

Deji 66



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"MATERIALES AGLOMERANTES, CLASIFICACION
Y UTILIZACION EN PROCESOS
CONSTRUCTIVOS"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTAN :
HUMBERTO JIMENEZ MARTINEZ
MAURICIO RAMIREZ GOMEZ

México, D. F.

Agosto de 1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	UTILIZACION DE LOS MATERIALES AGLOMERANTES.....	4
III.	DEFINICION Y CLASIFICACION DE MATERIALES AGLOMERANTES.....	8
IV.	SU ESTADO NATURAL Y FABRICACION.....	11
V.	ESPECIFICACIONES Y NORMAS TECNICAS PARA SU USO.....	71
VI.	UTILIZACION EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y RECOMENDACIONES PARA SU USO.....	101
VII.	CONCLUSIONES.....	139

* * *

I. INTRODUCCION

En la elaboración de este trabajo, no pretendemos descubrir nada - ya conocido, porque no en vano y gracias a la contribución que a este respecto nos hemos ayudado de varios autores, nos permite que en la actualidad dispongamos de cuantiosa información veraz y conocimientos valiosos - acerca de los materiales aglomerantes y sus aplicaciones en la ingeniería.

Simplemente perseguimos resaltar y a la vez generalizar, aquellos aspectos más sobresalientes que reúnen los materiales aglomerantes, por - tales motivos hemos dedicado una mayor extensión a los temas considerados a fin de poder ofrecer una información más completa en cuanto a las materias primas, métodos de fabricación, productos elaborados y posibilidades técnicas y constructivas.

El estudio de los diversos aglomerantes lo haremos de acuerdo con la historia de los mismos y la importancia de cada uno de ellos, se hará resaltar posteriormente al tratar sus aplicaciones y usos en la construcción, ya que los materiales usados en la ingeniería deben de poseer varias y determinadas propiedades que definan y aseguren su aplicabilidad y adecuación para el uso que se destinen.

Normalmente estas propiedades, junto con el valor que para cada -- propiedad representa la magnitud de la calidad deseada, son especificadas por el proyectista; le corresponde al constructor (y supervisor) asegurar que estas especificaciones se cumplan en cada momento. Las propiedades - típicas especificadas son por ejemplo el esfuerzo de fluencia y la deformación a la ruptura, en el acero de refuerzo en el concreto armado; la re sistencia a la compresión, en el concreto para estructuras, y la resisten cia a la tensión y a la compresión, en el concreto para pavimentos.

Del mismo modo, existen especificaciones, en concordancia con el -

uso propuesto para cualquier material de ingeniería, sean estos materia-- les aglomerantes, aceros, vidrios, madera, etc., ya que todos los ingenie-- ros civiles, están o deberían estar íntimamente ligados con los materia-- les de que disponen, ya sea un trabajo ingenieril, el constructor tendrá la obligación de conocer a fondo las propiedades y las características -- del comportamiento de los materiales que se propone emplear.

Lo importante es que las propiedades especificadas cumplan efecti-- vamente todos y cada uno de los requisitos que el material debe satisfa-- cer, para cumplir su función de manera adecuada para lo cual han sido se-- leccionados.

Los procedimientos para medir estas propiedades están siempre suje-- tos a normas y especificaciones con el propósito de permitir cuantificar-- las de manera repetible e independiente de la prueba misma; por ejemplo -- las pruebas que se le aplican a ciertas obras de importancia, como son -- las presas, pilas, losas, traveses, columnas, etc., para hacer la selección del material a emplearse, deberíamos tomar en cuenta propiedades tales co-- mo revestimiento, tamaño máximo del agregado, etc., así como el importante factor que es el costo de los materiales.

En la construcción de edificaciones, los aglomerantes presentan im-- portantes y diversas aplicaciones, ya sea, unir o pegar los elementos sim-- ples de la obra como son: piedras, ladrillos, bloques, revestimiento de superficies protegiéndolas o decorándolas, constituyendo por sí mismo ma-- teriales de construcción, formando elementos monolíticos estructurales, -- como el concreto en cimientos, traveses, etc.

Por razones de carácter técnico y económico rara vez se utilizarán los aglomerantes sin la adición de materiales inertes, los cuales se les llaman pétreos, los cuales tienen gran influencia en las mezclas en que -- intervienen ya que al mezclarse con los materiales aglomerantes sus caracte--

terísticas físicas, químicas y mecánicas dependen de los resultados que se buscan, así para obtener un buen comportamiento, garantía y seguridad de las obras.

Finalmente, si con todo este trabajo se consigue satisfacer las necesidades de conocimiento del profesor-alumno, se habrá satisfecho una de nuestras metas, ya que fue siempre lo es ahora y seguirá siéndolo, en un futuro tratar de lograr el buen entendimiento y aplicación de los materiales aglomerantes aplicados a procesos constructivos.

Presentamos en este trabajo, los resultados obtenidos de varios estudios recientes y anteriores para la clasificación de los materiales - - aglomerantes, así como su descripción, estado natural en que se encuentran, fabricación, propiedades y su utilización en procesos constructivos.

Sabemos que ciertos materiales tienen la propiedad de endurecerse y convertirse en un sólido más o menos compacto, adheriéndose fuertemente a las superficies pétreas en las cuales se ponen en contacto generalmente por el intermedio del agua y otros por polimerización, tales sustancias se conocen con el nombre de "materiales aglomerantes" y tienen una gran importancia para la unión de materiales pétreos naturales o artificiales para fabricación de partes moldeadas o en construcción en general.

II. UTILIZACION DE LOS MATERIALES AGLOMERANTES

Los primeros rastros del empleo de los materiales aglomerantes los encontramos en los grandes monumentos egipcios, en los cuales los aglomerantes empleados era el yeso, a pesar de existir abundante caliza. La escasez de combustible parece explicar este proceder.

Los griegos han sido los primeros en utilizar la cal, aunque es posible que fueran los persas, pues hay quienes afirman que aquellos aprendieron de éstos la aplicación de la cal en las construcciones fueron los romanos.

Estos la usaron en la ejecución de sus monumentos y edificios y -- llevaron hasta los confines de sus dominios la ciencia de su empleo. Tanto los romanos como los griegos usaban casi exclusivamente la cal, ya sola o con ciertas materias volcánicas, las que aumentaban el poder adhesivo y comunicaban propiedades hidráulicas a los morteros y concretos elaborados con dichas mezclas. Los helenos empleaban como adicionante las tobas volcánicas de la Isla de Thera; los romanos aprovechaban las tobas -- volcánicas rojas o púrpuras de diferentes procedencias, distinguiéndose -- entre éstas últimas las extraídas a las cercanías de Pozzuolli, este nombre dio a la denominación de puzolanas, para todas aquellas materias de -- cualidades de las puzolanas.

La palabra concreto, entonces designaba a esos materiales adic-- nantes, más tarde, al mortero y finalmente por evolución alcanza el signi-- ficado actual.

Las construcciones romanas son elocuentes testigos del progreso lo grado en la fabricación y uso del mortero de cal; declina este luego en -- la edad media, manifestándose ello especialmente en la falta de cocción -- de la cal y en la baja preparación del mortero (siglos IX-X). A partir --

del siglo XII, simultáneamente con los albores del Renacimiento, la elaboración de los morteros también mejora y progresa sin detenerse hasta nuestros días.

Corresponde mencionar que Plino, Vitrubio y San Agustín, entre los tratadistas más antiguos del cemento.

John Smeaton (1756), estudiando el comportamiento químico de ciertas calizas, encontró que daban mejor resultado aquellas que contenían -- más cantidad de materiales arcillosos. Constituyen estas investigaciones el origen de la cal hidráulica.

James Parker (1796) descubrió que podía prepararse cemento hidráulico calcinando módulos de caliza arcillosa, que encontraba en ciertas capas de la era terciaria. Al producto así aplicado se le llamó cemento ro mano.

L.J. Vicat, haciendo investigaciones sobre calces hidráulicas, llegó a preparar una cal hidráulica artificial por calcinación de una mezcla de caliza y arcilla.

Estos inventos constituyen los primeros pasos de la fabricación -- del cemento Portland. Otras iniciativas en igual sentido, se deben a L. F. John y James Frost (1811); pero la versión corriente atribuye la investigación e invención del cemento Portland a Joseph Aspdin (1824). Su prmera fábrica estaba en Wakarfield.

El nombre de cemento Portland se debe al parecido de su color (una vez fraguado) con el de la piedra de Portland. William Aspdin, hijo de -- Joseph, e Issac Carlos Johnson se hallan entre los primeros fabricantes -- del cemento Portland.

El nuevo producto por sus altas cualidades adhesivas e hidráulicas fue desplazando a sus rivales en la construcción.

Su uso y su aplicación se incrementaron a medida que se perfeccionaron los métodos de fabricación, se conocieron las proporciones de sus ingredientes y las propiedades que éstos conferían al cemento Portland.

El estudio científico se inició verdaderamente, con los trabajos de Vicat, quien llegó a la conclusión de que el silice de la arcilla es el agente principal de endurecimiento.

Luego aparecen entidades como el Instituto Carnegie Washington y el Bureau of Standart en EE.UU., que estudian en forma sistemática la constitución, fraguado y todo lo relativo al cemento.

Por otro lado el yeso era conocido en la más remota antigüedad. Los egipcios lo utilizaron en la construcción de la pirámide de Keops en el año 2800 antes de Cristo. En el siglo IV a. de Cristo el filósofo griego Teofrasto ha descrito la fabricación del yeso tal como era efectuada en su época y Plino el Viejo, en su Historia Natural, explica los procedimientos empleados por los romanos en el siglo I antes de Cristo para la fabricación y utilización del yeso.

Fueron las legiones romanas las que llevaron a las Galias sus procedimientos y cuya tradición, olvidada por los maestros de obras en el curso de las invasiones bárbaras, fue guardada durante muchas décadas por los monjes de Clany y del Cister, para comenzar una gran expansión en el siglo XIII. En esta época el yeso sirve para la juntura de tabiques, para la edificación de los tabiques de yeso puro o mezclado con materiales fibrosos, para el revoque, o revestimiento de las paredes interiores y para el modelado.

En el curso de los siguientes siglos, el empleo del yeso no ha dejado de extenderse, utilizándose en el revestimiento de techos y en la decoración, o se mezcla con cal, para el revestimiento de exteriores. Es pues, en una época muy reciente cuando se han aportado nuevos conocimientos sobre el yeso y ellos han sido sobre todo en cuanto se refiere a su fabricación.

Actualmente el yeso es utilizado además de la artesanía tradicional, en la industria, en particular, su uso se ha extendido con el incremento de los procedimientos de prefabricación.

III. DEFINICION Y CLASIFICACION DE LOS MATERIALES AGLOMERANTES

III.1 DEFINICION

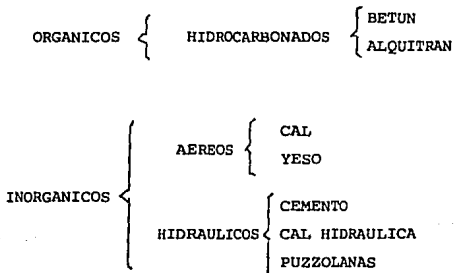
Se denominan materiales aglomerantes a los cuerpos que tienen la propiedad de adherirse a otros, que en construcción sirven para unir materiales pétreos. Es decir que los materiales aglomerantes son aquellos materiales que por lo generalmente mezclados con agua se plastifican y que al secarse alcanzan cierto grado de resistencia mecánica.

III. 2 CLASIFICACION

Los materiales aglomerantes se clasifican según su constitución y se dividen en: ORGANICOS e INORGANICOS.

Los ORGANICOS son los que comprenden únicamente a los materiales - hidrocarbonados que combinan varias de sus moléculas para formar una molécula más compleja de igual fórmula que las simples, es decir por polimeración.

Los INORGANICOS, según la transformación experimentada durante el endurecimiento. Dentro de este grupo se encuentran los aéreos e hidráulicos.



Los hidráulicos.- Son los que fraguan tanto en el agua como en el aire, dando en el agua una serie de reacciones químicas acompañada de fenómenos de cristalización.

Y finalmente los hidrocarbonados que son los hidrocarburos más o menos líquidos o viscosos, que se endurecen por polimerización. A continuación definiremos cada uno.

YESO.- Es el producto que se obtiene de la deshidratación parcial por calentamiento y la molienda del yeso puro natural, constituido principalmente por sulfato cálcico hidratado ($\text{SO}_4\text{CaH}_2\text{O}$).

CAL.- Es el producto resultante de la descomposición por el calor de las rocas calizas puras, a temperaturas que oscilan entre 800°C y 900°C.

CEMENTO.- Es el producto obtenido por molienda fina de clinker producido por una calcinación hasta la temperatura fusión incipiente, de una mezcla íntima, rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos, sin adición posterior a la calcinación, excepto yeso calcinado o no calcinado y en cantidad no mayor que el 3%.

CAL HIDRAULICA.- Es la cal parcialmente hidratada o apagada en polvo que, además de solidificarse o fraguar en el aire, lo hacen debajo del agua.

PUZZOLANAS.- Son todos los materiales naturales o artificiales que aún no siendo por sí mismos contienen elementos que al combinarse en forma de polvos con la cal a la temperatura ordinaria y en presencia del agua, reaccionan formando compuestos insolubles y estables los cuales poseen propiedades aglomerantes semejantes a los aglomerantes hidráulicos, dichos materiales son de origen volcánico.

BETUN O BITUMEN.- Son sustancias de color negro o café oscuro sólidas o viscosas, brillantes, dúctiles, que se ablandan por el calor. Según la Asociación Internacional de los Congresos de Carretas, el betún -- son "mezclas de hidrocarburos naturales o pirogenados o de sus combinaciones y pueden ser gaseosos, líquidos, viscosos, solubles por completo en - sulfuro de carbono".

ALQUITRAN.- Es el producto resultante de la deshidratación seca - de carbones bituminosos (2-4%), sobre todo de la hulla, en la obtención - del coque.

Es un líquido viscoso, denso de color oscuro, por la presencia de partículas de carbón en suspensión.

IV. ESTADO NATURAL Y FABRICACION

IV.1

El yeso abunda en el país, los yacimientos más grandes de yeso se localizan en terrenos sedimentarios por evaporación de lagos y mares. La mayor parte de las ocasiones se presenta asociado con capas de sal gema. Como yacimientos notables en el país pueden citarse los bancos de Tamazula y Hostotipaquillo (Jalisco) y Guadalcazar (S.L.P.), donde se explota el yeso en gran cantidad.

En estado natural el yeso contiene impurezas como carbonatos de cal, arcilla, betún, óxido ferroso, sílice, etc., los cuales pueden alterar el color del yeso por lo que se recomienda eliminarlas para obtener un producto fino.

El yeso para la construcción se clasifica en los siguientes tipos y subtipos con un solo grado de calidad.

A. Tipo 1	Premezclado
Subtipo 1.1	Para base panel de yeso
a)	con vermiculita
b)	con perlita
c)	con arena
Subtipo 1.11	Para base de mampostería, poroso
a)	con arena o perlita
b)	con vermiculita
B. Tipo 2	Sin agregados
C. Tipo 3	Sin agregados "R" (para mezclas con arena solamente).
D. Tipo 4	Con fibra de madera

E. Tipo 5

Bond (para pase de cemento tipo Portland).

F. Tipo 6

Para capa de acabado.

El yeso en estado natural se presenta bajo 2 formas: a) Cristalizado (SO_4Ca), llamado anhidrita; b) con dos moléculas de agua ($\text{SO}_4\text{Ca } 2\text{H}_2\text{O}$) denominado piedra de yeso o algez.

La anhidrita es incolora o blanca, cuando está pura su densidad es igual a 2.46 y dureza igual a 3 de la escala de Mohs. De estructura compacta, absorbe el agua rápidamente convirtiéndose en yeso o algez. Generalmente le acompañan el cloruro de sodio y el yeso. En estado puro contiene una composición centésima de:

Anhidrido sulfúrico (SO_3)	58.82
Cal viva (CaO)	<u>41.18</u>
	100.00

El algez o piedra de yeso es sulfato de calcio, dihidratado que en estado puro corresponde a la fórmula química: $\text{SO}_4\text{Ca } 2\text{H}_2\text{O}$; y se compone de:

Cal viva (CaO)	32.60
Anhidrido sulfúrico (SO_3)	46.50
Agua (H_2O)	<u>20.90</u>
	100.00

Las piedras de yeso obtenidas en estado natural se presenta bajo - diversas formas y aspectos, de acuerdo a su estructura mineralógica, éstas variadas formas pueden ser:

Yeso fibroso.- En estado puro está formado por el algez o piedra de yeso, este tipo está cristalizado en fibras sedosas.

Yeso espejuelo.- Se cristaliza en voluminosos cristales, que se dividen fácilmente en especie de láminas delgadas y brillantes.

Yeso en flecha.- Cristalizado en forma de punta de lanza.

Yeso scarino o de estructura compacta.- Cuando este es de grano muy fino, recibe el nombre de alabastro. Este alabastro se diferencia del calizo por no tener reacción a los ácidos.

Yeso calizo o piedra ordinaria de yeso.- Contiene hasta un 12% de carbonato cálcico.

La piedra de yeso o algez en cualquiera de sus variedades, cuando es pura, es incolora o blanca, pero por lo regular contiene impurezas, to mando coloraciones ya sean amarilla, rojiza, gris, etc.

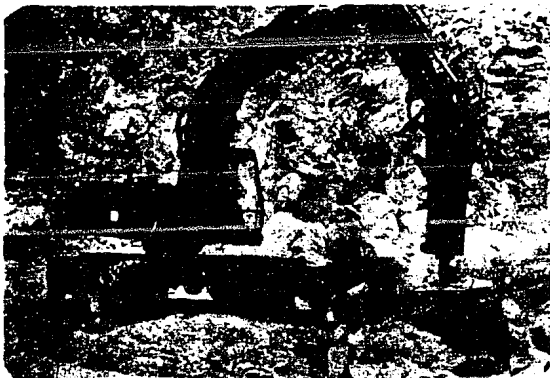
El yeso es un material cuyo fraguado es bastante rápido. Después de que se le agrega agua, el proceso del fraguado se inicia a los 2 ó 3 minutos y termina de 15 a 20 minutos después.

El fraguado del yeso produce un desprendimiento de calor, a tal grado que la temperatura llega a reducirse hasta en 20°C. Al término del fraguado, se puede observar una contracción en la masa del yeso, la cual es seguida por un incremento de volumen del 0.5%.

FABRICACION

Para la fabricación del yeso se siguen las siguientes etapas: EXTRACCION DE LA PIEDRA DE YESO, TRITURACION, CALCINACION, ENFRIAMIENTO Y MOLIENDA, ALMACENADO.

EXTRACCION DE LA PIEDRA DE YESO. Esta extracción puede ser en galerías o a cielo abierto según sea la cantera y como el yeso no es una roca dura, los resultados más económicos se obtienen al explotar los bancos de material mediante una explosión a cielo abierto, procurando que se fragmente lo más posible la roca, para reducir la trituración.

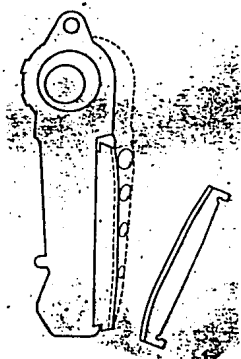


CANTERA

TRITURACION. En esta etapa se pueden utilizar trituradoras de mandíbulas, martillos y cónica. Según la abertura de trituradora que se desee emplear, las rocas de 40 ó 50 cm. se reducen a fragmentos de 5 y 10 cm.

Para la segunda etapa en el proceso de trituración, la pulverización, se utilizan tritadoras cónicas y en otras ocasiones molinos de bolas de acero.

Todo el material debidamente pulverizado es almacenado en silos.



TRITURADORA DE MANDIBULAS

CALCINACION. La calcinación del yeso se lleva a cabo en hornos -- que se pueden dividir en:

DE CONTACTO DIRECTO CON EL FUEGO	{	FIJOS ROTATORIOS	{	RUDIMENTARIOS DE CUBA DE COLMENA
SIN CONTACTO DIRECTO CON EL FUEGO	{	FIJOS ROTATORIOS	{	DE PANADERO AUTOCLAVES DE CALDERA

Conviene conocer el proceso de deshidratación del yeso es lento -- dentro los 90°C y 100°C, bastante acelerado a 120°C, pero el proceso de deshidratación se llega a alcanzar a temperaturas superiores a 240°C. De 107° a 170°C pierde molécula y media de agua, con lo cual adquiere propiedades suficientes.

De 170°C a 200°C casi pierde la otra molécula de agua, pero si se expone al medio ambiente puede recuperarla fácilmente.

De 200°C a 250°C su contenido de agua es cada vez menos y sus características son: fraguado lento y buena resistencia.

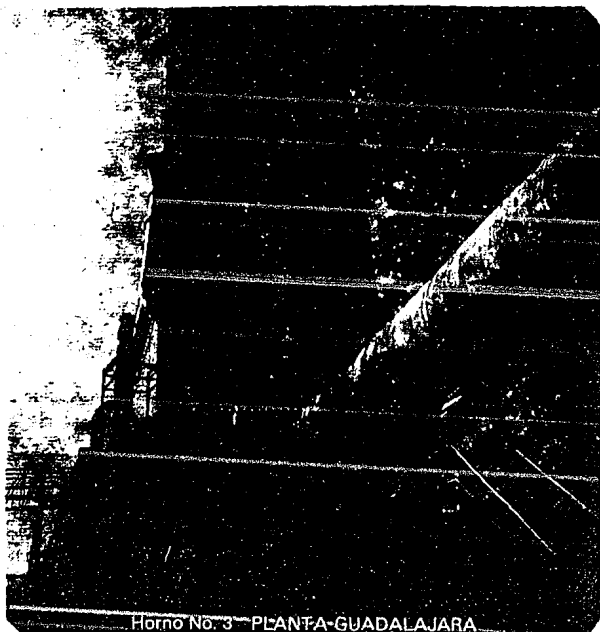
De 250°C a 400°C su contenido de agua es casi nulo, con fraguado lento pero con resistencia casi nula.

De 400°C a 700°C se obtiene un yeso que al no contener agua no fragua. Se le conoce como yeso muerto.

De 750° a 800°C se obtiene un yeso de fraguado lento conocido como anhídrita granulosa.

De 800° a 1000°C se forma el llamado yeso de pavimentos.

De 950° a 1200°C se obtiene el yeso hidráulico.

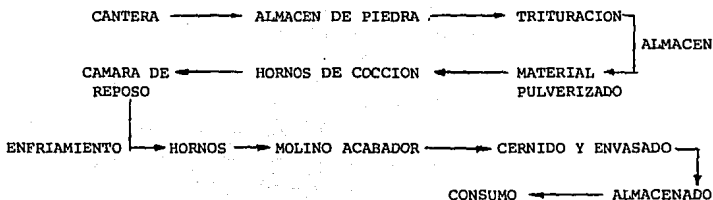


ENFRIAMIENTO Y MOLIENDA. Al término de la cocción del yeso, se saca del horno y se transporta a cámaras de reposo o enfriamiento, de donde se pasa a los molinos refinadores. Esta operación en el yeso tanto crudo como cocido, resulta muy costosa, por ser un material muy elástico.

ALMACENADO. El producto final resultante de todas las etapas anteriores, es decir del yeso hidráulico, absorbe con gran rapidez la humedad

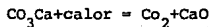
del aire, cosa que hay que evitar, almacenándolos en silos o depósitos -- verticales protegidos de la humedad. En su parte interior estos silos o depósitos verticales elevados terminan en una tolva con dispositivo automático de envasado, mismo que se hace en bolsas de papel listas para el constructor.

A continuación se hace un dibujo representativo desde la extracción hasta su venta.



IV.2 CAL

Como sabemos, la cal es el producto resultante de la descomposición por el calor de las rocas calizas puras a temperaturas que oscilan entre 800° y 900°C. Durante este proceso se verifica la siguiente reacción química.



Al producto de esta reacción se le conoce con el nombre de cal viva.

