

PROPIEDADES Y USOS.- Dependen de la materia prima utilizada, de la temperatura de calcinación, del grado de deshidratación producido, de la fineza y finalmente de las sustancias agregadas. En general son polvos de color más o menos blanco o ligeramente amarillento, que tienen la propiedad de fraguar formando un sólido suave que se raya con la uña, de aspecto agradable, por lo que se emplean para construcción y en la escultura. La pasta formada con la cantidad apropiada de agua es bastante plástica, pudiendo moldearse a la forma deseada. Su plasticidad varía con la cantidad de agua añadida. El tiempo de fraguado aumenta con la temperatura de calcinación, desde 5 m. para los Yesos de Fraguado Rápido, hasta 20 a 50 horas para los Yesos Lentos, en cambio, disminuye con el grado de fineza y con el aumento de pureza, pudiendo llegar a solo 2 m., para ciertas variedades de yesos muy puros y finamente molidos (yesos dentales). La presencia de ciertas impurezas, tales como arcillas, etc. o la adición de determinadas sustancias de tipo coloidal, disminuyen la velocidad de hidratación y el endurecimiento. Entre dichas sustancias se encuentran: Harinas, gomas, gelatinas, sangre, etc. Efecto parecido producen algunas sustancias cristalizadas, tales como el bórax, y los ácidos tartárico, cítrico o acético. Algunas sales pueden acelerar el fraguado, volviendo el yeso más duro y resistente, por ej: Alumbre, Sulfatos de sodio y Potasio, Sal, etc.

La resistencia de los yesos varía con el tiempo, en general aumenta en los primeros días, llega al máximo en unas cuantas semanas y disminuye después lentamente. Aumenta con la disminución en la velocidad de fraguado, al igual que la dureza, siendo más suaves los de fraguado rápido o de bajo quemado y más duros y resistentes los de fraguado lento, obtenidos a altas temperaturas. La adición de ciertos materiales como talco, asbesto, caolín, etc., lo vuelven resistente a las altas temperaturas, obteniéndose yesos refractarios, que se usan entre otras aplicaciones para moldes de piezas para vaciado. Al hidrolizarse el yeso, muestra cierto carácter ácido, por lo que, usado en contacto con metal, lo corroe, manchándose de amarillo o café. Para estos usos conviene mezclarlo con cemento o cal para neutralizarlo. Para su uso como mortero y para estuco, se mezcla con arena y cal.

CLASIFICACION.- Los diferentes tipos de yesos mencionados pueden agruparse en dos tipos principales: A.- Yesos Incompletamente deshidratados ó Calcinados y B.- Yesos Anhidros, los cuales a su vez, comprenden una variedad pura y otra conteniendo ciertas impurezas, naturales o artificiales. Los primeros comprenden el Yeso de París y el Yeso Cemento y los segundos el Yeso para pisos y los Yesos para acabados duros.

DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS.- a.- YESO DE PARIS. Se llama así porque en París existen los más importantes yacimientos de yeso, se llama también yeso rápido, se obtiene a temperaturas menores de 190°C; es un yeso puro, semihidratado, molido a una fineza de 80 a 90 % en malla 100. (Fragua rápidamente, endureciéndose en (5-15 m.), por lo que se usa muy poco como mortero, usándose principalmente para vaciados, por su rápido fraguado y por su gran contracción y expansión. Tiene una variedad llamada "Yeso para Estuco" que se obtiene deteniendo la deshidratación a los 155-175°C, es también yeso puro, pero no está tan finamente molido.

b.- YESOS CEMENTOS.- Mezclas del anterior con sustancias retardadoras del fraguado, algunos contienen una pequeña cantidad de caballos (1 a 3 Kgs. por ton.) para aumentar su resistencia y cohesión, algunos emplean fibras de henequén o cáñamo. (Se usa con el nombre de Estuco para cubrir paredes) mezclado con cierta cantidad de cal (10 a 15%), fibra y arena (2 o 3 partes). A menudo se le aumenta la plasticidad con adición de arcillas. El tiempo de fraguado varía de 20 a 40 m. Hay una variedad llamada Yeso de fibra de madera, que contiene unos 10 a 20 Kgs. por tonelada de fibra de madera de tilo (sin manchas), en lugar de arena, para darle ligereza y aislamiento al calor y al sonido.

