REPÚBLICA O. DEL URUGUAY

FACULTAD DE INGENIERÍA Y RAMAS ANEXAS

INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES

NORMAS

PARA EL

ENSAYO DE LOS AGLOMERANTES, ARENAS, HIDRÓFUGOS, ETC.

PUBLICACIÓN OFICIAL

MONTEVIDEO

IMPRENTA NACIONAL

1922

REPÚBLICA O. DEL URUGUAY

FACULTAD DE INGENIERÍA Y RAMAS ANEXAS

INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES

NORMAS

PARA EL

ENSAYO DE LOS AGLOMERANTES, ARENAS, HIDRÓFUGOS, ETC.



In .

PUBLICACIÓN OFICIAL

MONTEVIDEO

IMPRENTA NACIONAL

1922

NORMAS

PARA EL

Ensayo de los aglomerantes, arenas, hidrófugos, etc.

A) Cementos

ENSAYOS FÍSICOS

1. **Peso específico.**—Para la determinación del peso específico se utiliza el volumenómetro de Le Chatelier et Candlot.

Previamente se hace pasar el cemento por un tamiz de novecientas mallas por centímetro cuadrado. Las partes que no pasen por este tamiz así como aquellas que se encuentren conglomeradas por la humedad son reducidas a polvo y obligadas a pasar por el tamiz, para mezclarlas en seguida con el resto del material sobre cuya totalidad debe efectuarse la experiencia. Inmediatamente se procede a calentarlo al rojo obscuro durante treinta minutos.

En la ejecución del ensayo se emplea como líquido la bencina.

La temperatura debe mantenerse constante entre 16° C. y 20° C. durante toda la operación, tanto en lo que se refiere al ambiente como al cemento, al líquido contenido en el volumenómetro y a todos los utensilios que se empleen.

2. **Finura de molienda.**—Este ensayo se efectùa en la siguiente forma: Se toma cien gramos de cemento que

se ciernen sucesivamente en dos tamices; el primero de cuatro mil novecientos mallas por centímetro cuadrado y el segundo de novecientas mallas también por centímetro cuadrado.

La operación se considera terminada cuando, después de veinticinco vueltas de brazo, no pase por el tamiz más de un decígramo de cemento.

Los resultados se expresan indicando, en peso, el total de residuos que hayan quedado sobre cada tamiz.

3. **Densidad aparente.**—Se determina la densidad aparente pesando el volumen de cemento contenido en una medida cilindrica de diez centímetros de altura y de un litro de capacidad que se llena por medio del embudo normal francés.

El cemento se vierte sobre el tamiz del embudo por pequeñas cantidades, trescientos o cuatrocientos gramos, que se obligan a pasar por el tamiz con una espátula de madera de cuatro centímetros de ancho.

Se considera terminada la operación cuando la base del cono que se forma en el interior de la medida alcanza el nivel de su borde superior.

Se quita entonces el exceso de cemento haciendo deslizar sobre dicho borde una lámina bien recta que se mantiene en un plano vertical.

Durante toda la operación debe cuidarse que la medida no sufra ninguna trepidación o choque. Se adopta como resultado definitivo la media aritmética de los resultados obtenidos en cinco experiencias consecutivas.

Los ensayos se pueden efectuar con el cemento en el estado en que se haya recibido o después de pasado por el tamiz de cuatro mil novecientas mallas. En los casos en que no se efectúa esta última operación, se indicará al mismo tiempo que la densidad aparente el grado de finura del cemento.

4. **Homogeneidad.**—Se observa la homogeneidad del cemento utilizando lentes de suficiente aumento.

Las observaciones se hacen preferentemente sobre la materia retenida por el tamiz de 4.900 mallas.

Se opera sucesivamente con lentes que aumenten tres diámetros para el examen de conjunto, y con lentes que aumenten ocho diámetros para el examen en detalle. Si el examen revelara la presencia de granos que se pueda sospechar que provengan de materias extrañas al cemento, se procede a verificar su naturaleza sea por el análisis químico, completo o parcial del producto bruto o fraccionado, sea por cualquier otro medio que se juzgue más apropiado para poner en evidencia a esas materias extrañas.