El estado natural en que se encuentra es igual que el del yeso, -- que se localiza en terrenos sedimentarios.

Las cales naturales casi nunca son la especie química de carbonato

de calcio, pues le acompañan otros cuerpos como la arcilla, magnesia, hierro, azufre y otras materias orgánicas, de no volatizarse, comunican a la cal propiedades que dependen de la proporción que entran a formar parte - en la roca caliza y se clasifican principalmente bajo 2 criterios que son:

El primer criterio que toma en cuenta el contenido de arcilla y -- magnesia que tenga la cal. Y se dividen en: a) cal grasa; b) cal magra; c) cal hidráulica.

El segundo criterio es el que toma en cuenta el valor obtenido con su índice hidráulico (ver capítulo V, Propiedades de la Cal).

a) Cal grasa.- Es en la cual su contenido de arcilla no excede al 5% y el de magnesia es menor al 3%. La cal que produce al calcinarse se le llama cal grasa, y al apagarse resulta una pasta fina cohesiva, y untosa, blanca que aumenta mucho de volumen, permaneciendo indefinidamente -- blanda en sitios húmedos y fuera del contacto del aire, y en el agua termina por disolverse.

b) Cal magra.- Son las que proceden de rocas calizas, en la cual su porcentaje de arcilla es menor al 5%, pero además su contenido de magnesia es superior al 10%. Al formarse una pasta (una vez mezclada con -- agua) de color gris, es poco cohesiva, y soluble en agua, por estas razones no son muy convenientes para la construcción.

c) Cal Hidráulica.- Se obtiene por la calcinación de arcillas arcillosas que contienen suficiente sílice para dar al producto la capacidad de endurecerse bajo el agua, es decir que formen una parte de los -- constituyentes de los cementos.

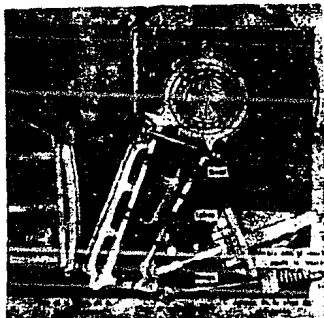
FABRICACION

Los procesos que se siguen para la obtención de la cal no varían -

de los que se emplean para el yeso. Estas etapas de fabricación son: EXTRACCION, TRITURACION, CALCINACION, APAGADO, MOLIENDA, ALMACENADO Y ENVASADO.

EXTRACCION. Se hace a cielo abierto en canteras por medio de explosivos. Directamente de la cantera se obtiene la piedra en bloques de tamaño muchas veces muy grande, que es necesario cuartear. Esta operación, es muy cara y molesta, el manejo de explosivos adecuados y la longitud y disposición relativa de los barrenos, puede reducir a un mínimo este trabajo complementario; vale la pena de hacer los tanteos necesarios para llegar a la solución más conveniente en este aspecto, pues tener que cuartear una proporción elevada de material, además de ser caro entorpece la explotación normal de la cantera.

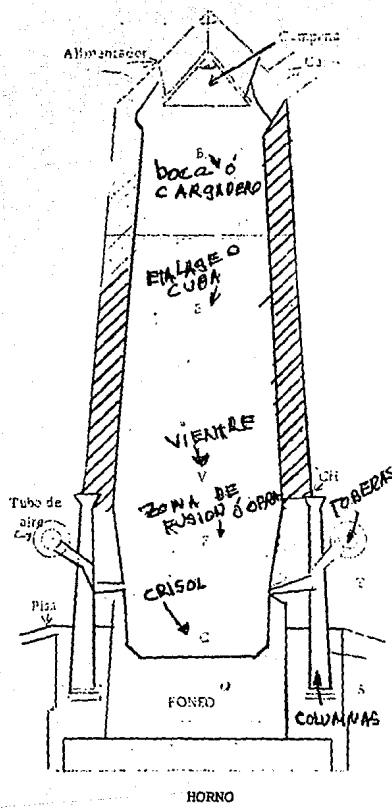
TRITURACION. En esta etapa se emplea equipo convencional de trituración (trituradoras de quijadas, cónicas, etc.), para reducir la caliza a tamaños convenientes.



TRITURADORA DE QUIJADAS

CALCINACION. Esta se hace a temperaturas que oscilan entre 800°C

a 900°C, descomponiéndose los carbonatos en los óxidos correspondientes y desprendiendo anhídrido carbónico. Si la temperatura de calcinación exce de a los 1000°C, la cal obtenida puede sobrequemarse parcial o totalmen-- te, perdiendo sus propiedades de fraguado, especialmente si contiene mu-- cha magnesita. Al producto final de esta operación, se le conoce como -- cal viva.



APAGADO DE LA CAL. La cal calcinada requiere de agua, para que se hidrate, a esta operación se le llama "apagado de la cal". En esta etapa el material calcinado se puede sacar al mercado, si se va a vender en piedra.

Los procedimientos de apagado pueden ser:

Apagado espontáneo al aire.

Apagado por aspersión.

Apagado por inmersión.

Apagado por fusión.

Apagado en autoclaves.

Para el proceso de hidratación una cal rica en calcio requiere - - aproximadamente de 75 litros de agua para apagar 100 kg. de cal, mientras que una cal con alto contenido de magnesia necesitará aproximadamente 50 litros de agua para apagar los 100 kilogramos de cal.

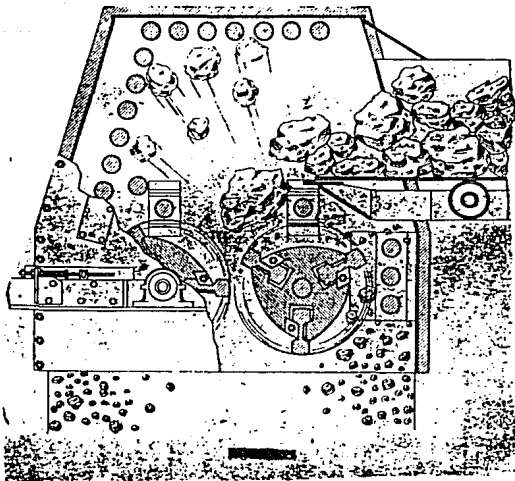
MOLIENDA. Para que el producto sea pulverizado, se pueden utilizar dos tipos de molinos: de bolas y de martillos.

Con el de martillos los gastos de molienda resultan menores que el de bolas.

Las machacadoras de martillos constan de una envolvente metálica, en cuyo interior giran unos martillos; la piedra que entra por gravedad - es golpeada por los martillos y lanzada por ésta contra la envolvente, -- que tiene placas rompedoras. Los martillos pueden estar fijos al eje o - ser móviles.

Los martillos, placas y barras rompedoras deben de ser de acero de alta resistencia, corrientemente al manganeso; todos estos elementos que se desgastan con relativa rapidez, han de poderse cambiar con facilidad.

También hay trituradoras de dobles martillos. Admiten piedra hasta de 75 cm. y llegan a reducirla a 2.5 cm. El rendimiento de estas trituradoras varía de 100 a 200 toneladas sobre hora.



ALMACENADO Y ENVASADO. Durante esta última etapa el material obtenido es almacenado en silos verticales, dotados de un sistema para el envasado automático; este envasado es realizado en bolsas de papel y está lista para el consumidor en estas bolsas de 25 kg.

IV.2 AGLOMERANTES HIDRAULICOS

Se les llama aglomerantes hidráulicos a aquellos materiales que -- fraguan en forma pétreo tanto en el aire como en el agua, y los materiales que pertenecen a este grupo son las cales hidráulicas y los cementos, pero también se incluyen las puzolanas que aunque dichos aglomerantes no fraguan por sí solas, pero si se mezclan con cales, nos dan productos hidráulicos, por lo tanto los materiales aglomerantes quedan clasificados -- de la siguiente manera:

AGLOMERANTES HIDRAULICOS

{ CALES HIDRAULICAS
 CEMENTOS
 POZOLANAS

IV.2.1 CAL HIDRAULICA

La cal hidráulica es una cal parcialmente hidratada o apagada en polvo que, además de solidificarse o fraguar en el aire, también lo hace debajo del agua. Dicha cal fue ignorada por los antiguos, los cuales emplearon con carácter hidráulico los morteros a base de cal grasa y puzolanas.

Uno de los primeros hombres en descubrir las calces hidráulicas a principios del siglo XIX fue Vicat, ya que al observar que, si la caliza primitiva contiene arcilla o se le añade artificialmente en la proporción del 8 al 20% el producto quedaría de la cocción, reducido a polvo; por extensión, se pudo dar cuenta de que dicho polvo contenía propiedades hidráulicas.

Cuando la piedra caliza que se somete a la calcinación, contiene o está mezclada artificialmente con una cierta cantidad de arcilla, mayor que el 5% la reducción de disociación ya descrita, se hace más complicada, pues a temperaturas inferiores de 900°C, en que se tiene lugar la descomposición del CaCO_3 se descomponen también los silicatos que contiene la arcilla.

A temperaturas más altas reaccionan los productos de la descomposición de las arcillas como son (SiO_2) Anhídrido Sílice y (Al_2O_3) Aluminio con el (CaO) Óxido de Cal, el cual dan origen a los silicatos y aluminatos de calcio que ligados con el CaO que queda en libertad, nos resulta un producto aglomerante el cual llamamos cal hidráulica.

FABRICACION

EXTRACCION DE LA CALIZA. El primer paso para la fabricación del material aglomerante será la extracción de las calizas, el cual deberá hacerse a cielo abierto, esto se hace con la finalidad de abatir los costos lo más que se pueda y se practica preferentemente por medio de explosio--

nes para evitar también en cuanto sea posible, el costo adicional para -- fragmentarla a tamaños convenientes.



CANTERA

COCCION. La calcinación se lleva a cabo en unos hornos continuos. Estos hornos son de producción continua, es decir, permiten su descarga - en su parte inferior del material ya calcinado, y mientras tanto están re cibiendo en su parte superior el material frío o crudo y así sucesivamen- te este proceso continua indefinidamente.

Estos tipos de horno, siempre presentan las siguientes partes o ca racterísticas:

- a) El hogar o boquilla de quemado, dependiendo del combustible utilizado;
- b) vientre o zona de calcinación protegida por un recubrimiento de mate- rial refractario;
- c) tragante o zona de recibo de material crudo, que en general sirve también como tiro o escape de los gases de la combustión;
- d) zona de enfriamiento o cámara de descarga;
- e) puerta de descarga y - -

f) mirillas por donde se observa el proceso de calcinación.



APAGADO DE LA CAL HIDRAULICA. Quizá esta operación constituye en las cales hidráulicas la fase más importante de su fabricación, pues depende de esta fase que el producto resultante alcance las propiedades que de ella se requieren.

El apagado de la cal hidráulica se lleva a cabo por el método de -
aspersión, el cual consiste en regar con pulverizadores de agua fría o ca-
liente la cal viva extendida sobre vagonetas de plataforma y amontonada a
continuación en unos fosos, cuando todavía está caliente o sobre este mon-
tón se vacía el recién regado de la operación siguiente, el cual habrá ab-
sorbido el agua por el fenómeno de capilaridad, y el calor desprendido al
apagarse la cal en la capa inferior evapora el agua todavía no combinada
de las capas superiores, produciendo una corriente ascendente de vapor, -
que acaba por apagar todo el óxido de cal o cal viva, pero no los silica-
tos y aluminatos, por no alcanzar los 120°C necesarios para su hidrata-
ción. Ya que si ésta se llegara a verificar, se obtendría un producto --

sin propiedades hidráulicas, recibiendo entonces el nombre de cales ahogadas, ahora si por el contrario, no se ha llegado, por falta de agua, a -- apagar la cal viva, ésta lo hará en la obra, pulverizándose y destruyendo los morteros por lo cual es una fase muy importante, ya que si llegara a fallar sus pérdidas serían considerables.

Existen también unos aparatos de fabricación continua, llamados extintores, los cuales están constituidos por unos cilindros de palastro, - rotatorios, de 15 metros de longitud y 2 metros de diámetro, en las cuales se introduce por un extremo la cal viva recién obtenida, procedente - del horno llenándolo aproximadamente hasta su mitad, y mediante unos pulverizadores se riega con un 10% de agua y produce la extinción o apagado.

Por lo tanto de esto se desprende, que la designación de cales hidráulicas tienen un valor relativo pues sus propiedades son variables de acuerdo con el contenido de arcilla.

Se hizo una clasificación y estudio de estos productos hidráulicos teniendo en cuenta la arcilla que ellas contienen. Dicha clasificación - se indica en la siguiente tabla.

NATURALEZA DE LOS PRODUCTOS	INDICE HIDRAULICO	9º DE ARCILLA EN LA CALIZA	TIEMPO DE FRAGUADO	OBSERVACIONES
CAL GRASA O MAGRA	0.00 - 0;10	0.0 - 5,3		FRAGUA SOLO EN AIRE
CAL DEBILMENTE HIDRAULICA	0.10 - 0.16	5.3 - 8,2	16 - 30	DIAS
CAL MEDIANAMENTE HIDRAULICA	0.16 - 0.31	8.2 -14,8	10 - 15	DIAS
CAL PROPIAMENTE HIDRAULICA	0.31 - 0.42	14.8 -19,1	5 - 9	DIAS
CAL EMINENTEMENTE HIDRAULICA	0.42 - 0.50	19.1 -21,8	2 - 4	DIAS
CAL LIMITE	0.50 - 0.65	21.8 -26,7	1 -12	HORAS
CEMENTO RAPIDO	0.65 - 1.2	26.7 -40,0	5 -15	MINUTOS

Se designa por índice hidráulico mayor o índice hidráulico de menor grado por hidraulicidad de una cal, a la relación en peso entre el sílice, más la alúmina a la cal y magnesia es decir:

$$I = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

ó módulo de hidraulicidad a la relación inversa:

$$M = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$

CERNIDO. El cernido de estas cales se requiere de un proceso de cernido anterior al de la molienda con la finalidad de recoger los trozos poco o muy cocidos.

Dicha operación tiene por objeto separar la cal apagada de los trozos poco o muy cocidos y que no se han pulverizado durante el proceso de extinción. Dicho cernido consiste primeramente en hacer pasar la cal por unos cedazos de 2 a 3 cm. de malla, con la finalidad de retener los trozos más gruesos, y después se continua por un cilindro de telas metálicas, 0.5 mm. de luz por cm. y se hace girar a razón de 80 revoluciones por minuto, alrededor de un eje inclinado. Y a la cal en polvo que pasa a través de las mallas recibe el nombre de flor de cal, envasándose en sacos o mejor aún en barriles.

Los residuos del cernido, unos son trozos de color amarillento y se les llama inocidos, son pocos e inclusive se pueden separar a mano, y otros de color gris verdoso, a los cuales se les llama recocidos o grappiers, debido a que la caliza tenía mayor proporción de arcilla y que han sufrido un principio de vitrificación.

Antiguamente a estos recocidos o grappiers se molian y añadían a -

las cales, con lo cual las mejoraban mucho; pero hoy en día se emplean como cemento grappier de fraguado muy lento.

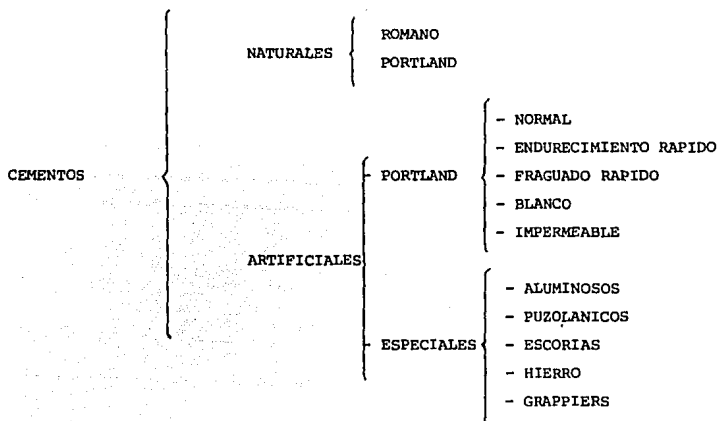
IV.2.2 CEMENTO

El cemento es una cal de tipo hidráulico que, a diferencia de la cal ordinaria, fragua lo mismo al aire libre que debajo del agua. El cemento portland se fabrica con tres elementos: piedra caliza, barro o arcilla y yeso. Este último se añade en pequeña proporción para controlar el tiempo de fraguado. En poco más de un siglo, la aparición del cemento portland y de su resultante, el concreto ha traído un cambio en el aspecto del mundo, ya que al conjuro del concreto se han levantado obras espectaculares de la ingeniería y arquitectura moderna, en fin tal como lo vemos en nuestra vida diaria. Todo este panorama del mundo moderno, se ha convertido en realidad gracias al concurso de ese polvo gris que es el cemento portland que ayuda a realizar nuestros anhelos de belleza, comodidad y permanencia.

Antiguamente se designaba con el nombre de cemento a todas las sustancias con propiedades cementantes o aglutinantes. En la actualidad, se ha dado una designación específica para cada uno de los diversos aglomerantes o aglutinantes.

A partir del año de 1796 en que Parker patentó su cemento romano, se designó con el nombre de cementos a los productos resultantes de la calcinación de una mezcla de caliza y arcilla. Posteriormente se precisó que, si una caliza se somete a la cocción está ligada naturalmente o mezclada artificialmente con composición del CaCO_3 , la reacción química resultante sería similar a la asentada para las cales hidráulicas, pero sin CaO , en libertad a este producto se le denominó cemento. Como no contiene CaO en libertad, no requiere apagado, constituyendo éste uno de los signos característicos que sirven para distinguir o diferenciar una cal de un cemento.

El poder cementante de este producto es mayor que el de las cales hidráulicas; su fraguado es más rápido, lo mismo en el aire que en el agua y su resistencia es mucho mayor, llegando a formar con los materiales inertes que se enlazan, monolitos que constituyen una piedra artificial capaz de soportar grandes fuerzas compresivas. Como actualmente la industria del cemento ha evolucionado notablemente y la técnica constructiva cuenta con diversos tipos de cemento, por lo que se hizo la siguiente clasificación tomada del curso de química industrial de Carlos Gini -- Lacorte, le hizo al cemento la siguiente clasificación de acuerdo a sus propiedades.



FABRICACION

CEMENTOS NATURALES. Se les llama cementos naturales a aquellos -- que son el resultado de la calcinación, los cuales se realizan en hornos simialres a los de la cal y a las temperaturas aproximadas entre 1000°C y 1200°C de cuyas mezclas son las existentes en la naturaleza, donde dichos materiales son tales como, las piedras calizas arcillosas, la cual a cau-

sa de la variabilidad en el contenido de la caliza y la arcilla en una -- misma materia prima, por lo tanto el producto resultante no puede ser uni forme.

CEMENTO PORTLAND DE ENDURECIMIENTO RAPIDO. Es el resultado de la calcinación de una mezcla más fina y más perfecta de las materias primas, con mayor contenido de carbonato de calcio, que el requerido para la ob-- tensión del cemento portland normal.

CEMENTO DE FRAGUADO RAPIDO. Es un cemento que difiere del por-- tland normal en su menor tiempo de fraguado y este tipo de cemento se ela bora ya sea suprimiendo o disminuyendo la adición de yeso en la molienda final o bien, agregando a los cementos sales acelerantes.

CEMENTO BLANCO. Este cemento se obtiene de la calcinación de materias primas (calizas y arcillas) libres de Fe_2O_3 ; y su elaboración requiere precauciones especiales para evitar contaminaciones.

CEMENTOS IMPERMEABLES. Estos tipos de cemento son con los que se pretenden producir morteros y concretos más impermeables que los del ce-- mento portland normal. Estos aglomerantes se obtienen agregando al cemento portland normal durante la molienda final, pequeños porcentajes de es-- terato de calcio, aluminico o de otro metal.

CEMENTOS ALUMINOSOS. En este tipo de cemento la diferencia esen-- cial entre el cemento aluminoso y el cemento portland tipo normal, consiste en que en el aluminoso las materias primas se funden completamente, y en éste sólo llegan hasta un principio de fusión.

CEMENTOS PUZOLANICOS. Estos tipos de cementos se obtienen molien-- do juntos mezclas de clinker de cemento portland con una puzolana.

CEMENTO DE ESCORIAS. Estos cementos se obtienen mezclando en - - frío, previa pulverización, una escoria ácida con cal hidratada en polvo, o cal hidráulica en polvo, añadiendo a la mezcla un sulfato como acelerador del fraguado.

CEMENTO GRAPPIERS. Estos se obtienen pulverizando los núcleos duros que resultan de la elaboración de la cal hidráulica, estos núcleos duros, constituyen un verdadero clinker.

El investigador llamado Eckel afirma que de un 10 a un 30% de los productos resultantes deben desecharse como aglomerantes, de dichos cementos naturales, debido a que los componentes que lo constituyen varían entre límites muy amplios.

También realizó una serie de análisis químicos en el cual fueron - 100 los análisis, el cual da la siguiente composición para los cementos - naturales.

	LIMITES
CaO	De 30 a 60%
SiO ₂	De 15 a 35%
Al ₂ O ₃	De 2 a 20%
MgO	De 1 a 25%
Fe ₂ O ₃	De 1 a 19%
H ₂ O	} ----- Menos del 10%
K ₂ O	
NaO	
SO ₃	

TIPOS DE CEMENTO QUE SE FABRICAN EN MEXICO, USOS DE CADA UNO DE ELLOS

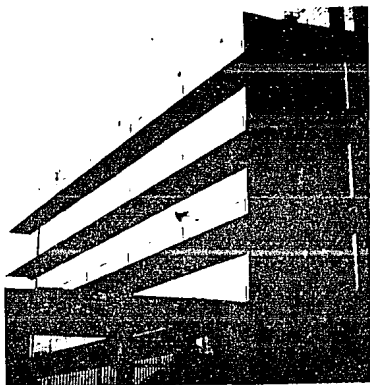
Las especificaciones mexicanas y de la Asociación Americana de Ensayes de Materiales (ASTM) estipulan cinco tipos de cemento portland para

usos diversos, según se trate de construcciones ordinarias, o de construcciones levantadas en un tiempo mínimo, de obras hidráulicas y masivas, de obras marítimas o que están en contacto permanente con terrenos y aguas sulfatadas. En México se fabrican los siguientes tipos de cemento Portland:

- Tipo I común o normal
- Tipo II modificado
- Tipo III resistencia rápida
- Tipo IV de bajo calor
- Tipo V de alta resistencia a los sulfatos
- Blanco
- Portland-puzolana
- Portland-escoria de alto horno
- Cemento de albañilería

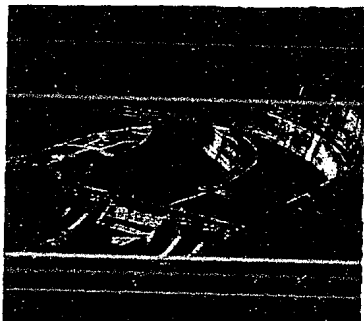
TIPO I - CEMENTO PORTLAND COMUN

Para usos generales en donde no se requieren las propiedades especiales de los otros tipos. Se caracteriza por tener altas resistencias mecánicas y alta generación de calor durante su hidratación. No apto para concreto en masa. Se emplea en construcciones de pavimentos y banquetas, edificios de concreto reforzado, guarniciones, puentes, tanques, productos prefabricados, trabajos de mampostería y para todos los usos del cemento o concreto no sujetos al ataque de suelos o aguas sulfatadas o donde el calor generado por la hidratación del cemento no cause una elevación de temperatura objetable.



TIPO II - CEMENTO PORTLAND MODIFICADO

Este cemento presenta características intermedias entre el común - por una parte, y el de bajo calor y el resistente a los sulfatos, por la otra. Con características de resistencia similares a las del cemento común, presenta menor calor de hidratación, mayor resistencia a aguas y sue los sulfatados y es en general adecuado para obras hidráulicas. En México se ha empleado con éxito en la construcción de grandes presas, se emplea también en otras estructuras de tamaño considerable como en grandes muelles, contrafuertes de gran espesor y grandes muros de contención en las cuales es necesario reducir la elevación de la temperatura, especialmente cuando el concreto se coloca en ambiente caluroso. En tiempo de frío - - cuando el calor generado es ventajoso, puede ser preferible el cemento Ti po I o el tipo III. El cemento Tipo II también es adecuado para colocarse en lugares en donde deba tomarse precaución adicional contra el ataque moderado de sulfatos en las aguas subterráneas son más altas que las normales pero no muy severas.