c.- YESO PARA PISOS.- Yeso anhidro de fraguado muy lento, por lo cual debe molerse más fino que el de París. Se obtiene por calcinación del yeso puro a temperaturas pasando de los 205°C, al endurecer desarrolla una gran resistencia mecánica y una gran dureza, por lo que es muy resistente a la abrasión, lo que le permite emplearse para pisos, solo que deben de protegerse contra la humedad mientras fraguan.

d.- YESOS PARA ACABADOS DUROS.- Mezclas del anterior con ciertas sales, como Bórax, alumbre, sulfatos de sodio o potasio etc., para aumentar su velocidad de hidratación, para lo cual, después de un quemado preliminar a alta temperatura, se introduce el producto calcinado en una solución de la sal escogida y se vuelve a quemar. Entre éstos se encuentran: El cemento Keene con 1% de alumbre, que fragua en 20 m. a 6 horas y presenta a los 7 días una resistencia de 3 Kgs/cm². El cemento Mack con 0.4% de sulfato de sodio, que es un yeso pesado, de gran durabilidad y el cemento Parián, con sulfato de Potasio.

e.- PRODUCTOS COMERCIALES.- Se venden en el comercio gran número de figuras de yeso huecas o macizas para efectos decorativos, pero de importancia en construcción pueden considerarse placas ligeras de diversos nombres, fabricadas de mezclas de yeso con no más de 15% de aserrín, desperdicios de turba, fibra de yute y de coco, pelos, cerdas, etc. Algunas de estas tienen excelentes propiedades aislantes, térmicas y acústicas, son ligeras, fáciles de colocar y recubrir, pero se agrietan con facilidad y no resisten los cambios de humedad, se manchan fácilmente y no son muy durables. Hay una variedad de placas de yeso recubiertas en la superficie con papel firmemente adherido y papel de aluminio, resistentes al fuego. También se fabrican bloques huecos de 5 a 7 cms. de grueso, empleados para paredes aislantes al calor. Se pueden aserrar. Pueden fabricarse por vaciado en moldes, o por extrusión. Para construcciones temporales, tabiques para exhibición, etc., se aplica el yeso sobre algunas fibras para reforzarlo y hacerlo tenaz, a menudo se le añade cemento, glicerina o dextrina.

II.- B.- MATERIALES DE CAL Y MAGNESIA.

GENERALIDADES Y DIVISION.- Se conocen con este nombre los productos que resultan de la calcinación de Calizas, Dolomitas (Pag. 78) o Magnesitas. Las propiedades y aplicación de los productos obtenidos dependen del contenido de óxidos de calcio y magnesio que a su vez dependen de la proporción de Carbonato de calcio o Caliza y de carbonato de Magnesio o Magnesita. Los ricos en Oxido de Calcio --

(CaO) ó Cal tienen propiedades cementantes y se conocen con el nombre de *Cales*. Mientras que aquellos en que predomina el Oxido de Magnesio (MgO), se dividen en dos tipos; Magnesia Calcinada de propiedades cementantes y Magnesia de Quemado muerto, de propiedades refractarias.

A.- CALES.- Según su contenido en Oxido de Calcio pueden ser: Cales Grasas o Cáusticas, con más de 90% de CaO+MgO y no más de 3% de CO₂, también se llaman Cales selectas o seleccionadas. Cales Ordinarias o comunes, con 85 a 90% de CaO+MgO y menos de 5% de CO₂ y Cales Magras ó impuras con menos de 85%, estas últimas no son muy convenientes para la construcción. Según la proporción relativa de óxidos de calcio y magnesio pueden ser: Cálcicas con menos de 20% de MgO y Dolomíticas con más de 25% de MgO. Según la forma de presentarse en el comercio pueden ser: Cal Anhidra o Cal Viva, cuando está tal como se obtiene de los hornos, es decir, sin haber absorbido agua y Cal Hidratada ó Apagada, la que se ha tratado con cierta cantidad de agua, para convertirla en Hidróxido de Calcio (Ca (OH) 2). Según su aplicación pueden dividirse en: Cales para agricultura, Cales para uso en la Industria química, Cales para construcción y Cales para acabado.