5. **Preparación de pastas y morteros. Agua a emplear.**—El amasado del cemento tanto en el caso de ser empleado puro, como mezclado con arena, para la formación de pastas o morteros, se hace con agua dulce. La conservación de los ejemplares: ladrillejos, varillas, galletas, etc., se efectúa en agua dulce cuando se trata de obras al aire libre, ensayos de comprobación, de fraguado y de deformación y en agua del sitio de la obra cuando se trata de obras bajo el agua.

6. **Pasta normal de cemento. Determinación de la cantidad de agua necesaria.**—La cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia normal de la pasta de cemento, destinada a los ensayos de resistencia, de fraguado y de deformación, se determina del siguiente modo:

Se extiende un kilogramo de cemento, sobre una chapa de mármol o vidrio en forma de corona circular, en cuyo centro se vierte de una sola vez una cantidad dada de agua; alrededor de doscientos setenta centímetros cúbicos.

La mezcla así obtenida se amasa enérgicamente con una llana de albañil, durante cinco minutos que empezarán a contarse desde el instante en que se agregue el agua.

Durante todo el tiempo que se emplee en hacer la mezcla y las operaciones siguientes, la temperatura del cemento, del agua y del aire ambiente, debe mantenerse entre 16° y 20° C.

Con una parte de la pasta así preparada, se llena rápidamente un molde de forma tronco-cónica cuyo diámetro es de ocho centímetros en la base inferior, nueve centímetros en la superior y cuya altura es de cuatro centímetros.

Se alisa luego la superficie haciendo deslizar con tal objeto una lámina vertical bien recta sobre los bordes del molde, evitando durante esa operación todo asiento, choque o trepidación.

En seguida se hace descender sobre el centro de la masa contenida en el molde y normalmente a su superficie la *sonda de Tetmajer* que consiste en una varilla, metálica, bruñida, cilindrica, bien limpia y seca, de un centímetro de diámetro, de trescientos gramos de peso y terminada en su extremo inferior por una sección plana perpendicular al eje.

Es preciso que la sonda sea sostenida durante su descenso a fin de que éste se efectúe con lentitud. El aparato destinado a sostener la sonda, durante el ensayo, debe estar provisto de un dispositivo que permita medir exactamente el espesor de pasta existente entre el fondo del molde y el extremo inferior de la sonda.

Se considera que la pasta tiene la consistencia normal, cuando la sonda se detiene a una altura de seis milímetros sobre el fondo del molde.

Es preciso por consiguiente, que se proceda por tanteos, repitiendo la operación tantas veces como sea necesario hasta llegar a la consistencia normal.

La experiencia enseña que las profundidades alcanzadas por la sonda varían proporcionalmente con la cantidad de agua, para aquellas pastas cuya consistencia no difiere mucho de la normal. El espesor atravesado oscila entre uno y dos milímetros para una variación del uno por ciento en la cantidad de agua.

No se harán nunca dos ensayos sobre la pasta contenida en un mismo molde. La cantidad de agua determinada en la forma que acaba de indicarse sólo sirve para la muestra ensayada y para el día en que se haga la determinación.

Para los cementos de fraguado rápido se opera sobre quinientos gramos y se amasa la mezcla durante un minuto.

7. **Morteros normales. Arena y agua a emplearse.**— Los morteros normales se preparan con arena de Carrasco, convenientemente tamizada y lavada.

La arena se clasifica en *arena normal simple* y *arena normal compuesta.*

La arena *normal simple* está constituída por todos los granos que habiendo pasado por un tamiz cuyos agujeros miden un milímetro y medio de diámetro, quedan retenidos sobre otro cuyos agujeros tienen un milímetro de diámetro.

La *arena normal compuesta* se obtiene mezclando pesos iguales de las siguientes arenas:

N.º 1.—Arena cuyos granos hayan pasado por un tamiz de dos milímetros, quedando retenidas por el tamiz de un milímetro y medio.

N.º 2.— Arena cuyos granos hayan pasado por el tamiz de un milímetro y medio quedando retenidos por el tamiz de un milimetro.

N.º 3.—Arena cuyos granos hayan pasado por el tamiz de un milímetro, quedando retenidos por el de medio milímetro.

Los *morteros normales* se obtienen mezclando una parte de cemento con tres de arena, en peso y se amasan con agua potable o con agua de mar según los casos.

Se opera sobre un kilogramo de materia: doscientos cincuenta gramos de cemento y setecientos cincuenta gramos de arena, que se mezcla íntimamente en seco. Se forma luego, sobre una chapa de mármol o vidrio, una corona circular en cuyo centro se vierte de una sola vez la cantidad total de agua que deba emplearse. La mezcla se amasa enérgicamente con una llana durante cinco minutos.