TIPO III - CEMENTO PORTLAND DE RESISTENCIA RAPIDA

Es el que desarrolla mayor resistencia a primeras edades y así, su resistencia a 7 días es comparable con la del tipo I a 28 días.

Por sus altas resistencias tempranas se emplea cuando se requiere descimbrar pronto, para poner rápidamente el concreto en servicio, en clima frío para reducir el período de protección contra la baja temperatura, y cuando se desean altas resistencias a edades cortas, puede ser más satisfactorio o más económico su empleo que el uso de mezclas ricas con cemento Tipo I. Genera mucho calor al hidratarse y a velocidad mayor que el Tipo I; al igual que éste tampoco resiste el ataque de los sulfatos. No es apto para concreto en masa, sino para estructuras en donde pueda -- disiparse rápidamente el calor. Es recomendable para inyecciones por su elevada finura, la cual es bastante más alta que la de los otros tipos de cemento.

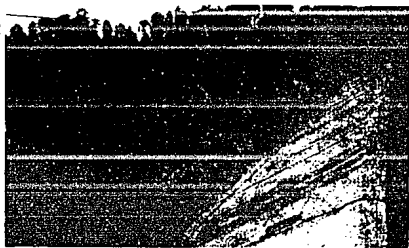
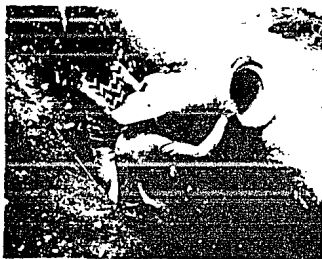
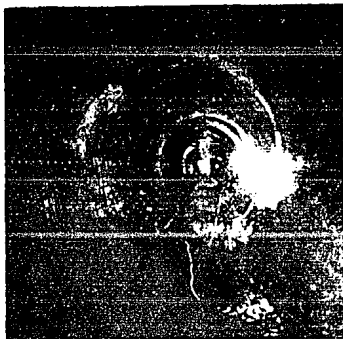
TIPO IV - CEMENTO PORTLAND DE BAJO CALOR

General al hidratarse menos calor que los otros cementos y, a menor velocidad: reduce el agrietamiento que resulta de las grandes elevaciones de temperatura y la contracción consiguiente con la caída de la -- misma. Posee buena resistencia a los sulfatos el desarrollo de la resistencia mecánica es lento a edades tempranas pero de igual resistencia a -- la de los demás cementos a edades avanzadas (6-12 meses). Es especial pa -- ra usarse en grandes masas de concreto como en presas de gravedad en don -- de la elevación de temperatura resultante del calor generado durante su -- endurecimiento es un factor crítico.

TIPO V - CEMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS

Es especial para usarse en construcciones expuestas a la acción se -- vera de los sulfatos. El grado de desarrollo de resistencia puede ser al -- go más lento en las primeras edades que el del cemento portland común, pe -- ro igual o mayor resistencia a edades avanzadas (6-12 meses). Es benefi --

cioso en revestimiento de canales, alcantarillas, túneles, sifones y en general en todo tipo de estructuras que están en contacto con suelos y -- aguas subterráneas que contengan sulfatos en concentraciones tales que -- pudieran causar deterioro del concreto si se empleara otro tipo de cemento. La generación de calor también es baja.

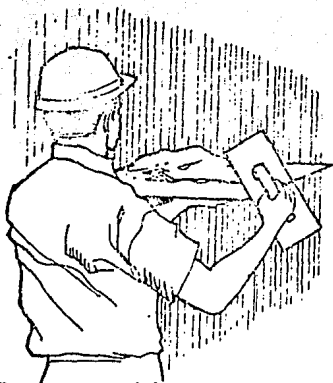


CEMENTO PORTLAND BLANCO

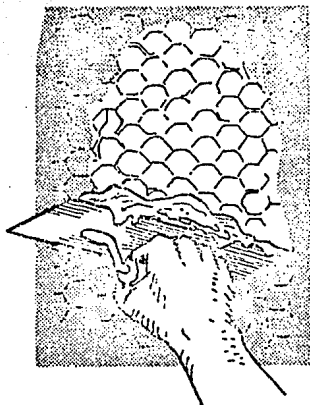
La diferencia de este respecto a los otros cementos portland radica en su bajo o nulo contenido de óxido férrico, de ahí su color blanco. Una variante en su fabricación consiste en que los forros y bolas de los molinos de crudo y acabado están hechos a base de cuarzo y no de acero, - con el fin de no contaminar el cemento con rebabas de fierro que podrían proporcionarle un color gris.

Este cemento tiene mayor aceptación mientras menor sea su contenido de óxido férrico. La norma mexicana lo considera clasificado en el Tipo I (común). En general a igual finura desarrolla resistencias más bajas que el Tipo I. Este cemento se emplea generalmente el cemento blanco entre otros pinturas y estucos, mosaicos y terrazos, blocks, tejas y celosías, piedra artificial para fachadas, junteo de revestimientos, albercas y otras instalaciones deportivas, banquetas y estacionamientos, señales - en carreteras y calles, en parques y centros recreativos, guarniciones de perfil "dentado", para avenidas y carreteras, pisos, techos y muros de plantas industriales, casas y hospitales, hoteles, centrales camioneras, comercios, etc. Sus acabados son texturizados, blancos y pigmentados.

El cemento blanco, como los demás cementos, no se emplea solo, sino en combinación con otros ingredientes: agua, arena, grava, fibra o pelo (para ciertos tipos de estucos), pigmentos, inclusores de aire, etc. - Para obtener buen éxito en las construcciones o en las piezas manufacturadas con cemento blanco, es indispensable que, a la buena calidad de este último, se aune una calidad también satisfactoria en los demás ingredientes.



Cemento blanco.



CEMENTO PORTLAND PUZOLANA

Las puzolanas se emplean en los cementos para mejorar su resistencia química, pudiendo producir también algunos efectos benéficos en el concreto como son mejorar la resistencia al ataque de los sulfatos, reducir la reacción álcali-agregado y reducir la segregación y sangrado.

El cemento portland-puzolana se emplea principalmente en concretos para obras hidráulicas y marítimas.



CEMENTO PORTLAND ESCORIA DE ALTO HORNO

Este tipo de cemento es especialmente útil en concretos para obras hidráulicas o marítimas, pudiéndose emplear además en cualquier tipo de estructura.

CEMENTO DE ALBAÑILERIA

Es el material clásico para ser mezclado con arena fina y agua y producir un mortero plástico y cohesivo para pegar unidades de mampostería como tabiques de arcilla o concreto, bloques de concreto y piedras artificiales o naturales. La ventaja de este cemento respecto a otros tipos de cementantes recomendados para el mismo fin, consiste en su mayor plasticidad, cohesividad, mayor resistencia, menores cambios volumétricos y mayor poder de retención de agua, lo que evita que el bloque o tabique seco absorba el agua del mortero y le reste dicho elemento, indispensable para que desarrolle toda su resistencia, y además se evita el resacamiento de la mezcla de mortero que de otro modo provocaría contracción y agrietamiento tendiendo a separarse la junta entre tabique y mortero. Además de los usos antes mencionados, el cemento de albañilería se utiliza -

para toda clase de aplanados y para firmes de concreto. Estos tipos de cemento, el Tipo I, II, III, IV, V ya no se producen aquí en la capital, -- sino que se hizo una combinación de algunos tipos para producir otros cementos, los cuales dan mejores resultados.

Ahora los tipos de cemento que en la actualidad se fabrican son:

- a).- Cemento portland Tipo II modificado
- b).- Cemento portland Tipo II con puzolana
- c).- Cemento portland Tipo G
- d).- Cemento blanco
- e).- Mortero

Los cuales hacen las funciones del Tipo I y II con el (a). El Tipo IV y V con el (b). El cemento portland tipo G es el Tipo III sólo que más efectivo y eficaz.

En algunas partes del interior del país se siguen produciendo los tipos I, II, III, IV y V, aquí en la capital salvo pedidos muy especiales y el volumen es considerable se produce cualquiera de los 5 tipos siempre y cuando sea costeable su producción.

La finura del cemento es un factor que junto con la composición -- química tiene influencia definitiva en la mayor parte de las propiedades del cemento, principalmente en lo que se refiere a resistencia Fig. (IV.A). El aumento de la finura incrementa la velocidad de hidratación del cemento y produce mayor resistencia inicial y más rápida generación de calor.

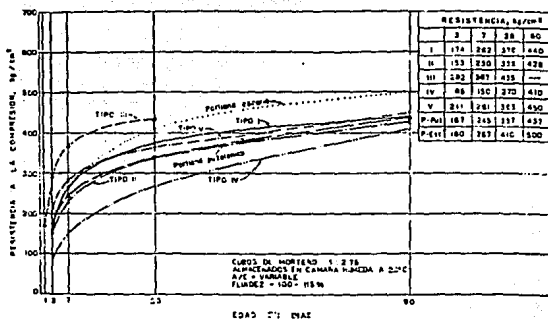


Fig. 20—Resistencias comparativas de distintos tipos de cemento.

CEMENTOS ARTIFICIALES

La fabricación del cemento consta de las siguientes etapas; desde la trituration de materias primas y molienda en cilindros giratorios que contienen bolas de acero de diversos tamaños, hasta la obtención del cemento portland, tal como se deposita para su envase en silos, éste pasa por un proceso de elaboración que son vigiladas por técnicos y obreros es pecializados y controlada por laboratorios.

Por lo tanto el cemento portland es el resultado de una amalgama fecunda de materias primas, maquinaria eficiente y técnica moderna.

Existen dos procedimientos que se utilizan en la obtención del cemento portland; los cuales son el proceso por vía seca y el proceso por vía húmeda.

En la República Mexicana, como en otros países, la industria del cemento constituye una de las más avanzadas que se conocen y mediante su gigantesco engranaje produce trabajando día y noche, el material que los ingenieros y arquitectos de hoy, emplean preferentemente para construir obras con características de resistencia, belleza, comodidad, seguridad, etc.

A continuación se describen los procesos de fabricación.

Las principales materias primas que se requieren para la elaboración del cemento portland son tres:

- 1.- Materiales calcareos (caliza o marga)
- 2.- Materiales arcillosos (barro o pizarra)
- 3.- Yeso

Para el caso de cementos especiales, habrá necesidad de dosificar

materiales como: material silicoso, cuarzo, arena, cenizas, escorias de alto horno, etc. Estos materiales y las cantidades a dosificar dependerán primordialmente de las propiedades que se requiera tenga el cemento especial por fabricar.

Para la elaboración de 1 tonelada de cemento requerirá el promedio las siguientes cantidades de materia prima:

Caliza 1200 kg.

Arcilla 370 kg.

Yeso 60 kg.

Los materiales calcáreos suministran la cal y los arcillosos la sílice, alúmina y óxido de hierro, por último el yeso será el responsable del tiempo de fraguado. Tanto los materiales calcáreos como los arcillosos, ambas se encuentran en la naturaleza, pero no puras sino en distintas variedades. Tan difícil es encontrar calizas con la cantidad precisa de arcilla que, para fabricar el cemento, la industria recurre a la dosificación artificial, mezclando calizas y arcillas en proporciones determinadas, de acuerdo con el sistema de mezclado que se sigue, el proceso de elaboración del cemento se destina como proceso por vía seca o proceso por vía humedad.

DISCUSION DE LOS PROCESOS: El proceso por vía humedad, es el proceso de más reciente uso, y es el adecuado cuando se trata de materias primas blandas, ya que presenta la ventaja de permitir mayor pureza de las materias primas, mezcla más íntima y homogénea a bajo costo, pero en la cocción existe mayor consumo de combustible, aunque menor desperdicio de polvos por el tiro del horno. El proceso por vía seca es elegido cuando se trata de materias primas duras, exige instalaciones adicionales de secado, también implica mayor costo para la dosificación perfecta, pero por otra parte permite menos consumo de combustible. Actualmente la in--

dustria del cemento empleo el proceso semihúmedo, el cual consiste este - proceso en quitar la pasta íntima y homogénea parte de su agua y así en - esta forma se combinan las ventajas de ambos procesos.

"PROCESO POR VIA SECA"

EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIAL. El objetivo de esta operación consiste en suministrar las materias primas necesarias pero en forma sepa rada de cada uno de los materiales, los cuales son las calizas, arcillas y yeso para la fabricación del cemento.

TRITURACION.

Como son las calizas se trabajan empleando dinamita, cuya explosión des-- prende toneladas de trozos de piedra, con éstos se cargan enormes camio-- nes de volteo que transportan la piedra caliza a la planta de trituración donde máquinas quebradoras (con capacidad para 700 toneladas por hora) -- los cuales reduce los trozos a una dimensión no mayor de 15 cm. de ahí pa sa a una segunda quebradora de cono que reduce a su vez la piedra a una - dimensión de 38 mm. como máximo, y luego con remolques especiales condu-- cen la piedra así preparada a la fábrica, y el depósito de arcilla se ex- plota mediante una escrepa gigante que la descarga a un molino especial.

La trituración y molienda, en cualquiera de los procesos a seguir son indispensables para lograr cotizar en el producto final. Las máqui-- nas más usadas para trinear se denominan de mandíbula y martillo, como se muestra en la vigura IV.1.

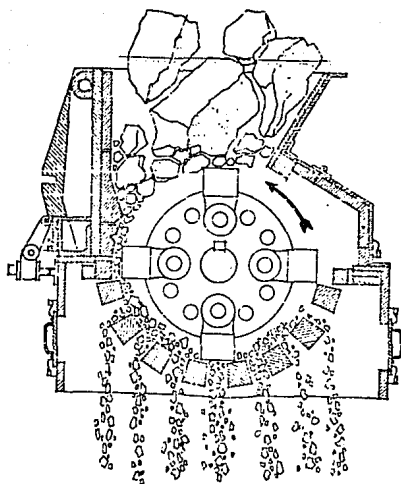


FIGURA IV.1

ELIMINACION DE LA HUMEDAD

El siguiente paso después de la trituración es el secado de la caliza y de la arcilla, la cual ha sido previamente corregida. Los secadores son similares a los hornos rotatorios, sin recubrimiento interior y generalmente son de 12 a 20 metros de largo y de 1.20 a 2.00 metros de diámetro, que se calientan con carbón o diesel desde su parte inferior o también se aprovechan los gases calientes de los hornos de calcinación. - Estos tipos de hornos son parecidos como el de la Figura IV.3 que se muestra más adelante.

DOSIFICACION Y MOLIENDA

La dosificación y la molienda se lleva a cabo de acuerdo con la forma dosificadora elegida y también de los constituyentes de las mate-

rias primas, las fábricas nacionales primero se hace la dosificación por peso, y así éstas a su vez regularán la proporción de cada uno de los materiales que se van a emplear. La supervisión de los encargados del laboratorio, deberá ser bastante rígida, puesto de ésta operación depende el tipo de cemento a producir, y luego una molienda final, dicha molienda se realiza en molinos de bolas, del crudo resultante, hasta el grado de polvo que pasa por una criba de 4900 mallas por cm^2 , ésto con el objeto de hacer una mezcla íntima y homogénea. La molienda se realiza como ya lo habíamos dicho en hornos horizontales, tubulares, en forma de grandes cilindros giratorios, éstos molinos están forrados interiormente con placas de acero y dividido en tres compartimientos, y en cada uno de ellos existen bolas de acero que al girar el molino van reduciendo con su roce e impacto el tamaño de las partículas como se muestra en la Figura IV.2.

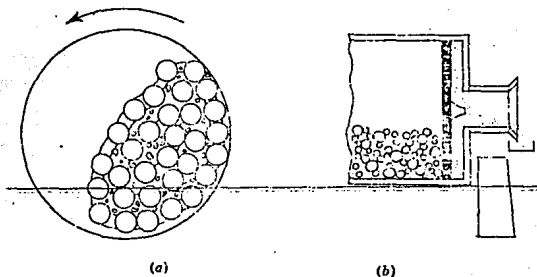


FIGURA IV.2

Hasta este paso de dosificación y molienda viene a hacer la diferencia entre el proceso por vía seca al proceso por vía húmeda, ya que de aquí en adelante los siguientes pasos en la elaboración del cemento son los mismos para ambos procesos.

PROCESO POR VIA HUMEDA

Para este proceso, la caliza sufre el mismo tratamiento primario de trituración y molienda, y las arcillas se someten a un tratamiento de decantación y tamizado para separar las materias arenosas y extrañas que contengan dichos materiales. Esta operación se realiza en depósitos decantadores constituidos generalmente sobre el suelo y en forma circular, en donde la arcilla se convierte en estos depósitos, en donde se amasa con agua mediante agitadores mecánicos.

La pasta o papilla de arcilla sale al exterior, después de tamizada, por medio de un vertedor colocado a una altura conveniente de tal manera que, los materiales pesados como las arenas, quedan en el fondo y otras materias extrañas en suspensión en el tamiz.

El siguiente paso a realizar es mezclar la papilla de arcilla así obtenida con la proporción adecuada de caliza, ya triturada, y juntos se someten a la acción de la molienda fina.

Después de esta mezcla de consistencia pastosa es almacenada en silos y de allí llevada a los hornos, en donde se realiza la cocción.



FIGURA IV.3 SILOS DE ALMACENAMIENTO

COCCION

Cualquiera que sea el proceso de fabricación elegido, ya sea el -- proceso por vía seca o húmeda, la mezcla dosificada se llevará a los hornos de cocción como el que se muestra en la Figura IV.4 para obtener el clinker.

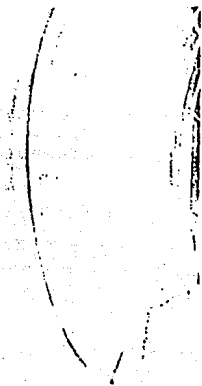


FIGURA IV.4

Los hornos rotatorios que emplea la industria del cemento portland tiene la forma de grandes cilindros de acero, interiormente forrados de un material refractario para resistir las elevadas temperaturas que son necesarias para la obtención de dicho material, los cuales alcanzan hasta unos 1500 grados centígrados. Los hornos con que cuenta la industria mexicana miden de 2 hasta 3.5 metros de diámetro y desde 30 hasta 107 metros de largo.

Estos hornos están previstos de llantas metálicas, apoyadas sobre rodillos así como de una corona engranada al piñón del motor que mantiene el horno en rotación. En estos hornos se producen las reacciones químicas que forman las cuatro sales cálcicas, cuya hidratación determina el endurecimiento del cemento portland. La operación de los hornos constituye la etapa más importante en este complicado y costoso proceso de producción. El honor giratorio que se muestra en la Figura IV.5 consiste esencialmente de las siguientes partes.

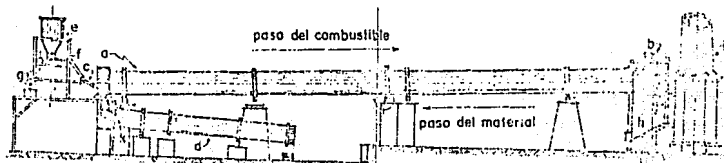


FIGURA IV.5

a) CILINDRO DE PALASTRO DE ACERO. Revestido interiormente de material refractario, cuyo diámetro varía entre 2 y 3.5 mts. y su longitud entre 30 y 120 metros, incluído sobre la horizontal con una pendiente aproximada del 4% y dotado de un movimiento de rotación alrededor de un eje donde da una vuelta por minuto.

b) TOLVA PARA INTRODUCIR EL MATERIAL CRUDO. El extremo superior del cilindro que está en comunicación con el tiro de la chimenea sigue -- también para dar entrada al material crudo, polvo o pasta que previamente pasa por un regulador automático.

c) TOBERA PARA CARBON PULVERIZADO. Por esta tobera localizada en el centro del extremo inferior del cilindro, se inyecta, por medio de una corriente de aire a presión carbón muy finamente pulverizado, que al ar--

der, forma un dardo de fuego con longitud aproximada de 10 a 12 metros. - La materia prima que se desliza de una manera regular y continua con trayectoria helicoidal, desde la parte más fría hacia la más caliente, es -- primeramente secada, luego disasociada y por último clinkerizada en la zo na de máxima temperatura, localizada en la parte inferior.

d) ENFRIADOR CILINDRICO DE CHAPA DE ACERO. De 1.2 a 2.50 metros - de diámetro y de 12 a 25 metros de longitud con movimiento giratorio y -- pendiente contraria a la del horno, ya que recibe el clinker en estado in candescente, lo agita, y estando en contacto con la temperatura ambiente contribuye también a su enfriamiento.

- e) SILO O RECIPIENTE DE COMBUSTIBLE.
- f) EXTRACTOR DE COMBUSTIBLE.
- g) VENTILADOR.
- h) CAMARA PARA LA RECOLECCION DE POLVO ARRASTRADOS POR LOS GASES.
- i) CHIMENEA.
- j) REGISTRO PARA REGULAR EL TIRO.
- k) COMUNICACION ENTRE EL ENFRIADOR Y EL HORNO.
- l) DISPOSITIVO DE GIRACION DEL HORNO.

INCORPORACION DEL YESO Y MOLIENDA FINAL. Una vez que es descartado el material en un estado de semifusión, o pastoso, que motiva la forma- - ción de aglomerados, aproximadamente esféricos y de 1 a 5 cm. de diámetro. A estos aglomerados se les designa con el nombre de clinker en donde di-- cho aglomerado que se sale del enfriador es llevado a los silos de clin-- ker para terminar su enfriamiento, lo que permite también la extinción de la cal libre contenida en él y además se constituye así un stock para la elaboración continua. Para regular el fraguado del cemento, puesto que - el clinker molido fraguaría rápidamente, se le agrega un 3% de yeso.

La incorporación del yeso se hace en la molienda final del clinker,

esta molienda que ha de ser de gran finura se lleva a cabo en molinos de bolas con separadores de aire como se muestra en la Figura IV.6a ó en molinos de martillo raymond tipo ciclón como se muestra en la Figura IV.6b.

El producto obtenido de esta molienda, que es el cemento portland, pasa a los silos de almacenamiento como el de la Figura IV.6c, ya puesto en sacos de 50 kg.