OBTENCIÓN.- Se obtienen por calcinación de Calizas (Pág. 78) a temperaturas de 800 á 900°C, descomponiéndose los carbonatos en los óxidos correspondientes y desprendiendo anhídrido carbónico (Pág. 12). Si la temperatura de quemado excede de los 1,000°C, la Cal obtenida puede sobrequemarse parcial o totalmente, perdiendo sus propiedades de fraguado, especialmente si contiene mucha Magnesita. Para la calcinación se emplean Hornos de Cuba (Pág. 21), de capacidad variable de 8 á 100 Tons., con alimentación mezclada, hogares separados o quemadores, dependiendo su diseño del tipo de caliza. Pueden ser intermitentes o continuos. El material calcinado se recoge en el enfriador de la parte inferior, de donde se saca al mercedo, si se va a vender en piedra (Cal en Piedra) o puede someterse a pulverizado y cribado para su hidratación o su venta como cal en polvo. Modernamente se emplean los hornos rotatorios (Pág. 20), de capacidad mayor de 100 Tons. por día, trabajando continuamente. Los gases calientes circulan en contra corriente con la carga, la cual una vez calcinada, se pasa a un enfriador que puede ser fijo o rotatorio. Tienen la desventaja de que la caliza debe ser previamente quebrada antes de su introducción al horno, por lo que la cal obtenida es de pequeño tamaño y solo es aceptable para cal en polvo o para la obtención de la cal hidratada. Para la obtención de la Cal Hidratada, se somete la cal viva a un quebrado preliminar, seguido o no de un molido para facilitar la hidratación, y se lleva a hidradores intermitentes o continuos, mezclándola con un mínimo de agua y pasándola después a cribas vibratorias para separar las impurezas, (véase Cemento La farge) a veces se muele tal como sale.

PROPIEDADES.- Varían de acuerdo con su composición química y con la temperatura de calcinación, en general puede considerarse como un producto desleznable o pulverizable, fácilmente hidratable con el agua, desprendiendo gran cantidad de calor y aumentado su volumen de 2.5 a 3 veces. El calor producido y el agua necesaria disminuyen con la proporción de óxido de magnesio y aumentan con el

contenido de óxido de calcio. En la práctica es importante conocer el tipo de cal antes de hidratarla, para esto se toma una pequeña muestra y se le añade agua, anotando el tiempo para que empiece a requebrajarse, si es menos de 5 m. es de hidratación rápida, de 5 a 30 m. es de velocidad media y si tarda más es lenta. Si la cal es del primer tipo, debe añadirse sobre una cantidad de agua suficiente para cubrirla, agitandola cuando se escape vapor y añadiendo agua para detener dicho escape, si es de velocidad media se cubre con agua a la mitad y se agita al producirse vapor, añadiendo pequeñas cantidades de agua para enfriar; si es de baja velocidad se adiciona agua bastante para que quede suficientemente humedecida y se deja en reposo, reemplazando de vez en cuando el agua evaporada. La velocidad de hidratación aumenta con la fineza, porosidad y proporción de óxido de calcio y disminuye con la temperatura de quemado. La cal sobrequemada es químicamente inerte, es decir, que no es susceptible de hidratación en un tiempo razonable. Sin embargo, después de un tiempo, puede sufrir hidratación, causando reventadas o ampollas al usarse en paredes, por eso, cuando la cal va a usarse para pinturas debe dejarse en agua por 5 o más días. La obtenida a temperaturas bajas resulta porosa y suave, con volumen casi igual al original y poca densidad, por el contrario, la obtenida a altas temperaturas, resulta más compacta y más densa llamándosele Cal Dura. Químicamente la cal es un material básico o alcalino, es decir, que puede ser atacada por los vapores ácidos, expuesta al aire en forma de hidrato, se ataca por el anhídrido carbónico del aire (CO₂), formando carbonato de calcio, propiedad a la que debe su endurecimiento. Debe tenerse cuidado en su manejo, porque ataca la materia orgánica, produciendo quemaduras en la piel. Es algo soluble en el agua, formando con ella una pasta de carácter plástico y con un exceso de la misma, una suspensión llamada lechada de cal, usada para pintar. Las Cales Magnesianas y la Cal Hidratada producen morteros de mejor plasticidad y más fáciles de trabajar, mientras que las altas en calcio producen morteros que tienen tendencia a hacerse pegajosos y se trabajan mal. La cal muestra un gran encogimiento al fraguar y endurecerse, por lo cual debe agregarsele de 2 á 4 partes de arena para su uso como mortero, de acuerdo con el tipo de cal. La cantidad necesaria para preparar un mortero sin que éste pierda su plasticidad, se llama capacidad para aceptar arena, siendo menor en la cal hidratada. Con el contenido de óxido de calcio, aumenta el volumen de pasta obtenida, de una consistencia definida.