El *mortero normal seco* se prepara con arena normal simple y una cantidad de agua igual a cuarenta y cinco gramos más una sexta parte de la necesaria para llevar un kilogramo de cemento al estado de pasta normal.

El *mortero normal plástico* se prepara con la arena normal compuesta y una cantidad de agua igual a sesenta gramos más una sexta parte de la necesaria para obtener la consistencia normal de la pasta de cemento.

El uso de uno u otro de estos morteros será indicado al tratar los distintos ensayos a efectuarse.

Cuando se efectúen ensayos con morteros que no sean los normales se indicará expresamente la composición adoptada.

Se recomiendan en este caso los siguientes:

a) Morteros ricos.—Una parte de cemento, dos de arena normal y un cantidad de agua equivalente a 45 gramos más dos novenas partes de la necesaria para obtener la consistencia normal.

b) Morteros pobres.—Una parte de cemento, cinco de arena normal y una cantidad de agua equivalente a 45 gramos más una novena parte de la necesaria para la pasta normal.

Para los cementos de fraguado rápido se opera sobre quinientos gramos y se amasa la mezcla durante un minuto.

8. **Ensayos de fraguado.**—El ensayo de fraguado se efectúa sobre la pasta normal de cemento o sobre el mortero normal plástico.

En el primer caso se determina el principio y el fin del fenómeno; en el segundo solamente el fin.

Pasta de cemento.—El ensayo se hace del siguiente modo:

Se llena con la pasta normal de cemento, preparada en la forma que se ha indicado y con las mismas precauciones, un recipiente igual al usado para determinar la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia normal y se conserva en un baño de agua cuya temperatura se mantiene entre 16° y 20° C.

El molde sólo se saca del agua durante el tiempo estrictamente indispensable para cada experiencia. Estas se efectúan haciendo descender verticalmente sobre el centro de la masa contenida en el molde, una *aguja de Vicat,* que consiste en una aguja metálica, bruñida, cilíndrica, seca, bien limpia, de trescientos gramos de peso y terminada inferiormente por una sección plana perpendicular al eje y de un milímetro cuadrado de superficie. Esta aguja está sostenida por un dispositivo igual al empleado con la sonda de Tetmajer.

Se considera que ha empezado el fraguado, cuando la aguja bajada con la precaución debida para no permitirle adquirir velocidad no puede penetrar hasta el fondo de la masa.

Se considera terminado el fraguado, cuando la pasta puede soportar el peso de la aguja sin que ésta penetre en ella de manera apreciable.

Los resultados correspondientes se expresan indicando el tiempo transcurrido desde el momento en que se agregó el agua al cemento hasta que empezó y hasta que terminó el fraguado.

Mortero.—Se llena el molde en la misma forma y con las mismas precauciones que en el caso anterior.

El fin del fraguado está determinado por el momento en que la superficie del mortero puede soportar, sin deformarse, el peso de la sonda de Tetmajer cargada con un peso de cinco (5) kilogramos y descendida del modo indicado anteriormente.

Como en el caso anterior, el molde que contiene el mortero se conserva en un baño de agua cuya temperatura será de 16° a 20° C.

El resultado correspondiente se expresa indicando el tiempo transcurrido desde el momento en que se agregó el agua a la mezcla, hasta aquél en que se terminó el fraguado.

9. **Ensayos de deformación.**—Con el fin de investigar la presencia de elementos expansivos, se efectúan ensa-

yos, sobre la pasta normal de cemento, en frío y en caliente.

Para los ensayos en frío se preparan, con moldes apropiados, dos series de galletas circulares de diez centímetros de diámetro, de dos centímetros de espesor en el centro y terminadas en filo, en los bordes.

Una de las series se conserva en el agua fría y la otra en una atmósfera saturada de humedad, al abrigo de las corrientes de aire y de los rayos directos del sol y a una temperatura comprendida entre los 16º y 20º C.

Se observa el estado de las galletas a los 7 días, 28 días, 84 días, 6 meses, un año, 2 años...

Los ensayos en caliente se efectúan utilizando los moldes de agujas de Le Chatelier, que consisten en cilindros de latón de treinta milímetros de diámetro, de treinta milímetros de altura y de medio milímetro de espesor, hendidos según una generatriz y con una aguja de quince centímetros de largo, soldada normalmente a cada lado de dicha generatriz.