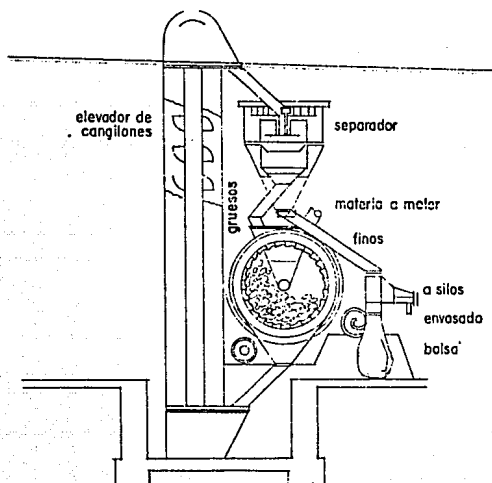


FIGURA IV.6a

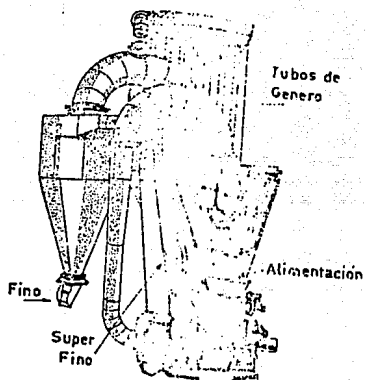


FIGURA IV.6b

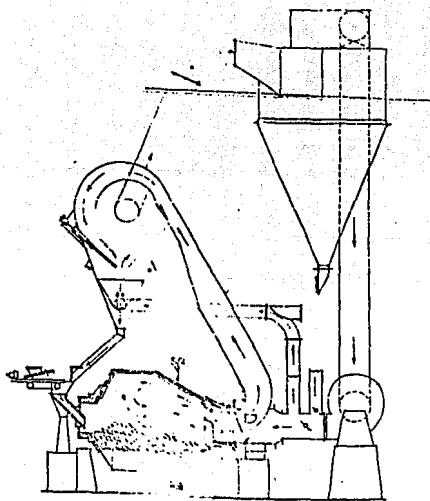
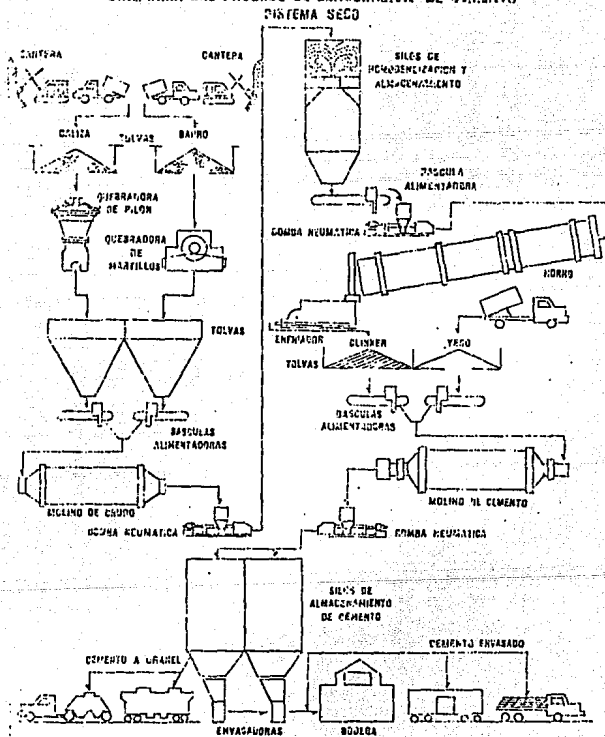


FIGURA IV.6c

DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACION DE CEMENTO



La correcta adición del yeso controla el fraguado del cemento portland eleva su resistencia y reduce su contracción por resecamiento; esto es, la adición del yeso mejora grandemente el comportamiento de dicho material, impidiendo la prematura formación de compuestos que dificulten su más completa hidratación y endurecimiento.

De acuerdo con la composición del clinker y del yeso disponible -- así como del grado de finura en la molienda, el laboratorio de control vigila constante y cuidadosamente que la adición del yeso se haga en la proporción óptima para obtener los cementos más eficientes, proporción que varía entre 30 y 80 kilogramos por tonelada de clinker, como también se debe evitar, que el calor por fricción en los molinos eleva la temperatura, pues si pasa de 128°C se produciría la deshidratación del yeso y, en consecuencia un fraguado falso prematuro en el cemento portland.

CANTIDADES NECESARIAS PARA ELABORAR UN METRO CUBICO DE CONCRETO AGREGADO GRUESO, MAXIMA DIMENSION 19 mm.

PROPORCION	CEMENTO KG.	ARENA M3	GRAVA M3	AGUA M3	FATIGA A LA RUP. (f _c) A LOS 28 DIAS Kg/Cm ²
1:1.5:1.5	532	0.527	0.527	0.234	288
1:1.5:2	480	0.475	0.634	0.220	270
1:1.5:2.5	434	0.430	0.716	0.211	245
1:1.5:3	400	0.396	0.792	0.208	230
1:2:2	418	0.552	0.552	0.234	205
1:2:2.5	388	0.512	0.640	0.225	195
1:2:3	362	0.478	0.717	0.217	185
1:2:3.5	344	0.441	0.722	0.214	164
1:2:4	313	0.413	0.827	0.213	147
1:2.5:2.5	351	0.579	0.579	0.232	156
1:2.5:3	327	0.540	0.648	0.229	140
1:2.5:3.5	307	0.507	0.709	0.221	132
1:2.5:4	287	0.474	0.758	0.218	118
1:3:4	266	0.527	0.703	0.223	94
1:3:4.5	252	0.499	0.749	0.222	84
1:3:5	240	0.480	0.742	0.221	76

Agrélese a cemento, arena, grava, 2% por desperdicio.

DOSIFICACION PARA CONCRETOS

Las dosificaciones indicadas están calculadas con las consideraciones generales siguientes:

- Los concretos elaborados tendrán una consistencia para obras normales (aproximadamente con 8 a 10 cm. de revenimiento).
- La grava es de 3/4 de pulgada (20 mm).
- La arena es de media a fina.
- Los botes son de tipo alcoholero, sin deformaciones (18 litros).

Resistencia: 100 Kg/cm ² Para Muros y Pisos	
7 Botes de Grava	□□□□□□□
6 1/2 Botes de Arena	□□□□□□□
2 1/4 Botes de Agua	□□□
1 Saco de Cemento	□

Resistencia: 150 Kg/cm ² Para Trabes y Datas	
5 3/4 Botes de Grava	□□□□□□□
5 Botes de Arena	□□□□□
2 Botes de Agua	□□
1 Saco de Cemento	□

Resistencia: 200 Kg/cm ² Para Losas y Zapatas	
5 Botes de Grava	□□□□□
4 Botes de Arena	□□□□
1 1/2 Botes de Agua	□□
1 Saco de Cemento	□

Resistencia: 250 Kg/cm ² Para Columnas y Techos	
4 Botes de Grava	□□□□
3 Botes de Arena	□□□
1 1/2 Botes de Agua	□□
1 Saco de Cemento	□

PESO VOLUMETRICO

Para ciertas aplicaciones, el concreto puede usarse en principio - en función de sus características de peso. Ejemplos de este tipo de - - aplicaciones son los contrapesos en los puentes levadizos, las pesas para undir oleoductos bajo el agua y las cubiertas de protección contra la radiación y para aislamiento de sonido. Mediante el uso de agregados especiales se puede obtener concreto de fácil colocación con peso volumétrico tan alto como 5600 kg/m^3 a continuación se indica una tabla de pesos volu métricos de los diferentes materiales.

PESOS VOLUMETRICOS EN KILOGRAMOS POR METRO CUBICO.

MAMPOSTERIA DE PIEDRAS NATURALES

BASALTO	2200
ARENISCAS	1800
PIEDRA BRASA	1800
TEZONTLE	1300
TEPETATE	1100
ARENA Y GRAMA MOJADA	1700

MAMPOSTERIA DE PIEDRAS ARTIFICIALES

CONCRETO SIMPLE	2200
CONCRETO REFORZADO	2400
LADRILLO LIGERO DE CEMENTO MACIZO	900
LADRILLO LIGERO DE CEMENTO HUECO	800
MOZAICO	2000
AZULEJO O LOSETA	1800

MORTEROS PARA APLANADOS

MORTERO DE CEMENTO Y ARENA	2000
MORTERO DE CAL Y ARENA	1500
MORTERO DE YESO	1500

IV.2.3 PUZOLANAS

Se les da el nombre de puzolanas a todos los materiales naturales o artificiales que, siendo por sí mismos contienen elementos que al combinarse en forma de polvos con la cal, a la temperatura ordinaria y en presencia del agua reaccionan formando compuestos insolubles estables que poseen propiedades aglomerantes parecidos a los hidráulicos. Las puzolanas se dividen de la siguiente manera:

NATURALES

ARTIFICIALES

Las puzolanas naturales son en su mayor parte de origen volcánico aunque se clasifican entre ellas también ciertas tierras de infusorios o tierras diatomáceas. Las puzolanas artificiales son principalmente productos obtenidos por medio de la calcinación de materiales naturales del tipo de las arcillas, de las pizarras y de algunas piedras silíceas.

PUZOLANAS NATURALES. Las puzolanas naturales de origen volcánico con tobas procedentes de la acumulación de polvos, cenizas o barros eruptivos. Dichas rocas son la riolita, traquitas, andesita y basaltos que en forma de cenizas o escorias, han adquirido las características de una roca deleznable, y al parecer adquirieron también sus propiedades puzolánicas por las acciones químicas del vapor de agua recalentado, del bióxido de carbono dentro de la corteza terrestre y a un brusco enfriamiento, al ser arrojadas al exterior, dichas tobas volcánicas además de ser en unión de la piedra pómez es una magnífica puzolana, se emplea al igual que la pómez para la dosificación de concretos y concretos ligeros. Este material es abundante en las cercanías del Distrito Federal, Estado de México, Guadalajara, Veracruz, etc. También se les conoce como tepetate tepochil y Nal. De acuerdo con la región y sus composiciones químicas. Dichas tobas están compuestas de silicatos aluminicos, alcalinas hidratados, análogos a las arcillas, en forma vitrea o cristalina.

Se afirma también que estos materiales poseen por sí mismos propiedades hidráulicas de intensidad variable, ya que los elementos químicos - que los integran son los mismos que las de los aglomerantes hidráulicos - con defecto de cal, por lo que al agregarle ésta, forman compuestos insolubles estables con determinado valor hidráulico.

La naturaleza nos brinda estos materiales en forma consolidada - igual a la de una piedra enterrada bajo capas de materias depositadas posteriormente sobre ella, también nos la brinda en forma de cascajo sin consolidar como sucede con las puzolanas italianas y también aquí en nuestro país como son diversas arenas puzolánicas y tepetates, de las puzolanas nacionales existentes ya no tanto en nuestro país, sino en el Distrito Federal y sus cercanías y es penoso expresar que hasta la fecha no se le ha dado su verdadera y adecuadas aplicaciones, puesto que al tepetate y al tezontle materiales abundantes en el Distrito Federal, solamente se le ha utilizado para la fabricación de tabiques ligeros a base de cemento o como material de relleno en el tendido de tubos, etc. Por ejemplo el tezontle es un material barato, puro y resistente y de una estructura porosa, por lo tanto es muy apto para confeccionar concretos económicos, ligeros (entre 1400 y 1700 kg/cm³) y de una adecuada resistencia para diversos usos.

También la arena pomarosa no obstante sus propiedades puzolánicas y ser más barata que otras arenas, se ha desechado de los distintos morteros, no obstante que su empleo es perfectamente justificable, sobre todo en los morteros de cal aérea, cuando ésta se emplea como material de ligamentaciones de piedra donde la humedad retardaría o evitaría el endurecimiento de estos morteros.

Bajo nombres muy diferentes y con características comerciales muy distintas se encuentran en la naturaleza materiales que presentan propiedades puzolánicas tales como la tierra de infusorios, cuya constitución -

se debe a los esqueletos silíceos de las diatomáceas, depositadas tanto en el fondo de las aguas dulces como de los del mar o bien en lugares que antaño tuvieron estas características en muchos casos los yacimientos o depósitos se hayan mezclado con arena o arcilla. Los yacimientos más grandes se localizan en varios países como son Canadá, California, Argelia, Alemania y Dinamarca y aunque aquí en México nadie nos habla de los yacimientos que existen en el país, podemos asegurar que éstos compiten con cualquiera de los existentes en otros países, inclusive se cuenta con yacimientos en diversos estados de la República, además tenemos magníficos depósitos en las cercanías del Distrito Federal. En su estado natural la mayor parte de las tierras de infusorios tienen poco valor como puzolanas, pues aunque se combinan muy activamente con la cal, su estado físico es tal que se necesita una gran cantidad de agua para que resulten plásticas las argamasas que se obtienen al amazarlas con cal o cemento, por lo cual su valor aglomerante resulta escaso. En cambio mediante un tratamiento adecuado de cocción, se logra un producto de grandes propiedades puzolánicas y de empleos diversos.

PUZOLANAS ARTIFICIALES. Aquí se agrupan los productos resultantes de la cocción y pulverización de las arcillas y pizarras. La preparación de las puzolanas artificiales se reduce a la cocción de las arcillas y pizarras a temperaturas que varían entre 600 y 900°C, según contengan más o menos calizas, y a una pulverización similar a la del cemento portland o el mecanismo de la reacción de la cal con la arcilla cocida, no se ha puesto aún bien claro, pero parece comprobado que se forman silicatos monocalcicos y silicatos tricálcicos hidratados.

Como vemos en nuestro país no se le ha dado la debida importancia a estos materiales y a otros similares que tan generosamente nos brinda la naturaleza y sin embargo en otros países recurren a la industrialización para obtener artificialmente los materiales de este tipo o de iguales características en donde no se tendría este tipo de problemas. O sea

que los materiales puzolánicos son los materiales aglomerantes menos usados en nuestro país en comparación con los demás materiales aglomerantes y son de una gran abundancia tanto en el Distrito Federal como en varias partes de la República y no se les ha dado la importancia requerida en -- nuestro medio.

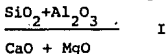
Los usos que se les da a las puzolanas es como un agregado o un -- compuesto a las mezclas de cemento para producir un cemento llamado puzolánico.

Ya que la reacción de la cal con las puzolanas produce una disminu-- ción del hidróxido cálcico, no siendo atacada por los sulfatos, al formar se silicatos y aluminatos cálcicos hidratados que dejan geles de sílice y alumina. La dosificación 1:1:1 parece ser la más conveniente para traba-- jos ordinarios aéreos y la 1:2 y la 1:3, sin arena, para obras marítimas.

Estas mezclas tienen la suficiente estabilidad química para las -- aguas sulfatadas pero sus resistencias mecánicas son bajas. Se suele al-- canzar una media a la tracción de 20 kg/cm^2 y 155 kg/cm^2 a la compresión, a los 28 días. El tiempo de fraguado de las mezclas puzolánicas es varia-- ble; como valor medio empieza antes de las cincuenta horas y termina an-- tes de las cien horas.

Para aumentar estas resistencias se hacen mezclas de puzolanas y -- cemento portland, constituyendo un tipo de cemento llamado cemento puzolá-- nico en proporción del 15 al 40%, según sea lo más conveniente por su na-- turaleza.

Para obtener un cemento resistente a las aguas selenitosas y mari-- nas se deberían combinar elementos básicos y ácidos en la relación:



Esta mayor estabilidad química a la acción de los sulfatos parece ser debida a que la sílice activa de las puzolanas reacciona con la cal liberada, al fraguar el cemento portland en forma de hidróxido cálcico -- (un 10% a los 28 días), formando silicatos y aluminatos hidratados de cal que son descompuestos por los líquidos agresivos, eliminando cal y quedando un gel de sílice aluminosa, formando una película envolvente.

Además de esta mayor resistencia a los agentes químicos, los elementos puzolánicos se caracterizan porque desarrollan menos calor al fraguar, son menos dilatables y más impermeables que los cementos portland, disminuyendo la exudación y segregación.

La fabricación de estos cementos puzolánicos se reduce a la molienda del clinker que ha podido ser obtenido con puzolana en vez de arcilla, junto con puzolana natural o activada por un proceso de tostación y enfriamiento lento, y el yeso para regular su velocidad de fraguado. Si se extreman las operaciones de fabricación análogamente a como se obtienen los supercementos, se pueden fabricar también super cementos puzolánicos de endurecimiento rápido.

Las resistencias alcanzadas con estas mezclas varían con las proporciones; pero siendo de una parte de puzolana por dos de portland, pueden ser iguales o superiores a las del cemento portland.

Cuando se requiera una resistencia moderada a la acción de los sulfatos, el clinker portland que se emplee contendrá un máximo de 8% de aluminio tricálcico. La cantidad de puzolana constituirá del 15 al 40% en peso del producto.

La consistencia de los morteros y concretos se observa que influye en los primeros días del endurecimiento, siendo menores en la consistencia seca que en la plástica a las compresión también disminuyen las resistencias iniciales.

CEMENTO PUZOLANICO:

FRAGUADO: Empieza a las 5.15 hrs. y termina a las 8 hrs.

FINURA: Residuo sobre el tamiz de 900 mallas/cm², 0.1 IDEM sobre el de 4900 mallas por cm².

RESISTENCIA DEL MORTERO 1:3

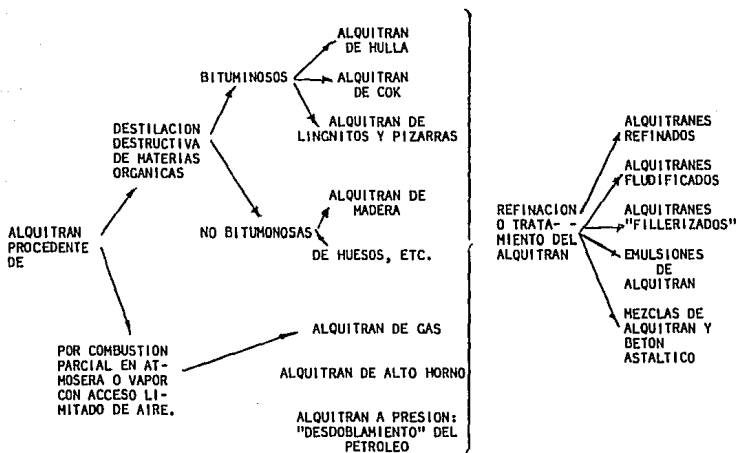
RESISTENCIA	7 DIAS KG/CM	28 DIAS KG/CM
TRACCION	31.0	33.1
COMPRESION	413.0	543.0

IV.3 El alquitran se puede obtener de:

- a) En las fábricas de gas del alumbrado, en las cuales la hulla se calienta en capas sucesivas de poco espesor y se destila alrededor de las -- 1200°C.
- b) En las fábricas de cok metalúrgico, en las cuales la hulla se calienta en masa a temperaturas aproximadas de 800°C.
- c) También en el proceso de destilación de la hulla a baja temperatura, - aproximadamente a 600°C, en el cual se eliminan las materias volátiles de la hulla obteniéndose un semicok para producir conglomerados finos de carbón graso de menor valor.
- d) En la fabricación de gas de agua o gas pobre se produce por reacción - entre el vapor de agua y carbón incandescente, que puede ser cock o -- antracita; en este proceso no se originan hidrocarburos ni, por lo tan to, alquitran, el gas obtenido, mezcla de óxido de carbono e hidrógeno debe ser enriquecido con un destilado de petróleo; el aceite pesado se descompone en contacto con el agua, dando lugar a hidrocarburos gaseo-

Los que reaccionan y se condensan en parte, produciendo ALQUITRAN. Este procedimiento no es comercial.

En el proceso del "desdoblamiento" del petróleo puede obtenerse en vez de aceite residual, alquitran de presión. También es posible fabricar alquitranes por destilación de la madera, huesos, etc., en el cuadro siguiente se resume esquemáticamente los procesos de fabricación del alquitran y su tratamiento.

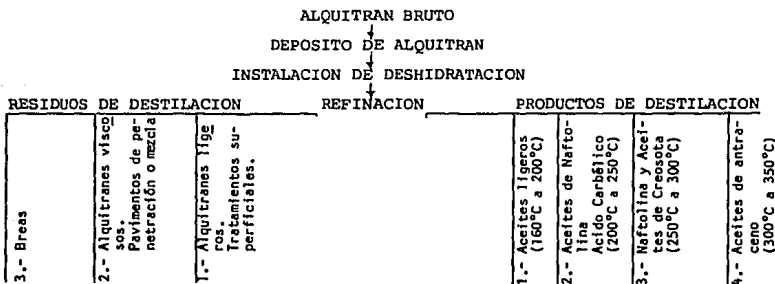


El alquitran es un producto residual de un proceso industrial realizados con fines económicos mucho más importantes que la obtención del producto que se utiliza para pavimentación; por ello, en las distintas instalaciones y según el fin para el cual se establecieron, se obtienen alquitranes de características diferentes, a veces no utilizables para firmes. En la técnica actual se ha llegado a más: se "fabrica" el alquitran deseado de productos primarios de las características deseadas, no -

sólo para lograr la viscosidad adecuada, sino también la composición química más eficaz desde el punto de vista de la utilización del producto para un tipo determinado de firme. Estos tipos de alquitranes "reconstruídos", son los que hoy se emplean exclusivamente para la pavimentación.

La refinación se hace sometiendo el alquitrán bruto al siguiente proceso:

- 1.- SEDIMENTACION. Tiene lugar en grandes depósitos; en ellos se separa la mayor parte del agua y las materias extrañas en suspensión.
- 2.- DESHIDRATACION. En el proceso de sedimentación no toda el agua se puede separar, es preciso eliminarla en un proceso de calentamiento en calderas a temperaturas que varían de 105°C a 110°C, con el agua se separan parte de los aceites ligeros.
- 3.- DESTILACION FRACCIONADA. El alquitrán, previamente deshidratado se destila en las llamadas retortas de alquitrán; en ellas se somete a una elevación lenta de temperatura, que permite ir separando consecutivamente, por destilación, los productos de diferente volatilidad. Los destilados, así como los residuos que se obtienen, pueden verse en la figura siguiente:



Si se desea un alquitrán de viscosidad determinada, puede suspenderse la destilación en el momento en que llegue a la temperatura precisa. Es preferible para obtener productos finales de calidad mejores y de composición igual aunque sean diferentes los productos brutos de partida, efectuar la destilación hasta obtener la brea como residuo y componer después artificialmente el alquitrán de características deseadas, mezclando diferentes tipos de los obtenidos y añadiendo las cantidades necesarias de los aceites previamente separados.

ESTADO NATURAL Y FABRICACION

Los productos denominados bituminosos son mezclas de hidrocarburos naturales o pirogenados o de sus combinaciones (frecuentemente acompañados de sus derivados no metálicos), y que pueden ser gaseosos, líquidos - semisólidos o sólidos, solubles por completo en sulfuro de carbono.

El mayor volumen de los betunes estálticos empleados en la construcción proviene de la destilación del petróleo. Los petróleos están formados principalmente de hidrocarburos de las distintas series junto con pequeñas cantidades de compuestos oxigenados en la forma de ácidos nalténicos, y derivados de la quinolefina y azufre, bien libre o disuelto en el petróleo, como ácido sulfhídrico o en forma de compuestos orgánicos del tipo de los tiofenos, mercaptanos, etc.

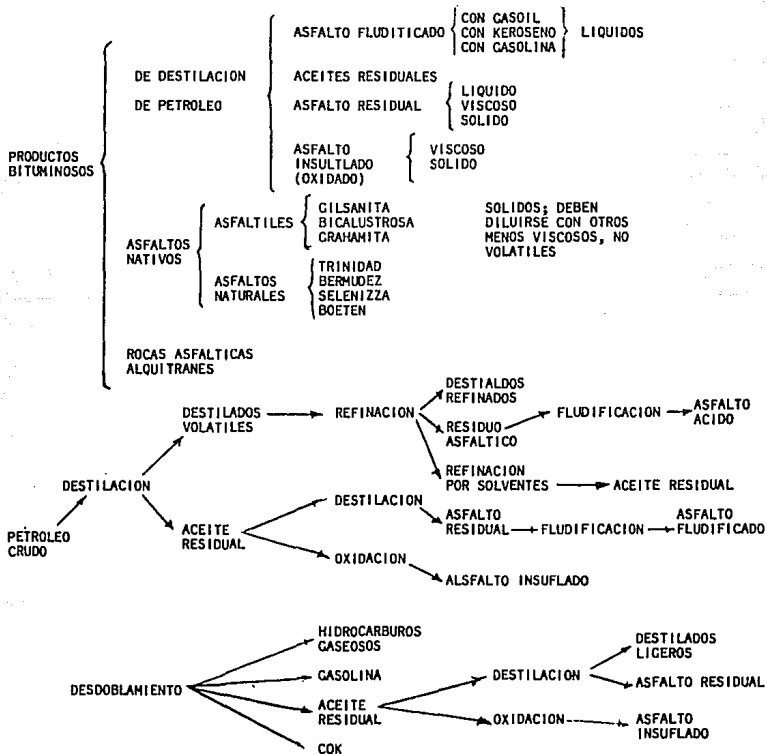
De los hidrocarburos, unos se encuentran naturalmente en los petróleos y otros se producen durante la destilación.

El tratamiento de los petróleos tiene por objeto separar los distintos grupos de hidrocarburos según sus propiedades y por tanto, su utilización.

El proceso de destilación no solamente influye en la consistencia del betún, tiene asimismo una gran importancia en las características del residuo obtenido.

En el cuadro 1 se resume el proceso de destilación.

