; Los de tobas volcánicas y pomez muestran menor contracción, cuando se calcinan disminuye la resistencia al sulfato.

USOS.- Se emplean para obras en grandes masas de concreto, sobre todo para estructuras hidráulicas y obras sujetas a la acción del agua de mar y de sulfatos. Se han empleado mucho en la construcción de presas, por ej. el acueducto Los Angeles fué hecho con concreto de cemento Portland y tobas Volcánicas 1;1. En la represa de Brownsville en E.U.A., en nuestro país se está empleando con gran éxito en la construcción de la presa Falcón.

H.- CEMENTOS DE ALUMINA.-

DEFINICION Y COMPOSICION.- Se llaman también Cementos Fundidos por estar fabricados de una mezcla de Bauxita ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) (Pág. 104) y caliza fundida en el horno eléctrico y mas tarde sometida a quebrado y pulverización. Se emplean mucho en Europa, sobre todo en Francia desde 1910 y son de aplicación relativamente reciente en América, donde se les conoce con el nombre de cementos de Luminita, también se le llama cemento Eléctrico, "Cilcimen" y Cementos Resistentes al Sulfato, consisten de 40% de alúmina, 40% de cal, 15% de Oxido Férrico y 5% de sílice, magnesita material insoluble, etc. los cuales se agrupan formando aluminato cálcico (CA), pentaluminato Tricálcico (C_3A_5), algo de silicoaluminato dicálcico (C_2AS) y un material vídrioso.

PROPIEDADES.- Se presenta mas finamente molido que el cemento Portland, adquiere fraguado inicial mas lentamente que el Portland sin retardador, por la ausencia de silicato tricálcico, pero en cambio se endurece rápidamente, por la formación de hidroaluminatos gelatinosos y cristalinos (C_2A), actuando el gelatinoso como material cementante. Alcanza una gran resistencia en 24 horas, teniendo a las 48 horas una resistencia comparable a la del cemento Portland en 28 días, después continúa aumentando, aunque mas lentamente hasta llegar al doble, desprende gran cantidad de calor, por lo cual para obtener mejores resultados se recomienda ventilar frecuentemente el vaciado. Su principal característica es una gran resistencia a la cristalización de las sales solubles, sobre todo del sulfato, resistiendo la acción del agua de mar, además son menos sensibles al frío. Los morteros de Luminita en atmósfera seca se contraen tanto como los Portland, pero en atmósferas húmedas sufren mas expansión.

USOS.- 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 emplea 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 morteros de escoria, cal y arena. Son de color grisáceo, algo refractarios, se emplean para edificios en sustitución del ladrillo de arcilla ordinario. Sometiéndolo a 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 en moldes, sobre todo en las escorias ácidas, recubriéndolos en su superficie con una fina capa de arena o de ceniza para enfriamiento, lento, o se introducen en enfriadores. A veces se moldean en forma de barra que luego se corta. Para disminuir su fragilidad se mezclan las escorias con arcilla, ceniza, arena, etc. en hornos rotatorios. 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 cementos, por lo que suele llamarseles Fibro-cementos, los componentes se mezclan en seco y se ponen a presión de 10 a 12 atmósferas en presencia de vapor de agua, dejando luego fraguar al aire libre o en secadores especiales (productos planos.) En la fabricación de tinacos, tubos de drenaje, etc. se emplea generalmente la contrafiguración 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 fibro cemento no son inflamables, malos conductores del calor, la acción directa de la llama a temperaturas superiores a 200° 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 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, octagonal, 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 deja un momento de reposo, después de lo cual se puede quitar la placa adicional y se añade una mezcla seca de arenas y cemento de poco espesor y finalmente una capa mas 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 toneladas. Se saca el mosaico y se coloca verticalmente en cajas con tabiques separados hasta que se 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 horas, tiempo suficiente para el fraguado y endurecimiento del cemento. La pintura usada se prepara --

con una mezcla de óxidos metálicos mezclados con polvos de mármol y arena fina para aumentar su viscosidad.

Las dimensiones varían, generalmente son de mas de 5 mm. de grueso y tamaños de 10 X 10, 20 X 20, 30 X 30 y 40 X 40 cms.

USOS.- 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 vaciados en moldes, de mezclas de los materiales mas diversos, con algún producto cementante para dar imitación al granito, de marmol, etc. para lo cual puede mezclarse arena con cemento y un agregado grueso y un colorante. Estas lozas artificiales se emplean para revestimiento de paredes, escalinatas, mesas, etc.