Se colocan estos moldes sobre una lámina de vidrio y se llenan con la pasta normal de cemento. Una vez llenos se les alisa cuidadosamente con un cuchillo y se les sumerge en el agua.

Terminado el fraguado y dentro de las veinticuatro horas contadas desde el momento en que se efectuó el amasado, se mide la distancia entre los extremos de las agujas. Se sumergen en seguida los moldes en agua fría cuya temperatura se elevará progresivamente hasta alcanzar 100º C., en un plazo que estará comprendido entre quince y treinta minutos. Se mantendrá esta temperatura durante seis horas. Se deja luego enfriar el agua y se vuelve a medir la distancia entre las puntas de las agujas.

La diferencia entre esta medida y la obtenida antes expresa el resultado del ensayo.

10. **Ensayo de rendimiento.**—El rendimiento en pasta de un cemento, es el volumen de pasta obtenida con el

amasado a consistencia normal, de un kilogramo de cemento.

Se determina este volumen, introduciendo la pasta normal inmediatamente de terminado el amasado, en un vaso cilíndrico de vidrio, graduado en centímetros cúbicos. Hay que adoptar todas las precauciones necesarias, a fin de evitar, en cuanto sea posible, que queden encerradas burbujas de aire en el interior de la masa.

También se puede determinar el rendimiento, preparando con ayuda de un molde, un ladrillejo de forma regular y calculando con la mayor exactitud su volumen, después de terminado el fraguado.

11. **Ensayos de adherencia.** — Se determina la fuerza de adherencia de los cementos, sometiendo a ensayos de ruptura por tracción, ladrillejos de forma, aproximadamente de doble T preparados con un molde que se destina especialmente a este objeto. Cada una de las materias cuya adherencia se quiere estudiar constituye una de las mitades del ladrillejo.

Se efectúan ensayos para comparar la fuerza de adherencia entre distintos cementos y una misma materia o entre un mismo cemento y distintas materias.

En el primer caso se preparan medios ladrillejos normales de adherencia compuestos, en peso, por una parte de cemento pasado por el tamiz de 900 mallas y dos partes de arena normal N.º 3. Esta mezcla se amasa con el 9 o/o de agua y se comprime fuertemente en el molde cuyo fondo habrá sido previamente cerrado con una placa metálica movible.

Estos medios ladrillejos deben ser sumergidos en agua dulce, después de 24 horas de fraguados, y conservados allí hasta el momento de su empleo, que no será nunca antes de los 28 días.

En el momento de utilizarlos, se les seca debidamente y se limpia la superficie de adherencia con un papel esmeril.

Para efectuar los ensayos se emplea el mortero nor-

mal plástico que se introduce, mediante una simple compresión con la llana, en el molde que debe disponerse de manera que tenga por fondo el medio ladrillejo normal de adherencia.

El molde será retirado después que el fraguado termine completamente.

Los ladrillejos se conservan durante las primeras 24 horas en una atmósfera húmeda y luego en el agua. Las rupturas se producen con la máqnina *Michaelis* a los 7 días, 28 días, 84 días, 3 meses, 6 meses, 1 año, 2 años... y en la misma forma que se indicará al describir los ensayos mecánicos a la tracción.

En el segundo caso, es decir, cuando se debe comparar la fuerza de adherencia entre un mismo cemento y distintas materias se procede de idéntica forma, pero reemplazando los medios ladrillejos normales de adherencia por medios ladrillejos confeccionados con las materias que se trate de ensayar.

Si esta materia es susceptible de ser moldeada se prepara el medio ladrillejo como en el caso de los medios ladrillejos de cemento. Si la materia fuera sólida se puede preparar una pequeña placa de pocos milímetros de espesor y con una cara bien plana que se coloca en el fondo del molde que se llena luego con pasta normal de cemento.

Se continúa y termina luego el ensayo del mismo modo que en el primer caso.

12. **Ensayos de descomposición por el agua de mar.** — Los ensayos correspondientes se efectúan sobre ladrillejos de mortero normal plástico, de la misma forma y dimensiones que los empleados en los ensayos de resistencia a la tracción. Estos ladrillejos son sumergidos a las 24 horas de ser fabricados en un baño que contiene agua de mar, renovada cada dos días la primera semana y una vez por semana después.