Hay una gran variedad de productos bituminosos, por su origen y el proceso de obtención o refinado. Ponerse de acuerdo en cuanto a su nomenclatura no es fácil, si se pretende llegar a una clasificación lo suficientemente sistemática. Atendiendo a su origen se clasifican en:



CUADRO 1

V. ESPECIFICACIONES Y NORMAS TECNICAS PARA SU USO

V.1 YESO

El yeso, el cual se emplea en la industria de la construcción deberá cumplir con las siguientes especificaciones que a continuación se expresan:

a).- RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM²)

El yeso calcinado empleado en la construcción en sus diferentes tipos y sub-tipos, deberá tener una resistencia a la compresión, conforme a lo indicado en la Tabla V.1.

b).- TIEMPO DE FRAGUADO

El yeso calcinado empleado en la construcción en sus diferentes tipos y sub-tipos, deberá cumplir con los tiempos de fraguado que se indican en la Tabla V.1.

c).- COMPOSICION

La composición en dm³ (decímetros cúbicos) por cien (100) kg. de yeso calcinado, deberá corresponder a los valores indicado en la Tabla V.1.

d).- FINURA

El yeso calcinado empleado en la construcción en sus diferentes tipos, deberá de pasar el 100% por la malla No. 14 y el 60% por la malla No. 100, empleando los métodos de pruebas.

e).- CONSISTENCIA NORMAL

Los yesos se consideran de consistencia normal si se obtiene una penetración de 30 ± 2 mm. Cuando se prueban de acuerdo con lo indicado para este tipo de pruebas.

TABLA V.1

TIPOS DE YESO	COMPOSICION: dm^3 DE ADITIVO POR 100.0 KG. DE YESO CALCI NADO.	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm^2)	TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	
			NO MENOS DE	NO MAS DE
1.1 Premezclado para ba se de panel de yeso.				
1.1a Con vermiculita	67.6	30	1 a 1½	8
1.1b Con perlita	67.6	40	1 a 1½	8
1.1c Con arena	84.5	46.7	1 a 1½	8
1.1l Premezclado para base mamposteria porosa				
1.1la Con arena o perlita		26.7	1 a 1½	8
1.1lb Con vermiculita	101.3	21.7	1 a 1½	8
2 Sin agregados	66% de $\text{CaSO}_4, \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	50	2	16
3 Con fibras de madera	66.0% de $\text{CaSO}_4, \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	80	1 a 1½	8
4 Bond	93% de yeso calcinado y de 2 a 5/ de cal hidratada		2	8
5 Para capa de acabado	66.0/ de $\text{CaSO}_4, \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	80	20 min.	40 min.

El yeso calcinado para la construcción, objeto de esta norma se -- clasifica en los siguientes tipos y sub-tipos con un solo grado de cali-- dad.

A. TIPO	1	PREMEZCLADO
Sub-Tipo	1.1	Para base panel de yeso
	a)	Con vermiculita
	b)	Con perlita
	c)	Con arena
Sub-Tipo	1.11	Para base de mampostería poroso
	a)	Con arena o perlita
	b)	Con vermiculita
B. TIPO	2	SIN AGREGADOS
C. TIPO	3	SIN AGREGADOS "B" (PARA MEZCLAS SON ARENA - SOLAMENTE)
D. TIPO	4	CON FIBRA DE MADERA
E. TIPO	5	BOND (PARA BASE DE CEMENTO TIPO PORTLAND)
F. TIPO	6	PARA CAPA DE ACABADO

Por el tipo de alges o piedras de yeso, que dan origen al empleado para la construcción, se tiene la siguiente clasificación:

Hay varios tipos de alges o piedras de yeso.

a) YESO FIBROSO:

Formado por sulfato cálcico hidratado, puro, cristalizado en fibras sedosas. Con él se obtiene un buen yeso para mezclas.

b) YESO ESPEJUELO:

Cristaliza en voluminosos cristales que se expolean fácilmente en

láminas delgadas y brillantes. Proporciona un buen yeso para estucos y -
moldeados.

c) YESO EN FLECHA:

Cristalizado en forma de punta de lanza formando malla. Con él se
obtiene un yeso excelente para vaciado de objetos delicados.

d) YESO BACARINO O DE ESTRUCTURA COMPACTA:

Cuando es de grano muy fino recibe el nombre de alabastro y es usa
do para decoración y estructuras. Este alabastro se diferencia del cali-
zo por no producir efervescencia con los ácidos.

e) YESO CALIZO:

Piedra ordinaria de yeso, contiene hasta un 12% de carbonato de --
calcio. Da un buen yeso endureciéndose mucho después del fraguado. Su -
densidad es de 2.28, 2.32 y tiene una dureza igual a 2 de la escala mohs.

BASES DE ACEPTACION

Salvo que el proyecto y/o el departamento autoricen requisitos y -
tolerancias diferentes a las indicadas, el yeso calcinado empleado en la
construcción, deberá cumplir con los requisitos como base para ser cepta
do.

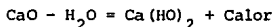
RECHAZOS

Salvo que el proyecto y/o el departamento modifiquen los requisi--
tos y bases de aceptación de esta norma, el yeso calcinado empleado en la
industria de la construcción cuyo empleo sea ordenado por el departamento
o especificado por el proyecto, será rechazado si al efectuarse las prue-
bas indicadas, no cumplen con los citados requisitos.

V.2 CAL

La cal endurece lentamente en el aire, llegando a adquirir eleva--

das resistencias, sobre todo en morteros para construcción, sólido, de color blanco, su peso específico varía entre 3.08 y 3.3 al mezclarse con agua desprende una gran cantidad de calor.



Durante el fraguado de cualquier pasta a base cal, ésta disminuye de volumen: si a lo anterior agregamos los esfuerzos de compresión que transmiten piedras o tabiques a esa pasta en estado plástico, la mayor parte de las ocasiones se forman grietas en la pasta ya fraguada.

Diversas pruebas de laboratorio han señalado las siguientes resistencias para morteros de cal:

Resistencia a la compresión	1 - 10 kg/cm ²
Resistencia a la tensión	0.5 - 2 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	3.000 kg/cm ²
Peso volumétrico	1.950 kg/m ³

También uno de los requisitos físicos que debe cumplir la cal hidratada en un solo grado de calidad son los siguientes:

a) Residuo retenido en tamiz No. 30 (590 micras) máximo en por ciento	0.5%
b) Residuo retenido en tamiz No. 200 (74 micras) máximo en por ciento	15%
c) Prueba de dilatación acelerada a presión atmosférica	Satisfactoria
d) Plasticidad mínima	200
e) Tiempo de fraguado inicial	2 horas

Las pruebas físicas que se siguen en el laboratorio son las siguientes:

DETERMINACION DEL RESIDUO DE LA CAL HIDRATADA

Los tamices que se usen deberán ajustarse a los requisitos contenidos en las especificaciones para tamices para pruebas.

El procedimiento será de la siguiente manera: Se escogera una - muestra de cal hidratada en el estado en que se ha recibido el envío y se colocará en un tamiz No. (590 micras) y se colocará de bajo de éste otro tamiz No. 200 (74 micras) se pasará el material por ambos tamices mediante un chorro de agua, no se interrumpirá el lavado hasta que el agua salga clara de los tamices; en ningún caso deberá prolongarse el lavado más allá de 30 minutos. Los residuos de ambos tamices deberán secarse hasta peso constante en una atmósfera libre de anhídrido carbónico a una temperatura entre 100-120°C. El por ciento de residuo de cada tamiz se calculará tomando como base el peso original de la muestra. El peso del material retenido por el tamiz No. 30 (590 micras) deberá agregarse al peso del material retenido por el tamiz No. 200 (74 micras) para obtener así el peso correcto del material retenido por el tamiz No. 200 (74 micras).

PRUEBA DE DILATACION ACELERADA A PRESION ATMOSFERICA

A 20 g. de la muestra se le agregarán 100 g. de arena normal: se mezclará perfectamente bien, y se le agregará a la mezcla suficiente agua para hacer un mortero plástico de una consistencia más bien seca que húmeda.

Se extenderá esta mezcla en una placa de vidrio limpia a que forme una capa de 6.35 mm. de espesor y de 25.81 cm². La pastilla se colocará dentro del gabinete por 24 horas a la temperatura de 18 a 24°C y tendrá libre circulación de aire sin que haya corrientes que hieran directamente la pastilla hasta que queda en su superficie una película de agua que la pastilla ya no absorba, si la pastilla se raya, es que la consistencia de la mezcla estaba demasiado húmeda y deberá hacerse una nueva pastilla. - Se suspenderá la pastilla en una vasija que contenga agua fría y en tal -

forma de que el agua hierva sin tocar la pastilla, se llevará el agua gradualmente a su punto de ebullición sosteniéndolo suavemente por 5 horas, debiendo estar durante todo este tiempo rodeada la pastilla de una atmósfera de vapor. Entonces se dejará que el agua se enfríe por lo menos 12 horas. Después se retirará y se examinará la pastilla.

La prueba es satisfactoria si después de este tratamiento la pastilla no acusa signos de disgregación ni de torsión.

CONSISTENCIA NORMAL DE LA PASTILLA DE CAL

Para esta prueba se empleará la aguja de vicat modificada. El aparato deberá de constar de las siguientes partes: De un soporte (A), que lleva una varilla móvil de latón (B), en la extremidad inferior de la varilla se fijará un émbolo buzo (C), también consta de un contrapeso (D) - atornillado a la varilla, tornillo de presión (E), lleva una raya marcada a la mitad del recorrido de su extremidad y se desaloja detrás de una escala (F), graduada en milímetros que está fija al soporte A.

También consta de un molde el cual deberá tener la forma de un anillo cónico deberá estar hecho de un material no corrosivo, no absorbente y tendrá un diámetro interior de 7 cm. en su base, de 6 cm. en su cara superior y una altura de 4 cm. La placa de asiento sobre la cual se apoya el molde anular deberá ser un cuadrado de vidrio de unos 10 cm. por lado.

La consistencia normal de la masilla de cal se medirá como sigue: Mézclense 300 g. de cal con agua suficiente para formar una masilla espesa y bátase unos dos o tres minutos con una cuchara de albañil, hasta lograr una mezcla perfecta. Después de madurarse en un recipiente cubierto con una tela húmeda no menos de 16 horas y no más de 24 horas se volverá a revolver esta masilla por unos dos o tres minutos y se pondrá una cantidad suficiente en el molde que se colocará sobre la placa de vidrio que le sirve de base. Se colocará el molde con su base mayor descansando en la placa base y después de llevarlo se quitará el exceso, rasándolo al paño con los bordes superiores del molde. Entonces se centrará debajo de la barilla del aparato modificado de Vicat, Figura V.1. La masilla contenida en el molde colocado sobre la placa de vidrio. Se pondrá en contacto con la superficie de la masilla, la extremidad buzo (C), tomando en esta posición una lectura que será la inicial. Entonces se soltará la varilla y a los 30 segundos después de esta operación se tomará la lectura final.

La masilla de cal tendrá la consistencia normal cuando se obtenga una penetración de 20 mm. en los 30 segundos, con una variación de \pm 5mm.

Si la penetración es menor que la normal, puede retirarse la muestra del molde y repetirse la operación mezclando la muestra con masilla original ya madura agregándole más agua agitando dos o tres minutos y volviendo a probar una cantidad apropiada de ella. Si la penetración es mayor de la normal deberá desecharse la muestra y preparar otra nueva.

En general, este tipo de mezclas es muy trabajable aunque con un fraguado lento, pero con buena retención de agua.

Sin embargo, una de las principales propiedades de la cal es su índice hidráulico. Es importante conocer el índice hidráulico de las cales, ya que con éste podemos determinar los tiempos de fraguado de la cal.

El índice hidráulico es la relación en peso entre el sílice más la alúmina y la suma de la cal y la magnesia:

$$I = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

La relación inversa es el módulo de hidraulicidad.

$$M = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$

En la siguiente tabla que se muestra, se pueden relacionar los valores relativos del índice de hidraulicidad contra los tiempos aproximados de fraguado:

NATURALEZA DE LOS PRODUCTOS	INDICE HIDRAULICO	PORCENTAJE DE ARCILLA EN LA CALIZA	TIEMPO DE FRAGUADO
CAL CRASA O MAGRA	0.00 - 0.10	0.0 - 5.3	FRAGUA SOLO EN AIRE
CAL DEBILMENTE HIDRAULICA	0.10 - 0.16	5.3 - 8.2	16 - 30 DIAS
CAL MEDIANAMENTE	0.16 - 0.37	8.2 - 14.8	10 - 15 DIAS
CAL PROPIAMENTE	0.31 - 0.42	14.8 - 19.1	5 - 9 DIAS
CAL EMINENTEMENTE	0.42 - 0.50	19.1 - 21.8	2 - 4 DIAS
CAL LIMITE O CEMENTO LENTO	0.50 - 0.65	21.8 - 26.7	1 - 12 HORAS
CEMENTO RAPIDO	0.65 - 1.20	26.7 - 40.0	5 - 15 MIN.

y también algunas especificaciones químicas como son:

- Humedad sobre muestra original máximo % 3
- Oxidos de calcio y magnesio (CaO + MgO) calculados sobre muestra 92
- Calcinada mínimo %

- Anhídrido carbónico (CO ₂) sobre muestra original máximo %	
Cuando la muestra se toma en la fábrica	5
Cuando la muestra se toma en cualquier otro lugar	7

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

La cal que se utilice en las obras del departamento podrá manejarse a granel o envasado en bolsas, según se defina en las especificaciones particulares de cada obra. Una vez establecida la forma como deba manejarse, solamente podrá cambiarse mediante gestión específica y aprobación escrita del departamento.

a) CAL A GRANEL

Para que se autorice el suministro de cal a granel, será indispensable que se disponga de equipo adecuado para manejarla y almacenarla.

Los requisitos mínimos necesarios serán:

- 1.- Equipo de conducción neumática para transportar la cal del silo del fabricante al vehículo autorizado, sin que ocurran pérdidas, ni alteraciones de calidad o de uniformidad del mismo durante la operación de carga.
- 2.- Vehículos acondicionados especialmente para el transporte de cal a granel, provista de receptáculos herméticos e impermeables para alojar la cal, sin que ocurran pérdidas ni alteraciones de calidad o de uniformidad durante todo el periodo de transportación de la fábrica a la obra.
- 3.- Equipo de conducción neumática o mecánica para transportar cal del vehículo autorizado al silo de almacenamiento en obra, sin que ocurran

pérdidas, ni alteraciones de calidad o de uniformidad del mismo durante la operación de descarga.

- 4.- Silos de almacenamiento en obra, herméticos e impermeables sin espacios "muertos", con capacidad suficiente para disponer continuamente de la cal requerida, de acuerdo con el programa de construcción, y -- que permita conservarlo en las condiciones de recepción durante el período previo a su utilización. Dichos silos deben tener fácil acceso para la inspección y el muestreo.

En caso de duda respecto a la calidad de la cal en el momento de su dosificación, el departamento podrá obtener muestras del silo y enviarlas para análisis al laboratorio oficial autorizado, quedando pendiente su empleo hasta la obtención del dictamen correspondiente.

b) CAL EN SACOS

Cuando no se reunan las condiciones necesarias para el suministro de cal a granel, o el consumo de cal requerido para la obra no lo justifique, el suministro de cal será envasada en bolsas de papel.

Se deberá tener en la obra una o más bodegas de almacenamiento que permitan conservar la cal, sin que se altere su calidad durante el período previo a su utilización, y que tenga capacidad suficiente para disponer continuamente de las cantidades necesarias conforme al programa de construcción. Otros requisitos para las bodegas de almacenamiento de cal en sacos deberán ser:

- 1.- Deberán contar con accesos adecuados para facilitar las operaciones de carga y descarga desde, por lo menos dos puntos diferentes, a fin de permitir el empleo de cal en el orden cronológico de recepción en obra.

- 2.- Deberá disponer de área suficiente para almacenar toda la cal necesaria, sin tener que formar pilas de más de 20 sacos y sin que las pilas perimetrales queden a menos de 60 cm. de distancia de las paredes.
- 3.- Deberán tener buena ventilación y piso de madera. Cuando el piso sea de concreto, podrá aprobarse su utilización si se coloca una tarima de madera que sirva de apoyo a los sacos.

La cal que resulte esparcida por rotura de sacos dentro de la bodega, no podrá ser usada.

Se podrá autorizar su empleo en obras secundarias, siempre y cuando se encuentre limpio y sin mostrar síntomas de hidratación.

BASES DE ACEPTACION

Adicionalmente a los requisitos físicos y químicos indicados en este capítulo, la cal hidratada deberá cumplir con las siguientes características para ser aceptada:

- a).- Cuando el residuo retenido en la malla No. 30 es mayor del 0.5%, no deberá mostrar ampollas y agujeros al someter dicho residuo a la prueba de floreo y picado.
- b).- La humedad máxima sobre la muestra original debe ser del 3%.
- c).- La plasticidad en la pasta estándar elaborada con cal hidratada tipo especial, no debe ser menor de doscientos.
- d).- La retención de agua en una pasta estándar elaborada con cal hidratada tipo normal, después de haber sido sometido a una succión durante 60 segundos, no deberá ser menor de un 75%.

e).- La pasta de cal hidratada tipo especial, al ser probada en el mortero que se haya elaborado con la cal hidratada en seco, debe tener un valor de retención de agua no menor de 85%.

V.3 CEMENTO

En la Dirección General de Normas del departamento así como en - - otras dependencias, nos encontramos que las normas con respecto al cemento hasta ahora no han sido actualizadas de acuerdo a los tipos de cemento que hoy en día se elaboran en el país, para lo cual las tomaremos con las reservas del caso.

Tanto las propiedades físicas como químicas no cambian en nada con respecto a las actuales.

Es conveniente indicar cuáles son los principales componentes de - un cemento:

Silicato tricálcico	= C_3S
Silicato dicálcico	= C_2S
Aluminato tricálcico	= C_3A
Ferroaluminato tetracálcico	= C_4AF

Estos elementos constituyen aproximadamente el 90% del cemento, el 10% restante del peso del cemento lo forman otros constituyentes como el yeso que se agrega al clinker durante la molienda final, y otros que quedan libres durante la calcinación de las materias primas, es decir, elementos que no se alcanza a combinar en los hornos. Entre éstos se encuentran la cal libre, la magnesia, los álcalis, etc.

Los silicatos son responsables del desarrollo de resistencias del cemento. El silicato tricálcico (C_3S) es el mayor contribuyente en las - resistencias a todas las edades, principalmente de las resistencias a eda

des tempranas hasta los 28 días de curado. A edades mayores el silicato dicálcico (C_2S) es el que juega el papel más importante, siendo responsable de las resistencias a período de un año y aún más. El aluminato tricálcico (C_3A) contribuye muy poco en la resistencia, en cambio genera mucho más calor que una cantidad igual de los otros componentes y es responsable de la variación del volumen del cemento, de la formación de grietas, y es el más vulnerable al ataque de los sulfatos cuando el cemento se encuentra en contacto con aguas o suelos sulfatados.

En orden de generación de calor, al C_3A le siguen el C_3S , C_4AF y finalmente el C_2S .

El ferroaluminato tetracálcico (C_4AF) contribuye poco o nada en la resistencia, como se indica en la tabla siguiente.

PRINCIPALES COMPUESTOS DEL CEMENTO Y CARACTERISTICAS DE CADA UNO

COMPUESTO	F	FORMULA QUIMICA	NOMENCLATURA COMUN	CARACTERISTICAS
SILICATO TRICALCICO		$3CaO - SiO_2$	C_3S	RESPONSABLE DE LAS RESISTENCIAS A PRIMERAS EDADES, HASTA LOS 28 - - DIAS APROXIMADAMENTE.
SILICATO DICALCICO		$2CaO - SiO_2$	C_2S	RESPONSABLE DE LAS RESISTENCIAS A EDADES AVANZADAS, DE 28 DIAS EN ADELANTE.
ALUMINATO TRICALCICO		$3CaO - Al_2O_3$	C_3A	GENERA MUCHO MAS CALOR QUE UNA -- CANTIDAD IGUAL DE LOS OTROS COM-- PONENTES. ES RESPONSABLE DE LA -- VARIACION DEL VOLUMEN, FORMACION DE GRIETAS, ATAQUE A LOS SULFA-- TOS.
FERROALUMINATO - TETICALCICO		$4CaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$	C_4AF	POCA INFLUENCIA EN LA RESISTEN-- CIA.

El yeso (sulfato de calcio) se emplea para regular la acción quími

ca del cemento con el agua y controlar el tiempo de fraguado. Si el yeso no se añadiera al cemento, éste fraguaría demasiado rápido haciendo imposible su manejo, o bien fraguaría muy lento, retardando por tanto el endurecimiento del mismo. La cal libre u óxido de calcio (CaO), que queda -- por cocción insuficiente del clinker, cuando se encuentra en exceso puede dar lugar a dilatación y quebrantamiento de la pasta de cemento o concreto, para cementos con finuras normales, de unos 300 a 3300 cm^2/g determinadas por el método DGN-C-56 o ASTM C 204, los cementos con un valor en su cal libre superior al 2% corren el riesgo de sufrir fuertes expansiones.

Debido a la imposibilidad de dar un límite químico preciso, siempre debe hacerse la prueba de expansión del cemento en autoclave, de acuerdo con la norma mexicana DGN-C-62 o norteamericana ASTM C 151. El resultado de esta prueba muestra inmediatamente algún peligro de futura expansión debido a la cal libre.

El óxido de magnesio comúnmente llamado magnesia, aunque en pequeñas cantidades, está presente en todos los cementos portland debido a que en la naturaleza se encuentra acompañando a las calizas en forma de carbonato de magnesio. Las normas limitan su contenido a un máximo de 4%. Los cementos producidos en México tienen un contenido bajo de este elemento - que varía entre 1 y 3 por ciento.

Considerando que los elementos antes mencionados son los principales componentes del cemento, hemos creído conveniente no profundizar más en las propiedades de los demás elementos del cemento, ya que se sale de los propósitos de este trabajo.

Haciendo una comparación con los tipos de cementos de antaño con los actuales podemos darnos cuenta que el Tipo I y II son una combinación que da como resultado el cemento portland Tipo II modificado y el Tipo IV y V es el cemento portland Tipo II con puzolana, el mortero y el cemento blanco se siguen produciendo.

Ahora veremos los requisitos físicos que deben tener los cementos, las propiedades físicas del cemento influirán en forma definitiva en la correcta utilización que de este producto se haga en los diversos procesos constructivos en los cuales sea empleado.

Algunas de estas propiedades son: la finura, la sanidad, el tiempo de fraguado, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tensión, el calor de hidratación y el falso fraguado.

A continuación describiremos cada una de las propiedades en forma breve.

FINURA

La finura del cemento es un factor que junto con la composición química tiene influencia definitiva en la mayor parte de las propiedades del cemento, principalmente en lo que refiere a resistencia, el aumento de la finura incrementa la velocidad de hidratación del cemento y produce mayor resistencia inicial y más rápida generación de calor.

Debido al tamaño extremadamente pequeño (entre 7 y 60 micras) las partículas de cemento más finas no pueden clasificarse en fracciones de distintos tamaños por medio de tamices; se han elaborado métodos especiales para efectuar determinaciones cuantitativas aproximadas de la distribución de los tamaños. Para este fin son de uso corriente, instrumentos conocidos como turbidímetros y aparatos de permeabilidad al aire, y la medida de la finura se conoce como "superficie específica". Esta es el área total en centímetros cuadrados de la superficie de todas las partículas supuestas esféricas, contenidas en un gramo de cemento. Esta área es mayor cuando el cemento es más fino.

El empleo de cementos "gruesos", es decir con superficie específica inferior a la de los valores mencionados, además de bajar las resisten

cias pueden producir un exceso de exudación o sangrado (el agua alcanza - la parte superior del concreto debido a la sedimentación de los sólidos - antes del fraguado inicial).