USOS.- (Se usa en construcción para morteros, para enlucidos, para pintar, etc.) Modernamente se tiende a la distribución y empleo de cal hidratada en lugar de cal viva, debido a la poca eficacia de los métodos de hidratación en la práctica y al poco control que se tiene. Se emplea también para la industria química, para agricultura, como neutralizante, etc.

PRODUCTOS COMERCIALES.- (La cal se vende en el comercio en forma granulada, en piedra, pulverizada o en morteros preparados de cal y arena, también se distribuye y quizá en mayor escala, como cal hidratada. En algunas partes se fabrican ladrillos de cal y arena, y ladrillos flotantes de piedra pómez.) Los primeros se obtienen por prensado de mezclas de arena con 8 á 10% de cal, molidas en seco y batidas con agua para obtener una masa plástica. Los ladrillos obtenidos se endurecen sometiendo a la acción del va-

por por 6 á 10 horas a una presión de 10 á 15 atmósferas. Son productos ligeros, blanco grisáceos, a veces se hacen impermeables mezclándolos con productos bituminosos. Se emplean para obras marítimas. (Los ladrillos flotantes) pueden obtenerse moldeando en forma semejante o a mano mezclas de cal, arena y piedra pómez pulverizadas, se dejan fraguar y secar al aire por dos ó tres meses. Son de baja densidad, refractarios, aislantes al calor y al sonido, pueden aserrarse o clavarse como la madera, se fabrican también en forma de placas. Se usan para tabiques ligeros, revestimiento de muros, etc.)

B.- PRODUCTOS DE MAGNESIA.- La Magnesia se obtiene de la calcinación de la Magnesita o Carbonato de Magnesio, en hornos semejantes a los empleados para la cal. Si la temperatura no excede a la de calcinación, que es de 700-800°C, se obtiene la Magnesia Calcinada, de propiedades cementantes, mientras que si la temperatura se eleva a 1,400°C-2,000°C, se obtiene la Magnesia Quemada o de quemado-muerto, perdiendo sus propiedades aglomerantes. Modernamente se obtiene como producto secundario de la industria de las sales potásicas. Tiene también propiedades aislantes.

MAGNESIA CALCINADA.- Polvo blanco voluminoso (p.e. 3-3.2), de reacción menos alcalina que la cal y como ésta casi insoluble en el agua. Mezclada con agua forma una pasta que se endurece al cabo de doce horas, adquiriendo la dureza del cemento Portland. Se usa para comunicar a la magnesia de quemado muerto propiedades aglomerantes y para la obtención del Oxidocloruro de Magnesio.