El volumen de agua de mar no será menor de cuatro veces el de los ladrillejos.

Se opera sobre tres series de ladrillejos, una conservada

en el aire, la otra en agua dulce y la tercera en el agua de mar.

Si no pudiera obtenerse agua de mar, se la prepara artificialmente con la siguiente fórmula:

Cloruro de sodio ($NaCl$)	grs.	30 —
Sulfato de magnesio cristalizado ($Mg.SO^4, 7H^2O$)	»	5 —
Cloruro de magnesio cristalizado ($Mg.Cl^2, 6H^2O$)	»	6 —
Sulfato de calcio hidratado ($CaSo^4, 2H^2O$) .	»	1.5
Bicarbonato de potasio (CO^3, K. H.) . . .	»	0.2
Agua destilada, de lluvia, o de río hervida.	»	1.000

Se expresan los resultados de este ensayo dando las indicaciones siguientes, comparativas entre las tres series de ladrillejos.

1.º Modificación del aspecto exterior e interior.
2.º Resistencia a la tracción y compresión.
3.º Composición química.

Se indicará además las épocas en que se efectúen las observaciones.

ENSAYOS MECÁNICOS

13. **Resistencia a la tracción.** — La resistencia del cemento a la tracción se determina sobre ladrillejos en forma de ocho cuya sección en la parte media mide exactamente cinco centímetros cuadrados.

Se preparan ladrillejos con la pasta normal de cemento y con el mortero normal seco.

Pasta normal de cemento. — Los ladrillejos se hacen utilizando moldes normales que se colocan perfectamente limpios y ligeramente engrasados, sobre una chapa también limpia y engrasada, de vidrio, mármol o metal bruñido.

La fabricación de los ladrillejos se hace del siguiente modo: se amasa durante cinco minutos un kilogramo de cemento con la cantidad de agua necesaria para obtener

la consistencia normal. Con la pasta así preparada se llenan con exceso seis moldes, colocando en cada uno y de una sola vez la cantidad necesaria de pasta. Se comprime en seguida la pasta con los dedos con objeto de que no quede ningún vacío y se da una serie de pequeños golpes a cada molde para completar el asiento y conseguir el desprendimiento completo de las burbujas de aire.

Se extrae después el exceso de pasta, haciendo pasar casi horizontalmente y apoyada siempre sobre los bordes del molde una hoja de cuchillo perfectamente recta. Se alisa luego la superficie con el mismo cuchillo y en idéntica forma.

Los ladrillejos se retiran del molde a las veinticuatro 24 horas o antes si fuera preciso; una hora en el caso de cementos de fraguado rápido pero siempre después que el fraguado esté completamente terminado. Durante este período los ladrillejos deben permanecer sobre la chapa mencionada, en una atmósfera saturada de humedad, al abrigo de las corrientes de aire y los rayos directos del sol y a una temperatura comprendida entre 16º y 20º C.

Para sacar los ladrillejos de los moldes, se les hace deslizar primeramente sobre la chapa, se abren luego los moldes y se les aparta de los ladrillejos, teniendo cuidado de no levantarlos mientras no estén completamente separados.

Se colocan después, los ladrillejos en un recipiente que contenga el agua que corresponda, según lo establecido en el artículo 4.º, en cantidad bastante para cubrirlos completamente. El agua se renueva totalmente todas la semanas. Si se tratara de agua de mar, se renueva cada dos días la primera semana y después una vez por semana.

El volumen de agua contenido en el recipiente debe ser igual a cuatro veces por lo menos el de los ladrillejos. La altura de agua no debe exceder de cincuenta centímetros. La temperatura se mantiene entre 16º y 20º C.

Para romper los ladrillejos se usa el aparato *Michaelis*, graduando la salida de munición a razón de *cien* gramos por segundo.

Las rupturas se hacen a los 7 días, 28 días, 84 días, 6 meses, 1 año, 2 años, 3 años. . . . .

Los ladrillejos provenientes de una misma mezcla se reparten entre las diversas series de seis, que se rompen en los distintos períodos de ensayo.

Los resultados de cada ensayo se indican tomando la media aritmética de los cuatro resultados más altos y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.

Mortero normal seco. — Los ladrillejos se preparan de la misma forma y dimensiones que los de la pasta normal de cemento.

El amasado del mortero se hace del modo indicado en el número 7.