Como la finura tiene una influencia definitiva sobre muchas de las propiedades del cemento, al aumentarla se incrementó la resistencia mecánica, particularmente las resistencias a corta edad, disminuye la expansión, aumenta la trabajabilidad y cohesión del concreto, aumenta la impermeabilidad y la resistencia al congelamiento y deshielo.

SANIDAD

Sanidad es la propiedad que tiene una pasta de cemento fraguado a - permanecer con un volumen constante.

Estas variaciones al volumen son atribuidas a diversos compuestos, pero principalmente se presentan cuando existe cal libre después del fraguado inicial. Esta cal, al absorber agua, aumenta en forma notoria el volumen de la pasta.

En ocasiones los cambios volumétricos se presentan meses después - de elaborada la mezcla, por lo que las pruebas que existen para determi-- nar la sanidad de un cemento aceleran el tiempo de fraguado.

FRAGUADO FALSO

Algunas veces al entrar el cemento en contacto con el agua se endurece inmediatamente en unos cuantos minutos, es decir, mucho antes del -- tiempo normal de fraguado; este endurecimiento se conoce como fraguado -- falso prematuro, es decir no es propiamente un fraguado, sino que se produce una rigidez o "atiezamiento" anormal.

El fraguado falso es motivado por la deshidratación del yeso a elevada temperatura (mayor de 120°C) producida por la fricción en el inte--

rior de los molinos tubulares donde el clinker y el yeso se muelen conjuntamente para producir cemento.

Cuando el cemento entra en contacto con el agua, este yeso deshidratado tiende a tomar su agua que ha perdido, formándose inmediatamente una red de cristales en la masa del cemento, los cuales originan la rigidez arriba mencionada.

El fraguado inicial es perjudicial porque le resta trabajabilidad al concreto, disminuye su revenimiento dificultando la descarga de las mezcladoras.

Este fraguado falso puede eliminarse dejando reposar la mezcladora durante unos 4 ó 5 minutos después del tiempo de mezclado normal, y remezclando de nuevo durante otros 2 ó 3 minutos.

En general, el fraguado falso produce los siguientes efectos indeseables en el concreto:

- 1).- Alto requerimiento de agua.
- 2).- Reduce la resistencia.
- 3).- Reduce la unión entre los agregados o entre el acero de refuerzo y el mortero.
- 4).- Tendencia al agrietamiento.
- 5).- Da características de inclusión de aire erráticas.

CALOR DE HIDRATACION

Cuando el cemento se mezcla con el agua, se forma una pasta de consistencia plástica, es decir fácilmente moldeable, tendiendo a perder esta propiedad con el tiempo, hasta que llega propiamente al estado sólido este paso del estado plástico al estado sólido es lo que constituye propiamente el fraguado del cemento. Una vez que el cemento ha fraguado comienza entonces a endurecer, ésto es, comienza a adquirir resistencia me-

cánica, lo cual se prolonga durante un período indefinido. El fraguado y el endurecimiento se efectúan por medio de una reacción química entre los compuestos del cemento y el agua, la cual recibe el nombre de hidratación. Durante el proceso de endurecimiento del cemento portland, se produce considerable cantidad de calor por las reacciones de hidratación. Este calor generado es lo que se llama calor de hidratación.

El calor de hidratación del cemento es importante para los técnicos principalmente por la elevación de temperatura que se produce en la masa de concreto. En grandes masas de concreto la conductividad térmica es muy baja, evita la radiación del calor, y el concreto puede entonces alcanzar altas temperaturas. Tal elevación de temperatura a menudo es lo suficientemente grande para que cause serios agrietamientos de la estructura debido a la contratación térmica cuando tiene lugar el enfriamiento eventual a la temperatura circundante. Sin embargo, el calor de hidratación es beneficio para los concretos colados en clima frío.

El departamento deberá especificar el tipo de prueba de tiempo de fraguado requerido. En caso de no especificarlo o de desacuerdo, únicamente se considerarán válidos los resultados de la prueba de Vicat.

El departamento deberá especificar el tipo de prueba de resistencia requerido. En caso de que no lo especifique, únicamente regirán los requisitos de la prueba de resistencia a la compresión.

MANEJO

El cemento que se utilice en las obras del departamento podrá manejarse a granel o envasado en bolsas de 50 kg. según se defina en las especificaciones particulares de cada obra. Una vez establecida la forma como deba manejarse el cemento, solamente podrá cambiarse mediante gestión específica y aprobación escrita del departamento.

Para que se autorice el suministro de cemento a granel, será requisito indispensable que se disponga de equipo adecuado para menajarlo y almacenarlo. Los requerimientos mínimos serán:

- a).- Equipo de conducción neumática para transportar el cemento del silo del fabricante al vehículo autorizado.
- b).- Vehículos acondicionados especialmente para el transporte de cemento a granel, provisto de receptáculos herméticos de impermeables para alojar el cemento.
- c).- Equipo de conducción neumática o mecánica para transportar el cemento del vehículo autorizado al silo de almacenamiento en obra.
- d).- Silos de almacenamiento en obras, herméticos e impermeables, sin espacios muertos, con capacidad suficiente para disponer, continuamente del cemento requerido, de acuerdo con el programa de construcción.

En caso de duda respecto a la calidad del cemento en el momento de su dosificación, la residencia del departamento deberá obtener muestras del silo, y enviarlas para análisis al laboratorio oficial autorizado, -- quedando pendiente su empleo hasta la obtención del dictamen correspondiente.

CEMENTOS EN SACOS

Cuando no se reúnan las condiciones necesarias para el suministro del cemento a granel, o el consumo del cemento requerido para la obra no lo justifique, se podrá autorizar el suministro de cemento envasado en -- bolsas de papel, con capacidad nominal de cincuenta kilogramos (50 Kgs) -- cada una.

Otros requisitos para las bodegas de almacenamiento de cemento en sacos, deberán ser:

- a).- Deberán contar con accesos adecuados para facilitar las operaciones

de carga y descarga desde, por lo menos, dos puntos diferentes, a -- fin de permitir el empleo del cemento en el orden cronológico de recepción de obra.

- b).- Deberán de disponer de área suficiente par almacenar todo el cemento necesario, sint ener que formar pilas de más de 20 sacos y sin que - las pilas perimetrales queden a menos de 60 cms. de distancia de las paredes.
- c).- Deberán tener buena ventilación y piso de madera. Cuando el piso -- sea de concreto, podrá autorizarse su utilización si se coloca una - tarima de madera que sirva de apoyo a los sacos.

En caso de duda respecto a la calidad que tenga el cemento en el - momento de su dosificación, la residencia del departamento podrá obtener muestras del cemento almacenados en sacos y enviarlas para su verifica- - ción al laboratorio oficial autorizado, quedando pendiente su aceptación hasta que se emita el dictamen correspondiente.

El cemento que resulte esparcido por rotura de sacos dentro de la bodega, no podrá ser usado para elaborar concreto. Se podrá autorizar su empleo en obras secundarias, tales como mortero para mampostería o firmes para pisos, siempre y cuando se encuentre limpio y sin mostrar síntomas - de hidratación.

Las especificaciones particulares de cada obra deberán definir la clase y tipo de cemento, y la marca o marcas que se acepten. Una vez definidas, solamente podrán cambiarse mediante gestión específica y aprobación escrita del departamento.

La clase, tipo y marca del cemento estarán impresas claramente en los sacos, cuando se suministre envasado. La clase, tipo y de preferen- - cia también la marca, deberán conservarse invariables en una misma estruc- - tura o conjuntos de estructuras en las que el concreto se encuentre some-

tido a condiciones de exposición y servicios similares.

Salvo que el proyecto y/o el departamento modifiquen los requisitos y bases de aceptación de esta norma los cementos serán rechazados si al efectuarse las pruebas indicadas no cumplen con los citados requisitos.

V.4 PUZOLANAS

Las puzolanas se clasifican en naturales y artificiales las naturales están compuestas de silicatos aluminicos alcalinos hidratados, análogos a las arcillas, en forma vítrea o cristalina, y su constitución química no está perfectamente aclarada todavía. Habiendo quien afirma que deben sus propiedades a la sílice y alúmina que contienen. Estos materiales poseen por sí mismos propiedades hidráulicas de intensidad variable, ya que los elementos químicos que los integran son los mismos que los de los aglomerantes hidráulicos, con defecto de cal, por lo que al agregarle ésta, forman compuestos insolubles estables con determinado valor hidráulico.

La composición química de las puzolanas tanto naturales como artificiales varían entre los siguientes límites:

Sílice	42 - 66 por 100
Alúmina	14 - 20 " "
Oxido de hierro	5 - 20 " "
Oxido cálcico	3 - 10 " "
Oxido magnésico	1 - 6 " "
Alcalis	2 - 10 " "
Agua combinada	1 - 15 " "

La naturaleza nos brinda estos materiales, en forma consolidada, análoga a la de una piedra enterrada bajo capas de materias depositadas posteriormente sobre ellas.

En la siguiente tabla se han tabulado los constituyentes químicos de diversas puzolanas naturales volcánicas.

	PERDIDAS POR CAL- CINACION %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SO ₃ %	ALCALIS %
TEPETATE	4.05	62.54	17.71	3.77	4.53	1.80	0.60	4.00
POMA BLANCA	3.12	63.8	16.90	2.47	8.30	0.62	3.22	-
ROMA ROSA	12.40	44.78	22.30	10.90	1.87	2.40	0.65	-
TEZONTLE	3.20	54.70	18.20	4.78	0.38	0.80	2.0	-
TEPECHIL, VER	4.23	65.70	17.40	0.98	3.18	0.67	6.40	-
JAL (JALISCO)	3.80	66.40	13.80	1.30	3.60	0.80	5.70	-

Las puzolanas son usadas como aditivos también, ya que se emplean para mejorar la manejabilidad y plasticidad de la mezcla, reducir la permeabilidad, mejorar la resistencia a las aguas o suelos agresivos.

Las normas nos dicen que los concretos hidráulicos a los que se -- adicionen aditivos puzolánicos ya descritos, deberán cumplir con los si-- guientes requisitos:

a) FINURA:

- a.1) Area superficial mínima en cm^2/cm^3 12000
- a.2) Cantidad máxima retenida en cribado húmedo en la malla No. 325 (44), en porcentaje 12.0

b) INDICE DE ACTIVIDAD PUZOLANICA:

- b.1) Con cemento portland, a los 28 días en porcentaje del de referencia, valor m_f nimo 75

b.2) Con cal, a los siete días, en kg/cm^2 , valor mínimo	56
c) DEMANDA DE AGUA MAXIMA, EN PORCENTAJE -- DEL DE REFERENCIA	115
d) INCREMENTO MAXIMO DE LA CONTRACCION POR SECADO DE BARRAS DE MORTERO A LOS 28 - - DIAS EN PORCENTAJE	0.03
e) SANIDAD Expansión o contracción máximas en auto- clave en porcentaje	0.05

Cualquier clase de material puzolánico propuesto para usarse como aditivo de concreto será rechazado si:

- a).- Deja de cumplir cualquiera de los requisitos de calidad que le sean aplicados, de acuerdo con su clase conforme a las especificaciones.
- b).- El peso promedio de 50 envases seleccionados al azar dentro del lote, resulta menor que el establecido por el fabricante.

V.5 BETUN Y ALQUITRAN (ASFALTO)

El betún y alquitrán son materiales componentes del asfalto, hidrocarbonado de origen natural o pirogénico, frecuentemente acompañado de sus derivados no metálicos, que pueden ser gaseosos, líquidos, semisólidos o sólidos y que es totalmente soluble en disulfuro de carbono. El betún y alquitrán son unas mezclas para producir el asfalto el cual se derivan de las emulsiones asfálticas y éstas a su vez son de gran utilidad en la industria de la construcción.

El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido con propiedades aglutinantes, que se licúa gradualmente al calentarse; constituido principalmente por asfaltenos, resinas, aceites, componentes que le -

dan características de consistencia, poder de aglutinación y ductilidad.

Los cementos asfálticos deberán cumplir con los requisitos que se especifican en el siguiente cuadro. Pero antes los cementos asfálticos - obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminar sus - solventes volátiles y parte de sus aceites; se dividen en 4 grupos.

Cemento asfáltico número 3

Cemento asfáltico número 6

Cemento asfáltico número 7

Cemento asfáltico número 8

CARACTERISTICAS	NUM. 3	CEMENTO ASFALTICO		
		NUM. 6	NUM. 7	NUM. 8
- Penetración, 100g, 55, 25°C, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
- Viscosidad saybolt-furol: A 135°C, Sl, <u>mí</u> <u>ni</u> <u>mo</u> .	60	85	100	120
- Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	60	100	100	100
- Prueba de la película delgada 50 cm ³ , 5h, -- 163°C: penetración retenida, por ciento, <u>mí</u> <u>nimo</u> .	40	50	54	58
- Pérdida por calenta- - miento, por ciento, -- máximo.	1.4	1.0	0.8	0.8

ASFALTOS REBAJADOS

b.1) Fraguado rápido (F.R.)

b.2) Fraguado medio (F.M.)

b.3) Fraguado lento (F.L.)

De acuerdo a su clasificación los rebajados asfálticos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

b.1).- Asfaltos rebajados de fraguado rápido.

CARACTERISTICAS PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO	G R A D O				
	F.R.0	F.R.1	F.R.2	F.R.3	F.R.4
- Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C hasta 190°C, mínimo	15	10			
- Hasta 225°C, mínimo	55	50	40	25	8
- Hasta 260°C, mínimo	75	70	65	55	40
- Hasta 315°C, mínimo	90	88	87	83	80
- Residuo de la destilación a 360°C por ciento del volumen total por diferencia, - mínimo	50	60	67	73	78
- Agua por destilación, por - ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS DE RESIDUO DE LA DESTILACION					
- Penetración, grados	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
- Ductibilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
- Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

b.2).- Asfaltos rebajados de fraguado medio

CARACTERISTICAS PRUEBAS AL MATERIAL ALFALTICO	G R A D O				
	F.M.0	F.M.1	F.M.-2	F.M.3	F.M.4
- Destilación: por ciento del total destilado a 360°C, -- hasta 225°C, máximo	25	20	10	5	0
- Hasta 260°C máximo	40-70	25-65	15-55	5-40	30 máx.
- Hasta 315°C máximo	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
- Residuo de la destilación a 360°C por ciento del volumen total por diferencia, mínimo	50	60	67	73	78
- Agua por destilación, por -- ciento máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
- Penetración, grados	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
- Ductilidad en centímetros, <u>m</u> í nimo	100	100	100	100	100
- Solubilidad en tetracloruro - de carbono por ciento mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

b.3).- Asfalto rebajado de fraguado lento

CARACTERISTICAS PRUEBAS AL MATERIAL ALFALTICO	G R A D O				
	F.L.0	F.L.1	F.L.2	F.L.3	F.L.4
- Destilación: Destilado total a 360°C, por ciento en volumen.	15-40	10-30	5-25	2-15	10 máx.

- Agua por destilación, por ciento, máximo.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
- Residuo asfáltico de 100 grados de penetración, por ciento mínimo	40	50	60	70	75

PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION

- Flotación en el residuo de la destilación a 25°C, segundos	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150
- Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración 25°C, cm, mínimo	100	100	100	100	100
- Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Para los diferentes tipos de materiales asfálticos, las condiciones de temperatura que deben cumplir se indican a continuación:

CONCEPTO	TIPO	TEMPERATURA
Cementos asfálticos	Núm. 3	De 120°C a 160°C
	Núm. 6	De 120°C a 160°C
	Núm. 7	De 120°C a 160°C
	Núm. 8	De 120°C a 160°C
Asfaltos rebajados de fraguado lento	F.L. 0	De 20°C a 30°C
	F.L. 1	De 30°C a 45°C
	F.L. 2	De 75°C a 85°C
	F.L. 3	De 85°C a 95°C
	F.L. 4	De 95°C a 100°C

Asfaltos rebajados	F.M. 0	De 20°C a 40°C
de fraguado medio	F.M. 1	De 30°C a 60°C
	F.M. 2	De 70°C a 85°C
	F.M. 3	De 80°C a 95°C
	F.M. 4	De 90°C a 100°C
Asfaltos rebajados	F.R. 0	De 20°C a 40°C
de fraguado rápido	F.R. 1	De 30°C a 50°C
	F.R. 2	De 40°C a 60°C
	F.R. 3	De 60°C a 80°C
	F.R. 4	De 80°C a 100°C
Emulsiones de fraguado rápido		De 5°C a 40°C
Emulsiones de fraguado lento		De 5°C a 40°C

ALMACENAMIENTO

Los depósitos que se utilicen deberán reunir los requisitos necesarios para evitar la contaminación de los productos que se almacenan en ellos; estarán protegidos contra incendios, fugas, pérdidas excesivas de disolventes, contarán con instalaciones adecuadas para calentar el producto; cuando así se requiera deberán contar con los elementos necesarios para su carga, descarga y limpieza en su caso.

TRANSPORTE

Los tanques del equipo de transporte deberán contar con instalaciones para calentar el producto cuando así se requiera; serán herméticos y tendrán tapas y dispositivos adecuados para evitar fugas.

Salvo que el departamento autorice requerimientos y tolerancias diferentes a las indicadas, todos los elementos empleados en materiales asfálticos deberán cumplir con los requisitos ya indicados.

Salvo que el departamento autorice otros requisitos o modifique --
las bases de aceptación de esta norma, su falta de cumplimiento será moti
vo de rechazo de los materiales que se empleen para mezclas asfálticas.

VI. UTILIZACION EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y RECOMENDACIONES PARA SU USO

En la construcción de edificios, casas, presas, etc., los materiales aglomerantes presentan diversas aplicaciones:

- 1).- Para unir o pegar los elementos simples de la obra: piedras, ladrillos, bloques, etc, formando los muros, pilares y demás unidades resistentes.
- 2).- Para revestir superficies, protegiéndolas o decorándolas: Aplanados exteriores, enlucidos o estucos inferiores, cornisas, etc.
- 3).- Para la fabricación de piedras artificiales: Tejas, ladrillos, placas, tubos, etc.
- 4).- Constituyendo por sí mismo materiales de construcción, formando elementos monolíticos estructurales, como el concreto en losas, trabes, columnas, cimientos, etc.

Por razones de carácter técnico y económico rara vez se utilizan los materiales aglomerantes sin abición de materiales inertes.

VI.1 YESO

El yeso, en sus distintas calidades, tiene muchas y muy variadas aplicaciones tanto en la construcción como en algunas industrias, en la agricultura, en trabajos escultóricos, en medicina, odontología, etc., pero nos interesa exclusivamente en el ramo de la construcción, donde sus principales aplicaciones son: en los recubrimientos interiores, en los detalles decorativos y en la manufactura de piedras artificiales o elementos prefabricados.

Recubrimientos o revestimientos, con estos nombres se designan, en

forma general, a todos los materiales de protección o acabado con los que se cubren los paramentos externos o internos de cualquier elemento horizontal o vertical de una construcción. Cuando estos recubrimientos se hacen por medio de mezclas plásticas a base de aglomerantes toman los nombres de aplanados, revoques, repellados, enyesados, enlucidos y estucados.

Dentro de los materiales aglomerantes que mejor satisfacen la condición primaria, cuando se trata de paramentos interiores, está el yeso de construcción o sulfato de calcio semi-hidratado.

Dependiendo del objetivo que se persiga, el yeso se utiliza en forma de mortero simple, de mortero bastardo y de mortero compuesto. Cuando se trata de recubrimiento en paramentos interiores, es costumbre usar el yeso, en forma de mortero simple, aunque sería mejor en forma de mortero bastardo con adición de material inerte fino para lograr superficies verticales más duras y resistentes.

El yeso se emplea generalmente sin mezclarlo más que con agua constituyendo el mortero simple, formando una pasta que puede ser suave o espesa; en el primer caso se dice que el amasado es suelto y se logra con un volumen de agua mayor que el del yeso, en el segundo caso el amasado es trabado y se obtiene con mayor cantidad de yeso que agua, cuando menor es la cantidad de agua mayor es el trabado de la pasta, mayor su dureza y la rapidez de endurecimiento; en cambio el exceso de agua lo retarda y perjudica la resistencia final. Los morteros fluidos penetran más fácilmente en todas las irregularidades, pero después de endurecida la pasta queda menos compacta. Siendo el yeso bastante soluble, el mortero simple deberá aplicarse siempre en los paramentos interiores y protegidos de la humedad, ya que ésta lo reblandece y lo pudre. Debido a su forma de fraguar, el yeso se aplica generalmente como mortero simple o con cantidades pequeñas de materiales inertes de granos finos; sin embargo, cuando se ha de utilizar la pasta en las capas primarias de un aplanado y tratándose -

de un yeso de buena calidad, se permite y se aconseja adicionarle arena fina en cantidad mayor que el 30% del volumen del yeso. Esta adición es prohibitiva en la pasta de afine o enlucido.

La adición de un volumen de cal, igual al volumen de yeso en el agua necesaria para obtener una pasta plástica, constituye el mortero bastardo cuya propiedad principal es su resistencia al intemperismo. El morterero así formado, inexplicablemente de poco uso en nuestro medio, puede utilizarse también para la protección de paramentos exteriores, ya que sin ser impermeable, la humedad no lo reblandece, no lo pudre, ni lo agrita. Este mortero, de fraguado lento, es mucho más resistente y permite superficies más tersas y brillantes que el mortero simple. Si a los paramentos exteriores, recubiertos con mortero bastardo, se aplicara una pintura final de tipo impermeable, se lograrían superficies de mayor protección y mejor acabado.

La adición de cal a un mortero simple de yeso permite agregarle también material inerte en proporciones variables. El mortero resultante se designa con el nombre de mortero compuesto, y constituye un material propio para protección de paramentos exteriores e interiores, ya que contiene las propiedades del mortero simple y las del mortero de cal. Es un mortero de mayor resistencia que generalmente se emplea como protección de los paramentos exteriores, como base de enlucidos finales y en la de los estucos.

En nuestro medio, los recubrimientos a base de morteros de yeso reciben el nombre de aplanados o enyesados, y de acuerdo con sus acabados toman las designaciones siguientes:

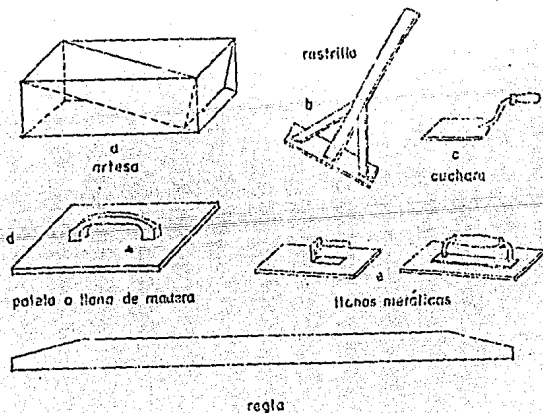
- 1).- Aplanado o enyesado a la talocha
- 2).- Aplanado o enyesado al reventón
- 3).- Aplanado o enyesado a regla

- 4).- Aplanado o enyesado a regla y plomo
- 5).- Estuco

Antes de entrar en las explicaciones particulares de cada tipo de aplanado, conviene señalar las principales herramientas que utiliza el obrero especializado o como comúnmente se le conoce como maestro yesero, para realizarlo.

Las Figuras (a) y (b) representan la artesa de batido y el rastrillo o agitador, respectivamente, con el rastrillo apoyado sobre el plano inclinado de la artesa, se provoca un movimiento de ida y vuelta con lo que se agita la lechada y se logra un perfecto amasado. La figura (c) representa la cuchara del yesero y sirve para coger el mortero de la artesa y colocarlo sobre la talocha o paleta (d). Consiste éste en un trozo de tabla provisto de un asa, y se utiliza para embarrar sobre los paramentos las primeras capas del mortero y alisarlas lo más posible.

Las llanas metálicas, Figura (3), sirven para aplicar las capas finales. La regla de la Figura (f), es una pieza de madera, cuyo canto inferior se halla perfectamente plano y corregido, se emplea para verificar las superficies de los paramentos a fin de conseguir las planas.