MATERIALES DE OXICLORURO.- Productos obtenidos a partir del cemento de Oxidocloruro de Magnesio o Cemento Sorel, resultante de la reacción entre la Magnesia calcinada y el Cloruro de magnesio en solución saturada (20-22° Bé), con la adición en ocasiones de Sulfato de Magnesio, que forma oxisulfato. El cemento obtenido tiene la propiedad de aceptar gran cantidad de materiales de relleno, tales como arena, aserrín, harina de madera, polvo de corcho, asbesto, etc., conservando sus propiedades cementantes y dando productos de gran dureza, resistentes al agua y a la abrasión y susceptibles de adquirir bello pulimento. Mezclado con silicato de sodio da cementos a prueba de ácidos. (Se emplea para estuco y trabajos interiores, para obtención de piedras de esmeril, para proteger los pisos de concreto contra la abrasión, para pisos de hospitales y edificios públicos) etc. Pueden usarse por aplicación directa o en forma de placas vaciadas o prensadas, de las cuales hay gran variedad en el comercio con nombres diversos, siendo las principales las Xilitas, hechas con harina de madera, fáciles de labrar y pulir, dando aspecto de mármol. Casi todas son refractarias, aislantes al calor y al sonido, y resistentes a la humedad y al desgaste.

CEMENTOS HIDRAULICOS.

GENERALIDADES.- (Comprenden una serie de productos de composición algo variable y constitución compleja no muy bien conocida, que tienen la facultad de solidificarse y endurecerse bajo el agua (Fraguado), propiedad que se conoce como "Hidraulicidad", por la que algunos tienen gran importancia en construcciones hidráulicas. (En general se usan en construcciones comunes, por su gran resistencia a la intemperie y mecánica. Los más importantes son: Cementos Portland, Portland de escorias y Cemento de Escorias, de menor importancia son los Naturales, los de Alúmina y los Puzolánicos. Todos éstos tipos tienen dos variedades, la Normal y otra con Aire atrapado. De importancia secundaria son las Cales Hidráulicas y el Cemento Lafarge.)

COMPOSICION Y CONSTITUCION.- Aunque la composición es muy variable, todos constan de 3 óxidos principales a saber: Oxido de Calcio (CaO) ó Cal, Oxido de Silicio (SiO₂) ó Sílice y Oxido de Aluminio ó de Alúmina (Al₂O₃). Además pueden contener: óxido de fierro (Fe₂O₃), óxido de magnesio y algunos sulfato de calcio. En los análisis de composición el fierro se incluye como Fe₂O₃, junto con la Alúmina en un término llamado R₂O₃, la magnesia junto con la cal, y el sulfato como SO₃. Estos óxidos componentes se agrupan formando compuestos diversos que se supone sean principalmente: Silicatos Dicálcico (2 CaO. SiO₂) y Tricálcico (3 CaO. SiO₂) y Aluminato tricálcico (3 CaO. Al₂O₃), además el fierro puede existir en forma de ferrito-aluminato tetracálcico en ciertos cementos (4 CaO. Al₂O₃. Fe₂O₃), algunos tienen cal libre o sulfoaluminatos. (En el cuadro adjunto puede verse la composición aproximada de los diferentes tipos.

T I P O S D E C E M E N T O .

Componentes.	Cal Hidráulica.	Natural.	De Escoria.	Portland.	Portland de Escoria.	De Alúmina.
CaO+MgO %	75-85	46-48	45-55	64-70	61-66	36-47
R ₂ O ₃ %	2-8	9-16	9-18	8-13	9-15	39-53
SiO ₂ %	11-16	23-29	30-40	19-22	22-27	7-17

MANUFACTURA.- Se fabrican por quemado de mezclas adecuadas de materiales calcáreos, arcillosos, arcillo-calcáreos o bien mezclando cal viva con cenizas volcánicas ó escoria. La cocción puede desarrollarse en hornos de cuba o rotatorios y puede ser: hasta calcinación (Natural), hasta reblandecimiento o un principio de fusión (Portland) o hasta fusión completa (De Alúmina). También pueden emplearse mezclas de componentes previamente fabricados, por ej: el Cemento Portland Escoria emplea un componente reblandecido (Portland) y otro fundido (Escoria). Durante la cocción se pierde el agua de hidrata-