Una vez llenos los moldes con un exceso de mortero se procede a asentarlos, por medio del aparato Bœhme en el cual un martillo de dos kilogramos de peso cae ciento cincuenta veces consecutivas desde una altura de cincuenta centímetros sobre una masa de hierro que comprime la pasta de mortero dentro del molde.

El exceso de mortero se extrae en seguida con una hoja de cuchillo que se usa también para alisar la superficie del ladrillejo.

El ensayo se continúa y termina en la misma forma que en el caso anterior.

14. **Resistencia a la compresión.** — Para los ensayos de ruptura a la compresión se opera sobre los dos trozos de cada ladrillejo roto a la tracción.

Cada trozo es aplastado separadamente; se anota como resultado la suma de las cargas de ruptura correspondiente a los dos trozos de cada ladrillejo.

El ensayo se efectúa con una prensa hidráulica. El esfuerzo debe crecer de una manera continua y el aplastamiento de cada trozo debe producirse al cabo de unos dos minutos.

Los ensayos se hacen en las mismas épocas determinadas para la ruptura a la tracción y también por series de seis ladrillejos.

Como resultados definitivos se toma la media aritmética de los cuatro mayores y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.

15. **Resistencia a la flexión.** — Para determinar la resistencia a la flexión se emplean prismas de doce centímetros de longitud y de sección cuadrada de dos centímetros de lado.

El procedimiento indicado anteriormente, al tratar los ensayos a la tracción, en cuanto se refiere a la preparación y conservación de los ejemplares, como también en lo relativo a períodos de ensayo es aplicable a los ensayos a la flexión.

El ejemplar a ensayar, se apoya por una de las caras laterales que haya estado en contacto con las paredes del molde, sobre dos cuchillos, que distan entre sí diez centímetros; la carga se aplica en el centro por intermedio de un tercer cuchillo cuyo borde debe ser ligeramente redondeado.

El aparato Michaelis, está generalmente provisto de un dispositivo que permite utilizarlo también para los ensayos a la flexión.

Los resultados se expresan, como en los casos anteriores tomando la media aritmética de los cuatro mayores correspondientes a cada serie.

Se indica el resultado definitivo diciendo que: «la carga «de ruptura a la flexión es de.... kilogramos para un «prisma de sección cuadrada de dos centímetros de lado «colocado sobre dos apoyos cuya separación es de diez centímetros ».

Los ensayos se efectúan sobre la pasta normal de cemento y sobre el mortero normal seco.

ENSAYOS QUÍMICOS

16. **Composición química.** — El análisis corriente de los cementos comprende las siguientes determinaciones:

1	Pérdida al rojo.		%
2	Sílice combinada	SiO^2	»
3	Oxido de calcio	CaO	»
4	» » aluminio	Al^2O^3	»
5	» férrico	Fe^2O^3	»
6	» » magnesio	MgO	»
7	Anhídrido sulfúrico	SO^3	»
8	Alcalis y pérdidas	—	»
9	Cal libre	—	»
10	Arena	—	»

La pérdida al rojo comprende la humedad, el anhídrido carbónico y las materias extrañas combustibles. El resultado correspondiente a álcalis y pérdidas se obtiene por diferencia entre la suma de las cifras que expresan los resultados de las determinaciones anteriores y cien. En caso de investigación, o de litigio, en que conviene expresar aisladamente algunos de esos cuatro componentes, o todos ellos, se procede como se indica al final, en determinaciones complementarias.

El análisis de cada muestra de portland se hace por duplicado, y en el certificado se expresa el promedio de los resultados obtenidos, si éstos se aproximan sensiblemente. Si la aproximación no es satisfactoria en una o más determinaciones, se verifica un nuevo análisis, tomando el promedio de las dos que más se aproximen.

Las filtraciones que se verifican durante el análisis, se hacen todas sobre papel lavado a los ácidos, en discos de 9 centímetros de diámetro; despreciándose las cenizas si no llegan a 0 gramos 0005 por disco. Prescindiendo de las indicaciones de fábrica, el porcentaje en cenizas de papel

se determina experimentalmente en el Laboratorio, para cada partida; incinerando 20 o 30 discos, tomados de distintos puntos, y dividiendo el peso de las cenizas por el número de discos incinerados.

Las calcinaciones se hacen indistintamente en crisol de cuarzo, porcelana o platino, aunque dando preferencia a este último material; excepto para el fosfato amónico magnesiano que nunca se calcina en cápsula de platino por la razón que se indica al tratar la determinación de la magnesia.