Existen además, la escuadra, la plomada, la tirolera y el nivel, - que se utilizan para verificar ángulos, verticalidad de los paramentos y horizontalidad de cielos o plafones, respectivamente, asimismo, se utilizan diversos tipos de espátulas que sirven para limpiar y raspar las superficies, así como para corregir entrantes y salientes de las molduras.

Antes de la aplicación directa de los morteros de yeso para el logro de cualquier tipo de aplanado, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a).- Cuando se trate de una pared nueva, basta limpiarla y humedecerla para que el mortero se adhiera bien y que no pierda el agua necesaria para su fraguado.
- b).- Si el paramento o pared es vieja y con recubrimiento anterior es conveniente picarla, sacatearla y mojarla previamente.
- c).- Si se trata de elementos horizontales, como una losa de concreto con viene cerciorarse de sus condiciones, pues si está demasiado lisa -- hay que picarla para asegurar la adherencia. En todos los casos es conveniente limpiar la superficie con un cepillo de alambre para quitarle la lechada superficial, y con ella, la grasa o aceite que se le adhiere del contenido de la cimbra de madera.
- d).- Para evitar grandes espesores y garantizar menores contracciones con viene rellenar con un mortero de yeso, cal y arena todas las fuertes depresiones o irregularidades que presente el paramento recortar si se trata de salientes, o ambas cosas, si así se requiere. La mezcla para el aplanado de yeso se hace con: yeso blanco y agua. Para un bulto de yeso de 40 kilos, se agregan 30 litros de agua, para lograr mayor dureza en el aplanado se le pueden agregar 2 kilos de cemento por cada 40 kilos de yeso. El espesor del aplanado debe tener de 1 a 1.5" cm.

APLANADO A LA TALOCHA

Este aplanado consiste en embarrar con la paleta o talocha los elementos por enyesar, sin importar el acabado final. Al mortero utilizado para las primeras capas o revoque se le adiciona un 30% de material inerte fino o arena cernida. En este tipo de aplanado la pulcritud de la mano de obra tiene valor mínimo, pues, la capa final o enlucido aunque se hace por medio de una llana metálica no se repara en las ondulaciones de la superficie final, ya que el fin único que se persigue es el recubrir el paramento.

Las superficies así terminadas presentan francamente sus defectos - al recibir las pinturas finales.

El trabajador emplea la talocha para el revoque de las capas primarias y la llana metálica para el enlucido final. La talocha que lleva el mortero se embarra sobre el paramento con movimientos de abajo hacia arriba y con movimientos de rotación como se muestra en la Figura VI.2.

APLANADO AL REVENTON

Difiere este tipo de aplanado del anterior, en la mayor uniformidad del espesor de las capas primarias, y por consiguiente, en las menores irregularidades de la superficie final o enlucido. El proceso de embarrar las capas primarias se hace teniendo como guías reventones que se colocan en el paramento por recubrir y en tramos no mayores de 2 metros - como se muestra en la Figura VI.3. Estos reventones, simples hilos de cáñamo, se colocan bien estirados siguiendo las mínimas irregularidades del elemento y dentro de las porciones o tramos que comprenden. La superficie final de este tipo de aplanado presenta mayor uniformidad, ya que el enlucido se ejecuta por medio de la llana metálica y con mayor esmero.

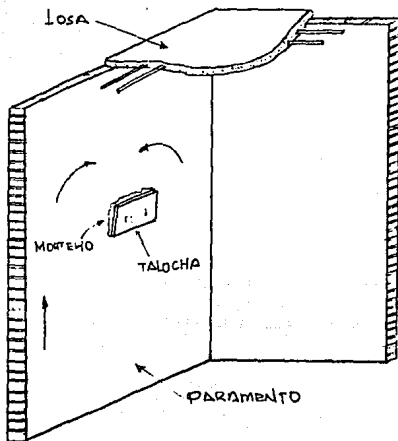


FIGURA VI.2

APLANADO A REGLA

En este tipo de aplanado se substituye el reventón por guías prefabricadas o maestras (A), Figura VI.4, que se pegan a los paramentos por recubrir, y sobre los cuales se hace deslizar la regla (B) para obtener superficies regladas (C). Las maestras o guías moldeadas previamente sobre superficies lisas, se colocan con separación máxima de 1.50 metros en los paramentos. Para que la regla deslice con facilidad sobre ellas, se les espolvorea cemento cuando aún están húmedas. El mortero embarrado entre dos maestras se enrasa por medio de la regla (B), y la superficie final se termina con la llana metálica, poniendo mayor cuidado para obtener un enlucido más terso. Como las maestras no han sido colocadas francamente a plomo, se obtienen tramos de superficies regladas que, con esmero en la mano de obra puede lograrse continuidad en todo el paramento.

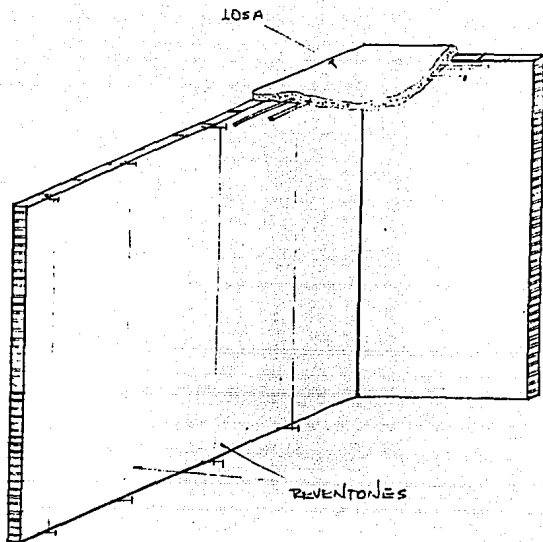


FIGURA VI.3

APLANADO A PLOMO Y REGLA

En los trabajos de primera calidad la maestra (A) de deslizamiento Figura VI.4 se colocan siguiendo la verticalidad de la plomada; en esta forma se logra que todo el paño o paramento resulte un plano continuo y perfectamente vertical. El enlucido final tiene que ser de mejor calidad, exigiendo máxima pulcritud en la mano de obra. Sucede a menudo que los paramentos por recubrir presentan fuertes irregularidades, debido a la calidad de los materiales que constituyen el muro o pared; por lo tanto se procura primeramente un revoque primario formado con mortero de yeso, arena y agua, o mortero de yeso, cal, arena y agua (mas nunca adicionando cemento al yeso, pues si se añade, se producen en el revoque abollamientos o sopladuras), con el que se cubren estas irregularidades, procediéndose posteriormente como se ha indicado. En enlucido a capa final debe hacer-

se con mortero simple y flojo apra que quede una superficie lo más tersa posible.

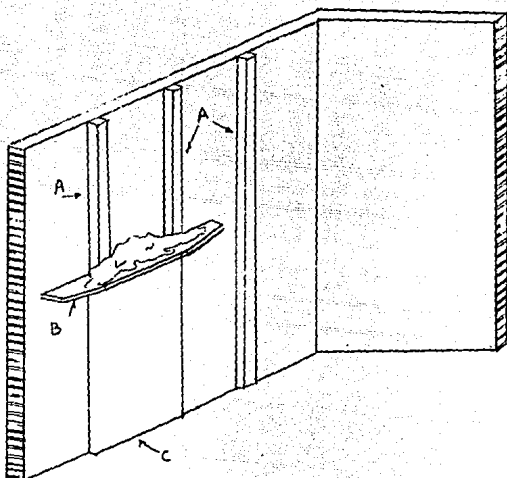


FIGURA VI.4

ESTUCOS

Son revestimientos últimos o de acabado que de ordinario hallan -- aplicación para imitar canterías; también se consideran como tales a los acabados adicionales no lisos ni tersos. Para lograr el estuco de cualquier forma o motivo es necesario que el departamento que lo recibirá haya sido aplanado a plomo y regla y que esté perfectamente seco.

Cuando se trata de imitar sillería de cantera (Fig. VI.5) de tipo

liso o de tipo almohadillado, es conveniente prefabricar las placas en --
 moldes de cola y adherirlas al paramento por medio del mismo mortero. --
 Cuando se requiere una superficie de aspecto irregular en este caso tirol
 planchado o rústico se requiere de otros materiales como cero fino, cero
 grueso y sellador.

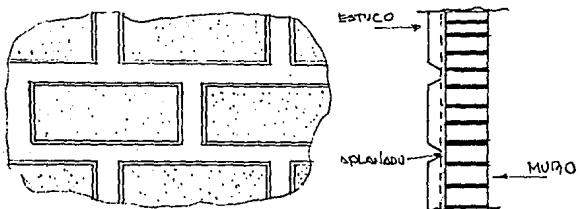


FIGURA VI.5

Cuando por razones arquitectónicas hay necesidad de cubrir las vi-
 gas y traveses del conducto estructural que forman el techo de una pieza, -
 Figura VI.6 (a) y (b) o cuando se quiere cambiar la forma plana de un te-
 cho Figura VI.7 o cuando la misma forma de los techos lo obliga, se recu-
 rre a los falsos plafones.

Consisten éstos, en aplanados o estucados adheridos a telas metáli-
 cas y sujetas a una estructura ligera de madera o de perfiles metálicos -
 que descansan o se apoyan en las vigas y traveses por cubrir, o penden del
 techo.

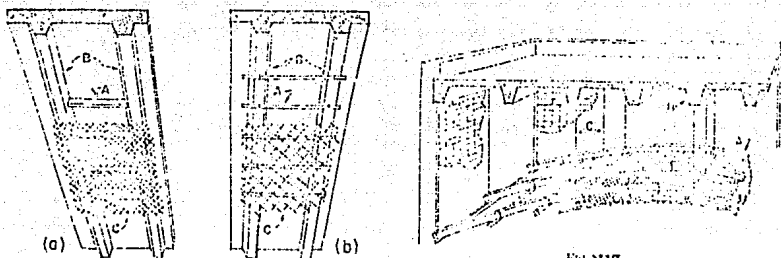


Fig. VI.7

Cuando el aplanado se ejecuta en los marcos de puertas y ventanas intrados de marcos y arcos, etc., toma el nombre de emboquillado uno de los trabajos y si no el más caro que se cobra es este tipo de trabajo, ya que se le da un acabado casi perfecto por el cual el emboquillado se cobra aparte del precio del aplanado, ya sea tirol planchado, un precio por metro cuadrado y el tirol rústico otro precio por metro cuadrado, cuando se trata de medir el emboquillado se hace por metro lineal.

En la Figura VI.8 se representa en perspectiva el interior de una pieza en donde se señalan los siguientes elementos:

- (A).- Emboquillado del marco de una ventana
- (B).- Emboquillado del marco de una puerta
- (C).- Protección metálica en una intersección saliente

Esto se logra por medio de esquineros metálicos (D) que sirven para proteger las aristas vivas en los salientes en (C), el mismo esquinero, cuya malla se ahoga en el mortero del aplanado, deja ver solamente su arista o nervio protector.

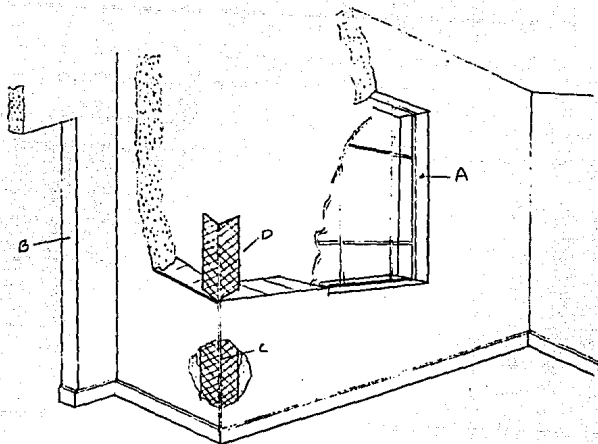


FIGURA VI.8

VI.2 CALES

Las cales aéreas e hidráulicas encuentran su principal aplicación en la formación de mezclas para ligar las piedras naturales y artificiales y para revestimientos de los paramentos; asimismo se emplean en la manufactura de piedras artificiales de las que resalta en importancia la de nominada silicio-calcáreas.

Antes de continuar con este subtema hallaremos la manera de ver la definición de mortero y mezcla el cual no varía, pero, para que no haya - duda al respecto.

Algunas personas le llaman mortero a la mezcla como tal, ya sea de cemento y arena, yeso y arena, yeso y agua, o cal y arena, pero en realidad no sabemos de qué tipo de mortero nos están hablando, ya que el mortero en realidad es la combinación de cemento y cal el cual hay fábricas -- que la venden como tal y es un producto que ya tiene la proporción adecua

da de cemento y cal y sólo hay que agregarle arena y agua, o sea que es - como lo llamamos en el subtema anterior, como un mortero "bastardo" pero ya lo venden como mortero simplemente.

Como se ha indicado anteriormente que los morteros son una mezcla de un aglomerante con arena y agua. La arena desempeña un papel puramente mecánico, evitando las contracciones que se producen en las mezclas de cal debido a la evaporación del agua de amasado y a la compresión producida por el peso de la obra.

Para comprender ésto, basta recordar que la cal aérea endurece por la absorción lenta del bióxido de carbono del aire a medida que pierde, - por evaporación, su agua de amasado en las mezclas a base de aglomerantes hidráulicos, la arena se usa para obtener un volumen dado de mortero con resistencia e impermeabilidad determinada con menor cantidad de aglomerante, y sirve también para aminorar la contracción del fraguado.

Para mezclas de liga o revoque, teóricamente basta una cantidad de aglomerante necesaria para cubrir con una película los granos de arena, - que se aceptan tangentes entre sí, pero si se quiere máxima compacidad, - resistencia e impermeabilidad, debemos procurar llenar con la lechada aglomerante-agua los huecos de material inerte.

La dosificación del agua depende del aglomerante, plasticidad, clima y aplicaciones que se le dé a dicha mezcla. Como el agua al evaporarse deja poros en la masa seca, se aconseja que el amasado se haga con la mínima cantidad de agua, sin perder de vista la plasticidad o consistencia. En los aglomerantes hidráulicos hay que tener presente, además, la cantidad de agua necesaria para las reacciones de fraguado y endurecimiento. La plasticidad deberá lograrse a base de arreglos lógicos en la mezcla de los materiales que constituyen el mortero.

Expondremos un análisis sobre los morteros de cal y tabularemos -- los resultados obtenidos para los aglomerantes aéreos "calidra" y "piracal".

MATERIALES	PESO ESPECIFICO (Pe)	PESO VOL. Pv (Kg/m ³)	AGUA PARA FORMAR PASTA (LITROS/M ³)
"CALIDRA"	2.31	700	860
"PIRACAL"	2.34	600	960

NOTA: El agua para formar pasta se refiere al volumen aparente del aglomerante.

MATERIALES	% HUECOS	% SOLIDOS	AGUA TEORICA EN l.
CALIDRA	69.7	30.3	697
PIRACAL	74.4	25.6	744

Teóricamente, se requiere 697 ó 744 l de agua, dependiendo del -- aglomerante, para formar un m³ compacto de pastas; pero, en la práctica y debido a la tensión superficial del agua, ésta se incrementa hasta 860 l para la calidra y 960 l para la piracal.

A continuación expondremos la secuela de cálculo para la dosificación de un m³ de mortero en la proporción 1:3.

Supondremos que el aglomerante es la calidra y que la arena tiene un peso específico de 2.55 y un peso volumétrico de 1600 kg/m³.

SOLUCION: Las compasidades o volúmenes absolutos por m³ de volumen aparente de los materiales valen:

$$\text{ARENA} \quad \frac{1600 \text{ kg/m}^3}{2.55 \times 1000 \text{ kg/m}^3} = 0.630 = 63.0\%$$

$$\text{CALIDRA} \quad \frac{700 \text{ kg/m}^3}{2.31 \times 1000 \text{ kg/m}^3} = 0.303 = 30.3\%$$

$$\text{AGUA} \quad = 0.860 = 86.0\%$$

Para la proporción dada:

$$\text{ARENA } 3 \times 0.630 = 1.890 \text{ m}^3$$

$$\text{CALIDRA} \quad = 0.303 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} \quad = 0.860 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA} = 3.053 \text{ m}^3$$

Para un m³ de mezcla:

$$\text{ARENA} \quad \frac{1.890}{3.053} = 0.619 \text{ m}^3$$

$$\text{CALIDRA} \quad \frac{0.303}{3.053} = 0.099 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} \quad \frac{0.860}{3.053} = \frac{0.282 \text{ m}^3}{1.000 \text{ m}^3}$$

Como estos volúmenes se refieren a metros cúbicos absolutos, hay que transformarlos a volúmenes aparentes para que los trabajadores puedan ejecutar fácilmente la operación, por lo tanto:

$$\text{ARENA} = 0.619 \times 2.55 \times 1000 = 1578 \text{ kg.}$$

$$\text{CALIDRA} = 0.099 \times 2.31 \times 1000 = 228 \text{ kg.}$$

$$\text{AGUA} = 0.282 \times 1.00 \times 1000 = 282 \text{ kg.}$$

y por último:

$$\text{ARENA} = \frac{1,578 \text{ kg}}{1600 \text{ kg/m}^3} = 0.986 \text{ m}^3$$

$$\text{CALIDRA} = \frac{228 \text{ kg}}{700 \text{ kg/m}^3} = 0.328 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} = \frac{282 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.282 \text{ m}^3$$

A continuación tabularemos los datos calculados en kilogramos, litros y número aproximado de sacos para la obtención de un m³ de mortero con distintas proporciones, los litros de agua son los necesarios para formar pasta, por lo tanto habrá necesidad de adicionar, posteriormente nueva cantidad de agua de acuerdo con la plasticidad deseada.

CANTIDADES NECESARIAS PARA UN M³ DE MORTERO CALIDRA

PROPOR- CIONES.	KILOGRAMOS		LITROS		SACOS		AGUA LTS.
	CALIDRA	ARENA	CALIDRA	ARENA	CALIDRA	ARENA	
1:1	390	895	560	560	15.5	15.5	480
1:2	286	1326	409	829	11.5	23	356
1:3	228	1578	328	986	9	27	282
1:4	189	1744	270	1090	7.5	30	234
1:5	162	1862	230	1160	6.5	32.5	200

CANTIDADES NECESARIAS PARA UN M³ DE MORTERO DE PIRACAL

PROPOR- CIONES.	KILOGRAMOS		LITROS		SACOS		AGUA
	PIRACAL	ARENA	PIRACAL	ARENA	PIRACAL	ARENA	LTS.
1:1	325	870	540	540	13	13	520
1:2	241	1298	402	810	9.5	19	338
1:3	192	1550	320	970	7.5	23	310
1:4	159	1720	263	1075	6.5	26	257
1:5	138	1839	230	1150	5.5	27.5	220

Para conocer si al mortero obtenido le sobra cal o arena, basta te ner presente las siguientes reglas elementales:

- a).- Si el mortero resultante se adhiere a la hoja de la batidora sin des prenderse, aunque la hoja se coloque verticalmente, es indicio de ex ceso de cal y deberá adicionarse arena para evitar grandes contrac-- ciones.
- b).- Si el mortero se desliza por la hoja de la batidora con demasiada - factibilidad es señal de que la cantidad de arena es excesiva, este mortero pobre en cal, es difícil de manipular por su falta de adhe-- rencia, para corregirlo es necesario adicionarle cal.
- c).- El mortero adecuado en proporciones es aquel que no tenga la tenden- cia de unirse a la hoja de la batidora ni desprenderse de ella con - facilidad.

La resistencia de los morteros de cal aérea es muy variable pues - depende de la proporción y calidad de sus componentes, y de otras circunstancias tales como: batido o mezclado, espesor de junta, lugar de empleo, etc., la falta de aglutinante o pobreza en $\text{Ca}(\text{HO})_2$, dan origen a morteros pobres la mala calidad del material inerte, falta o exceso del mismo, mo-

difican las propiedades o características que debe satisfacer el mortero. Del batido mezclado depende en gran parte la resistencia final de un mortero, pues se requiere el íntimo contacto de los componentes. A la junta de mortero de cal nunca debe suponerse mucha resistencia, pues no hay que olvidar que sólo una parte de ella es capaz de endurecerse, por lo tanto, a mayor espesor, menor resistencia. En lugares húmedos, no sólo baja la resistencia de un mortero de cal aérea, sino que es prohibitivo su empleo, puesto que el agua lo disuelve.

Los morteros de cal aérea se emplean principalmente en las construcciones de mamposterías ordinarias y de los ladrillos, y en la generalidad de las construcciones urbanas, aunque ya está siendo reemplazado por los morteros de cal hidráulica, morteros de cementos para albañiles, o aglomerantes combinados como morteros bastardos de cal y cemento, y por morteros de cemento. Por su poca resistencia, su inestabilidad a la acción de las aguas y su endurecimiento superficial, etc., hacen que los morteros de cal aérea se usen menos cada día. Su empleo está indicado en las construcciones de ladrillo de poca resistencia.

El mortero de cal, como material de recubrimiento, se usa en nuestro medio como protección de los paramentos exteriores y para obtener superficies de acabado, son operaciones cuyo fin principal es provocar un efecto visual favorable en los paramentos exteriores de la construcción.

El procedimiento a seguir para obtener un recubrimiento a base de mortero de cal difiere en lo absoluto con el empleado para obtener aplanado a base de mortero de yeso; se comprende ésto, por las distintas plasticidades de ambos.

El aplanado de los muros es una operación que debe hacerse muy cuidadosamente, siguiendo todas las reglas que exige la técnica; esta exigencia se funda en el hecho de que el aplanado o superficies de acabado esta

rán expuestas a la vista y que, por consiguiente, una labor de albañilería impecable podría ser anulada luego por un aplanado imperfecto.

VI.3 CEMENTO

Es el cemento el aglomerante por excelencia con que cuenta la técnica constructiva, por lo que puede afirmarse que sus aplicaciones y usos son ilimitados, máxime, que a diario la investigación de técnicos especializados van encontrando, mediante procedimientos adecuados y adiciones de productos definidos, mayor campo para nuevas aplicaciones.

En la confección de concretos es donde el cemento ha contribuido a revolucionar la técnica de construcción, pues del empirismo original se ha llegado a la condición científica actual; es decir, se ha llegado a la fabricación racional de diversos productos, en los que la resistencia pre fijada gobierna el diseño estructural de una obra.

En las industrias conexas con la construcción, el cemento interviene como materia prima principal en la elaboración o fabricación de infinidad de productos, tales como: tabiques, ladrillos, bloques, tejas, tubos, mosaicos, granitos artificiales, losas para revestimiento, etc. En todos los casos, el cemento, factor de liga de otras materias inertes, interviene constituyendo un mortero; por lo tanto estudiaremos primeramente esta forma primaria de aplicación de los cementos.

Los morteros de cemento mezclas de cemento y agua, o cemento, arena y agua, proporcionan pastas que, aunque menos plásticas, al endurecerse dan máximas resistencias comparadas con las de otros aglomerantes.

En la actualidad ya se fabrican los morteros bastardos, el cual -- consiste en cemento y cal ya determinado con las cantidades necesarias, - ya nada más se le agrega arena y agua.

El cemento para albañilería mortero está diseñado específicamente para ser empleado en trabajos de construcción donde las resistencias mecánicas requeridas son moderadas, pero que al mismo tiempo necesitan de una gran manejabilidad, adherencia, durabilidad, economía, e impermeabilidad.

Existen todavía constructores que desconocen las cualidades de este producto y utilizan cementos portland convencionales, ya sea solos o mezclados con cal, los cuales ocasionan un innecesario incremento en el costo de sus obras y no proporcionan los beneficios que posee dicho producto.

Las ventajas de este producto apenas empiezan a ser conocidas en México, mientras que en otros países, como por ejemplo los Estados Unidos, se halla tan extendido su uso que se expende hasta en tiendas de autoservicio.

El cemento mortero está fabricado con las mejores materias primas y su procesamiento requiere un cuidadoso control de calidad a fin de supe- rar todos los requerimientos y normas, en la Figura IV.3.1 se puede apreciar como es el producto ya puesto al cliente.