17. **Pérdida al rojo.** — Se pesan en crisol de platino dos gramos de portland y se calcinan al rojo vivo en mechero o soplete. Pasados diez minutos de exposición al calor, se pesa otra vez el crisol con el portland; se calcina nuevamente durante dos o tres minutos y se vuelve a pesar, continuando en esta forma hasta obtener idéntico peso en dos operaciones consecutivas. La pérdida, obtenida por diferencia con la pesada inicial, se multiplica por cincuenta, a fin de expresar el resultado referido a 100 gramos de cemento.

18. **Silice combinada.** — Se opera sobre un gramo de cemento, empastándolo bien con unas gotas de agua destilada en una cápsula de porcelana de 100 a 200 cm^3 y añadiendo después unos 10 $cm.^3$ de ácido clorhídrico concentrado; restregando con una varilla de vidrio los granos de portland contra la pared de la cápsula, a fin de que el ataque sea completo. Se obtiene una masa amarilla, semi trasparente, de consistencia gelatinosa, rara vez fluída. Se evapora en estufa de aire o sobre una gruesa capa de arena, de modo que la temperatura se mantenga entre 120° y 130°, hasta obtener un resíduo seco de color blanco uniforme, sin partes amarillas ni rojizas, que indican falta o exceso de calor, respectivamente. Si las partes rojizas no han podido evitarse, se humedece todo el resíduo con unas gotas de ácido clorhídrico concentrado, previo enfriamiento de la cápsula, y se repite la desecación.

Una vez obtenido el resíduo blanco, se deja enfriar la cápsula sin que importe ahora que la humedad atmosférica produzca un cambio de coloración. Se toma este resíduo con 15 $cm.^3$ de ácido clorhídrico al 1/4 o al 1/5 (una parte de ácido y tres o cuatro de agua) y se ayuda la disolución restregando con una varilla de vidrio; debiendo quedar la sílice insolubilizada en forma de copos blancos que flotan en un líquido amarillento. Si los copos son rojizos, por haber habido exceso de calor en la desecación, puede calentarse ligeramente para ayudar la disolución del hierro que los colorea. Se filtra en papel lavado, pudiendo sustituirse el de 9 cm. de diámetro por el de 7 cm. y se lava con agua caliente hasta que desaparezca la reacción ácida, evitando si es posible más de tres lavados. Se deseca después a la estufa el filtro con el precipitado; se calcina en un mechero, en cápsula de porcelana o platino tarada, hasta que la sílice quede bien blanca, sin partes negras carbonosas, se deja enfriar en el desecador y se pesa en la balanza de precisión, con la aproximación de 1/2 milígramo, por lo menos, descontando el peso de las cenizas del filtro, si es apreciable; y la diferencia entre este peso y el de la cápsula vacía, multiplicada por cien da el peso de la *sílice total* de cien gramos de portland. Descontando de dicha sílice total la arena, si la hay, que se dosa como se indica en determinaciones complementarias, se obtiene la *sílice combinada* tal como debe expresarse en el certificado.

19. **Oxido de aluminio.** — Al líquido filtrado en la determinación anterior, que comprende las aguas de lavado, se le agrega tres o cuatro gotas de ácido nítrico, NO^3H, y se hace hervir a fin de peroxidar el hierro si está al estado ferroso. A este líquido, aun caliente y previa adición de unos dos gramos de cloruro de amonio se agrega en pequeñas porciones y agitando cada vez, amoníaco concentrado hasta que se produzca en el color de la preparación un viraje del amarillo al rojizo, que indica la precipitación de los óxidos de aluminio y hierro. Se agrega después más amoníaco, para que éste se halle en ex-

ceso; calculando con el ya agregado, un total de 10 cm^3. Se agita bién por última vez, se deja reposar, y se filtra después de media hora, en papel lavado de 9 centímetros de diámetro. Para esta filtración conviene esperar solo media hora, como se ha indicado, o filtrar inmediatamente; pues aunque las últimas porciones de aluminio precipitan después de algún tiempo, siendo sensiblemente despreciables en sí misma, arrastran sales amoniacales y de calcio, y también sílice si ha quedado alguna pequeña porción sin insolubilizar, de modo que se hace dificultosa la continuación del análisis. En consecuencia, vale más hacer caso omiso de esas trazas de alúmina que pueden escapar y cuya presencia en el precipitado de cal, que se obtiene después, lejos de alternar sensiblemente el resultado puede tolerarse a título compensativo, por la pequeña parte de esta última que queda con los óxidos de hierro y aluminio, aun después de un buen lavado. Cuando todo el líquido ha pasado por el filtro, se lava una sola vez.