FIGURA VI.3.1

El empleo del cemento mortero es muy sencillo. Sólo hay que agregar arena, y agua en la proporción requerida, para obtener una buena mezcla para trabajos de albañilería, la cual por su calidad se usa con éxito en las siguientes aplicaciones:

Uniones de mampostería de piedra, tabiques, ladrillos, celosías, tuberías de concreto, etc.

Para pegar azulejos y mosaicos (para junteo utilice cemento blanco) plantillas de desplante, construcción y recubrimiento de cunetas y contra cunetas, acabados con aplanados y muchos usos más.

RECOMENDACIONES:

No se recomienda usar este producto en la construcción de elementos estructurales como castillos, columnas, traveses o losas. Para construir - estos elementos es recomendable utilizar cementos Tipo II o Tipo II con - puzolana.

Por otra parte, una mezcla elaborada con cemento mortero debe usar se en un tiempo no mayor de dos horas. si se intenta usar después de este lapso añadiéndole más agua, su resistencia se verá considerablemente - disminuida.

Por sus magnificas cualidades y facilidad de preparación, este pro ducto resulta muy económico y de alto rendimiento, ya que usted puede aña dirle una mayor cantidad de agregados (agua y arena) sin afectar su calidad.

De igual manera, su rápido endurecimiento y las altas resistencias que alcanza en un menor tiempo, le harán ahorrar aún más, al permitirle - avanzar con mayor rapidez y eficiencia en todas sus obras.

La notable plasticidad del cemento mortero le brinda excelente - - adherencia, lo que evita las molestas salpicaduras en la cara y en las - - secciones de la obra ya terminadas.

Su agradable apariencia y color permiten lograr acabados de gran - calidad que pueden eliminar la compra de colorantes, con lo que obtiene - un ahorro adicional. A continuación proporcionamos una tabla de propor - ciones.

TABLA DE PROPORCIONES PARA LA ELABORACION DE MEZCLAS				
	MORTERO BULTOS	ARENA BOTES	GRAVA BOTES	AGUA
APLANADOS	1	6		LA NECESARIA.
JUNTEO DE MUROS	1	8		LA NECESARIA.
PLANTILLAS	1	9		LA NECESARIA.
FIRMES	1	2.6	4.5	LA NECESARIA.

Los materiales grava y arena deben ser de mejor calidad posible.

Procure utilizar en la mezcla agua limpia; de preferencia que sea potable.

Cuide que el espacio donde se preparan sus mezclas esté limpio y, si es posible, que sea sobre piso firme, para medir sus materiales use el bote tradicional de 18 litros.

Modifique las proporciones de acuerdo a su experiencia, ya que éstas pueden variar dependiendo del tipo de arena.

Como ya lo habíamos tratado anteriormente, los tipos de cemento -- son cemento portland Tipo II modificado, cemento portland Tipo II con puzolana, cemento portland blanco, cemento portland Tipo G. Como podemos darnos cuenta son cuatro los tipos de cemento que se elaboran en nuestro país.

El cemento portland Tipo II modificado cuenta con una gran preferencia y reconocimiento en la industria de la construcción, debido a sus características de resistencia, rendimiento, gran durabilidad y confiabilidad para todo tipo de obras.

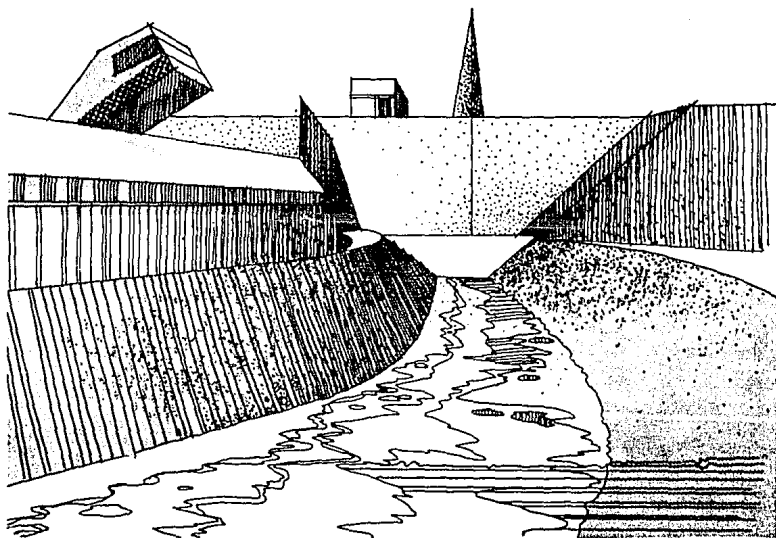
A pesar de estar diseñado para obras especializadas, como canales de riego, túneles de centrales hidroeléctricas, etc., pueden también emplearse en la construcción de obras particulares.



Este cemento, por su bajo contenido de aluminato tricálcico, es resistente a los agentes agresivos del suelo y del agua, principalmente los sulfatos, por lo que puede emplearse con máxima eficiencia y seguridad en toda clase de obras, aun en suelos altamente salitrosos.

Su uso en canales, áreas habitacionales, etc., garantiza un menor deterioro de sus obras.

Desarrolla un calor moderado de hidratación, por lo que las expansiones causadas por los incrementos en la temperatura son mucho menores. Es ideal en obras hidráulicas de importancia, presas y en construcciones masivas en general.



Debido a su gran resistencia a la compresión, este cemento no sólo no tiene ninguna limitación, sino que posee múltiples ventajas que lo convierten en el cemento indicado para todo tipo de obras y circunstancias de construcción.

Los cuidados para su empleo son los acostumbrados:

- Agua libre de contaminación y de preferencia potable.
- Evitar el exceso de agua en la revoltura, el cual disminuye la resistencia y durabilidad del concreto. Sólo debe utilizarse la necesaria para obtener una mezcla manejable.
- Agregados de arena y grava limpios y lo más libres de polvo o arcilla que sea posible.
- Dosificación adecuada.
- Un buen curado al concreto, el cual debe mantenerse húmedo durante los tres primeros días después de haberse colado.

El cemento portland Tipo II con puzolanas es un producto que está elaborado con clinker de calidad óptima y puzolana seleccionada en estrictas condiciones de laboratorio. Su mezcla combina las ventajas de cemento Tipo II con las de un excelente cemento puzolánico y se recomienda para uso general.

Mejora las resistencias a los agentes agresivos hallados en zonas particularmente difíciles: construcciones marítimas, aguas negras, etc. Resiste particularmente bien las aguas salitrosas.

Es fundamental mantener una correcta relación agua/cemento, pues su gran plasticidad y cohesividad con los agregados podrían hacer pensar que se necesita más agua para su manejo. Se recomienda no incrementar la cantidad de agua antes de verificar si su acomodamiento es el adecuado.



Para preservar las cualidades y beneficios de este cemento y evitar que el concreto se agriete es imprescindible emplear un buen curado, manteniendo húmeda la superficie del concreto durante los primeros tres días después de haberse colado.

Es necesario cuidar los proporcionamientos para las diferentes resistencias, haciendo ver a los maestros albañiles la importancia de la relación grava/arena, pues un exceso de arena los conduce a usar mayor cantidad de agua, lo que disminuye la resistencia del concreto. A continuación se proporciona la siguiente tabla de dosificación del concreto.

REVENIMIENTO DE PROYECTO 10 cm		TAM. MAX. DE AGREGADO 1 1/2 PULGADAS GRAVA				
PRESTANCIA A LA COMPRESION	UNIDADES	CEMENTO	ARENA	GRAVA	AGUA	GRASA
100 Kg/cm ²	Kg/m ³	201	724	1037	200	1961
	Litro ³	63.7	305.7	430.2	200	999
	Botes		8 1/4	11 1/2	3	
150 Kg/cm ²	Kg/m ³	263	671	1042	200	2176
	Litro ³	84	283	433	200	1000
	Botes		5 1/4	9	2 1/4	
200 Kg/cm ²	Kg/m ³	327	618	1049	200	2192
	Litro ³	104	260	435	200	999
	Botes		4 1/4	7 1/4	1 1/4	
250 Kg/cm ²	Kg/m ³	390	563	1053	200	2206
	Litro ³	124	238	438	200	1000
	Botes		3 1/4	6	1 1/2	
300 Kg/cm ²	Kg/m ³	454	509	1059	200	2222
	Litro ³	144	215	440	200	999
	Botes		2 1/2	5 1/4	1 1/4	

REVENIMIENTO DE PROYECTO 10 cm		TAM. MAX. DE AGREGADO 3/4 PULGADAS GRAVA				
PRESTANCIA A LA COMPRESION	UNIDADES	CEMENTO	ARENA	GRAVA	AGUA	GRASA
100 Kg/cm ²	Kg/m ³	251	623	982	220	2146
	Litro ³	80	292	407	220	999
	Botes		6 1/4	8 3/4	2 3/4	
150 Kg/cm ²	Kg/m ³	314	623	1004	220	2161
	Litro ³	100	263	417	220	1000
	Botes		4 1/2	7 1/4	2 1/4	
200 Kg/cm ²	Kg/m ³	377	553	1026	220	2176
	Litro ³	120	233	426	220	999
	Botes		3 1/4	6 1/4	1 3/4	
250 Kg/cm ²	Kg/m ³	441	483	1047	220	2191
	Litro ³	140	204	435	220	999
	Botes		2 1/2	5 1/2	1 1/4	
300 Kg/cm ²	Kg/m ³	504	413	1069	220	2206
	Litro ³	160	174	444	220	998
	Botes		1 1/4	4 1/4	1 1/4	

Algunos maestros albañiles tienen la tendencia de trabajar con concretos demasiado fluidos, con revenimientos de 16 a 20 centímetros que son innecesarios, pues sólo se justifican en elementos estructurales de secciones muy reducidas que requieren consumos muy altos de cemento. La razón para trabajar de esta forma es que se ejerce menos esfuerzo para colocar el concreto. Esto ahorra cierto tiempo, pero aumenta de manera desproporcionada los costos por concepto de cemento.

El cemento portland blanco sus cualidades hacen el blanco perfecto para todo tipo de obras, la calidad obtenida de este cemento se ha visto reflejada en su aceptación en los mercados internacionales, donde ha comprobado sus propiedades bajo las más rigurosas condiciones de trabajo, -- con lo cual la industria cementera mexicana tiene un gran nivel internacional.

Con el cemento blanco la fabricación de elementos estructurales es perfectamente factible, tanto para su uso a nivel nacional como internacional.

Entre los múltiples usos que tiene este tipo de cemento se encuentran los siguientes materiales: Mozaicos, terrazos, tejas, celosías, piedra artificial para fachadas, fabricación de paneles.

Para trabajos: junteo, aplanados, tiroles, pisos, acabados en techos y muros, recubrimiento en albercas.

Estucos: monumentos, criptas, esculturas, señales en carreteras, guarniciones, lambrines y nervaduras.



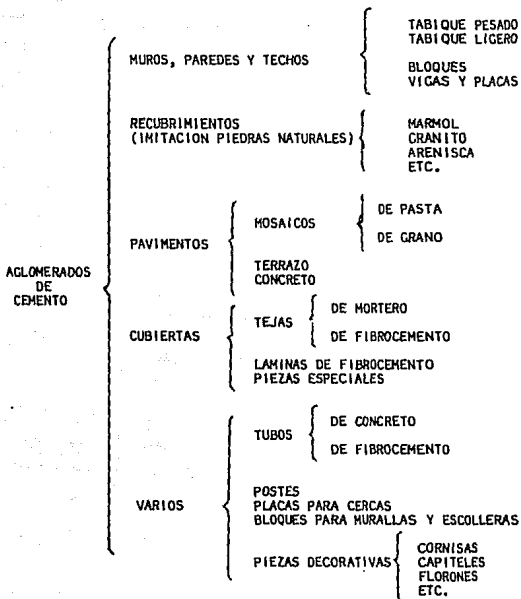
El cemento blanco también se emplea para fabricar pega-azulejos.

Todos los trabajos antes mencionados pueden hacerse con el cemento blanco natural o mezclado en pequeñas cantidades de colores minerales estables.

Este cemento puede utilizarse sólo o combinado con otros materiales; arena, grava, grava de mármol, granito, pinturas y fibras o algunos materiales similares, teniendo en cuenta que al usar agregados de color, éstos afectan el color del mortero o concreto resultante.

Puede emplearse como cualquier cemento portland Tipo I, en lo que se refiere a la fabricación de un concreto, obteniéndose manejabilidad y resistencia mecánicas muy superiores para todo tipo de obras, especialmente de ornato, artísticas y de señalización, abarcando igualmente muchos otros usos.

En conclusión haremos un resumen de todos los materiales de construcción que contienen al cemento como materia aglutinante o de liga, excluyendo a los morteros y concretos que hemos estudiado con anterioridad, podemos hacer una clasificación general de los productos aglomerados de acuerdo con sus usos:



VI.4 PUZOLANAS

Por las propiedades que tienen las puzolanas, éstas pueden emplearse para la formación de morteros hidráulicos a base de cales grasas. Sin embargo actualmente las puzolanas se emplean para la elaboración del cemento portland Tipo II con puzolana, el cual está elaborado con clinker de calidad óptima y puzolana seleccionada en estrictas condiciones de laboratorio. Su mezcla combina las ventajas del cemento Tipo II con las de un excelente cemento puzolánico y se recomienda para uso general, ya que este cemento satisface la norma de calidad ASTM C595 y las normas mexicanas NOM-C-2.

Algunos tipos de puzolanas naturales que se pueden encontrar en -- México, son: tepetate, poma blanca, poma rosa, arena pómez, obsidiana, - tezontle y pepechil. Un gran número de las puzolanas artificiales provienen de las escorias granuladas de altos hornos, emplándose principalmente en la elaboración de cementos puzolánicos.

En el grupo de las puzolanas artificiales también podemos encon- - trar los residuos de la combustión de carbón pulverizado, usado principalmente en los controles termoeléctricos, a este producto también se le co- noce con el nombre de fly-ashes.

Las puzolanas su principal y más importante utilización es en la - elaboración del cemento con puzolana el cual tiene las siguientes propie- dades:

- Mejora las resistencias a los agentes agresivos hallados en zonas particularmente difíciles; construcciones marítimas, aguas negras, etc.
- Resiste particularmente bien las aguas salitrosas.
- Trabaja a un menor revenimiento que el cemento Tipo II.

Son usadas como aditivos también, ya que se emplean para mejorar - la manejabilidad y plasticidad de la mezcla, mejorar la resistencia a las aguas o suelos agresivos.

VI.5 BETUN Y ALQUITRAN (ASFALTO)

Como ya lo hemos mencionado en capítulos anteriores, el betún y el alquitrán son materiales aglomerantes que al mezclarlos con otros materiales dan por resultado el asfalto, para lo cual daremos los usos del asfalto, ya que éstos a su vez contienen los productos de betún y alquitrán.

El asfalto como hidrófugo, resistente a los ataques de la acción - intempérica (agua, calor, frío) y agentes químicos, el asfalto encuentra

sus principales aplicaciones y usos en la edificación, protegiendo paredes, techos, pisos, etc., ya aplicándolo directamente en estado líquido o pastoso, o bien en unión de otros materiales en los que el asfalto interviene en sus fabricaciones; tales como: filtros, telas, cartones o papeles impregnados.

A continuación presentaremos la clasificación de los pavimentos asfálticos basado en los materiales empleados y en los procedimientos de construcción que requiera.

I.- CARPETAS CONSTRUIDAS A BASE DE MEZCLAS.

(Concreto Asfáltico)

- a).- Por el sistema de mezclas en planta estacionaria.
- b).- Por el sistema de mezclas en el lugar.

II.- CARPETA CONSTRUIDA A BASE DE RIEGOS.

- a).- Tratamiento de un solo riego (incluyendo el riego de impregnación a la base).
- b).- Tratamiento de riegos múltiples (dos a cuatro riegos).

El primer grupo se emplea para tránsito pesado, y en este se encuentran incluidas las carpetas construídas mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y asfalto o un producto asfáltico.

Para tránsito ligero, se selecciona el segundo grupo, en él están incluidas las carpetas construídas con uno o más riegos asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferente granulometría.

En la Figura VI.5.1 se aprecian los componentes estructurales de un camino. El pavimento está formado por una o más capas de materiales especialmente procesados, que transmiten las cargas de los vehículos a la

capa subrasante en condiciones adecuadas.

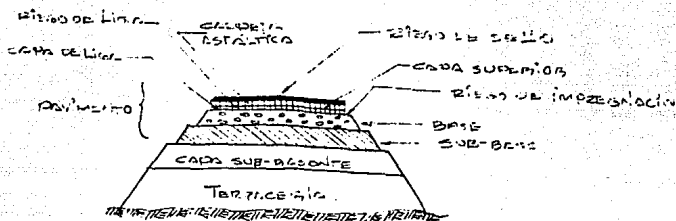


FIGURA VI.5.1

La conservación adecuada de un pavimento asfáltico, estará sujeta principalmente a 4 propiedades físicas, sin éstas la vida del camino disminuirá notablemente.

a).- ESTABILIDAD

Constituye la resistencia del pavimento a reformaciones provocadas por la intensidad y sobre todo, por las cargas de tránsito.

b).- DURABILIDAD

Es la resistencia del pavimento al deterioro, provocado ya sea por condiciones climatológicas, como por condiciones del tránsito vehicular.

c).- FLEXIBILIDAD

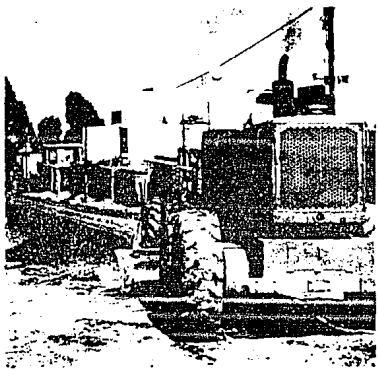
Deberá resistir, sin agrietarse, las deformaciones normales que sufre cualquier pavimento.

d).- TEXTURA DE LA SUPERFICIE

Esta deberá ser uniforme y ligeramente áspera, contribuyendo con ello a la seguridad del conductor, ya que se evitan los patinajes peligrosos.

También se emplean en pavimentación de puentes, vías de ferrocarril, obras hidráulicas, también tiene sus aplicaciones en asfalto, en terrenos de juego, para revestir piscinas, etc.

En las siguientes fotografías se muestran algunos usos del pavimento asfáltico.





Para proteger las edificaciones contra las acciones mecánicas y físicas del agua proveniente del terreno o de la lluvia debe ser un objetivo primario en la construcción; por ello, el constructor deberá seleccionar el tipo de impermeabilizante de acuerdo con la obra por ejecutar y de acuerdo también con el lugar de emplazamiento aplicándolo con el rigor -- que imponen las normas y por medio de una mano de obra especializada que obligue a una garantía durante un tiempo considerado como razonable para el caso particular de que se trate.

Dentro de los impermeabilizantes asfálticos que nos permiten una correcta selección, se encuentran los asfaltos sólidos, pinturas asfálticas, asfaltos emulsionados, pastas, fieltros, cartones y papeles impregnados, como las láminas de cartón.

Por ejemplo las pinturas asfálticas, son productos líquidos o semi sólidos y se aplican con brochas y se seleccionan principalmente para pro

teger, por impregnación, elementos de madera, tales como: pilotes, vigas, entramados, postes, etc.

Impermeabilizaciones en cimentaciones y estructuras murales. En la generalidad de nuestras edificaciones pequeñas tipo gravedad la estructura mural descansa sobre cimientos de piedra braza, de forma trapecial, a través de una dala o cadena de repartición de concreto reforzado como se muestra en la Figura IV.5.2.

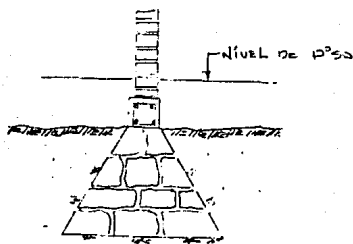


FIGURA VI.5.2

Para evitar que aflore, sobre las superficies de acabado que reciben las estructuras murales, la humedad del suelo, hay necesidad de confinar al fenómeno de la capilaridad; para ello, y dependiendo de la garantía que se quiera y del contenido de humedad del suelo, puede procederse de la siguiente manera:

- a).- Sobre la dala o cadena de repartición, previamente limpia y de ser posible seca, se aplican dos o tres manos de una emulsión asfáltica especial para impermeabilizar, impermex o cualquier pintura asfálti-

ca líquida o semipastosa; procurando que tal aplicación abarque también los costados laterales de dicha cadena de repartición.

- b).- Al aplicar la última mano de impermeabilizante y estando aún sin coagular, tender una gruesa capa de arena, para facilitar la adherencia del mortero con que ha de pegarse el primer tendido de tabique de la estructura mural.
- c).- Envolver con dos o tres manos del mismo impermeabilizante una altura conveniente sobre el nivel del piso terminado (de 0.5 a 1.0 m) de la estructura mural.
- d).- Rociar arena sobre la última capa, para facilitar la adherencia de los morteros de liga y de acabados, como se muestra en la Figura - VI.5.3.

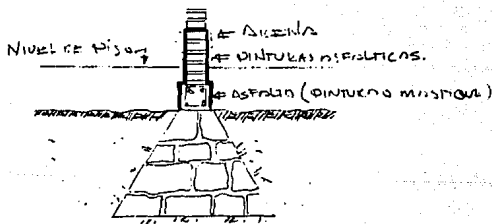


FIGURA VI.5.3

Para impermeabilización de techos de azotea, etc.

VII. CONCLUSIONES

En conclusión se puede decir a modo de comentario, que los materiales aglomerantes son de un empleo importantísimo en la industria de la -- construcción. Al término de este trabajo no se pretende que sea un tratado de construcción, ya que faltarían algunos materiales para que se pretendiera tal cosa, sino que sólo se pretende que sea una herramienta para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, para el cual se mostró la utilización de los materiales aglomerantes tanto históricamente como - teóricamente y por supuesto la práctica en el campo que se le da en la in- dustria de la construcción, tanto su empleo en ciertos trabajos como la - forma de utilizarlo, con las recomendaciones adecuadas de cada uno de - - ellos.

Como se puede dar cuenta, los materiales aglomerantes intervienen en cualquier tipo de trabajo de Ingeniería Civil, así sea el trabajo más insignificante, como la elaboración de una plantilla, el firme de un piso, el registro de una coladera, etc., hasta la obra más impresionante, como la construcción de una hidroeléctrica, una presa, un muelle, un edificio de varios niveles, etc. Por eso de ahí la importancia de estos materia- les, los cuales siempre se emplearán en la construcción, por eso es muy - importante estar al tanto de los avances que se consigan en cuanto a sus propiedades y usos que recomiendan los productores y distribuidores de di- chos productos.

Este trabajo se espera que sea de gran ayuda para las personas que lo consulten y satisfaga sus inquietudes, y le ayude a resolver sus dudas en cuanto a usos y la forma de emplearse en cada trabajo específico, así como las dosificaciones que se hicieron de estos materiales aglomerantes, ésto con el fin de brindarle al constructor un ahorro tanto en lo económi- co como tiempo de edificación de la obra, y darle una buena calidad a su trabajo.

Para concluir, se desea que este trabajo cumpla con sus objetivos primordiales: darle un uso correcto a cada material para el cual fue elaborado, ahorrarles económicamente a las personas que adquieren dichos materiales.

B I B L I O G R A F I A

- CAMINOS J. L. ESCORIA.
- MATERIALES DE CONSTRUCCION M. F. PASMAN.
- CAL, YESO Y PUZOLANAS, CALERAS BELTRAN.
- MATERIALES DE CONSTRUCCION ORUS ASO FELIX.
- MANUAL DE AUTOCONSTRUCCION TOLTECA.
- CEMENTO I.M.C.Y.C.
- EXPOSICION SOBRE CEMENTOS CRUZ AZUL, S.C.L.
- PRINCIPALES MATERIALES FABRICADOS Y SU EMPLEO EN LA CONSTRUCCION.
APUNTES DE LA FACULTAD.
- ACABADOS Y RECUBRIMIENTOS. TESIS.
- DOSIFICACION DE CONCRETOS IMCYC.
- TRATADO DE CONSTRUCCION MIGUEL SAAD.