Se pone luego el embudo que contiene el precipitado sobre el mismo matraz que ha quedado vacío después de la filtración anterior, y se agujerea el fondo del filtro con el extremo afilado de una varilla de vidrio. Hecho esto, paseando convenientemente sobre el papel el chorro delgado de una piseta, se hace pasar el precipitado al matraz por el fondo agujereado del papel, dirigiendo así mismo el chorro de agua sobre el extremo de la varilla que ha servido para la operación de la ruptura del filtro. Con el objeto de que no quede nada de precipitado adherido al papel, éste se desdobla al final y se extiende en la parte interior del embudo a fin de arrastrar con el chorro de agua el precipitado que pudiera haber quedado en los dobleces del papel. El papel de filtro después de desembarazado de todo el precipitado se exprime sobre el embudo, tomándolo entre las yemas de los dedos pulgar, índice y medio, arrollándolo en forma de pelotilla. Esta pelotilla se lava una o dos veces más con el chorro, sobre el embudo y se vuelve a exprimir en la forma indicada. Se cuidará de que el volúmen total de agua gastada para hacer pasar el precitado al matraz no sea mayor de 50 a 60 cm^3, lo cual se consigue fácilmente si el chorro de agua de la piseta es suficientemente delgado.

Una vez el precipitado dentro del matraz se sacude éste fuertemente a fin de lavar bien dicho precipitado en el agua que ha servido para arrastrarlo, Se filtra nuevamente en el papel de 9 centímetros; recogiendo el líquido sobre el obtenido en la filtración anterior, y cuidando de que no quede precipitado adherido en la parte interior de las paredes del matraz; para lo cual, se restregan éstas al fin de la operación con una varilla de vidrio en cuyo extremo se pone un trocito de tubo de goma. Concluída la filtración, se lava hasta que el agua de lavado no dé la reacción de los cloruros o la dé muy debil. (Si para arrastrar el precipitado ha habido que emplear un gran exceso de agua, este último filtrado se recoge aparte, se concentra hasta 50 cm^3, más o menos, y se agrega después al filtrado anterior). El lavado en el matraz tal como se detalla más arriba permite obtener resultados muy sastifactorios, y es preferible a la doble precipitación, aconsejada por algunos autores; pués, perdiéndose forzosamente algo de alúmina al precipitar este componente por el amoníaco, la pérdida es, naturalmente, mayor, si la operación se repite. El precipitado con el filtro, después de desecado, se calcina al rojo naciente; cuidando que la temperatura no sea mayor de la indicada a fin de evitar que el sesquióxido de hierro, Fe^2O^3, se reduzca a óxido salino Fe^3O^4. Se pesa la cápsula, después de enfriada al desecador, y la diferencia entre este peso y el de la cápsula vacía, multiplicada por cien, representa el peso de la suma de los óxidos de aluminio y hierro contenidos en 100 gramos de portland. A este peso total se le resta el del óxido férrico, obtenido aisladamente en la operación volumétrica que sigue, y por diferencia se obtiene el óxido de aluminio que debe expresarse en el certificado.

De acuerdo con lo dicho en el párrafo anterior, debe

reservarse el precipitado calcinado de óxidos de aluminio y hierro, para la determinación aislada de este último, y, el líquido resultante de la última filtración para determinar la cal.

20. **Oxido férrico.** — El precipitado de óxidos de aluminio y de hierro, se pulveriza en la cápsula en que ha sido pesado con el extremo redondeado de una varilla gruesa de vidrio, se pasa después completamente, cuidando que no quede nada adherido en forma de polvo a las paredes de la cápsula, a un matraz de 200 a 300 cm^3., y se deja en digestión con 50 a 100 cm^3 de ácido sulfúrico al 1/4 (una parte de ácido y tres de agua), hasta que desaparezca el color rojizo del precipitado; pudiendo quedar el óxido de aluminio sin disolver, en forma de pequeños copos blancos. Se agregan unos ocho o diez gramos de granalla de zinc puro, a fin de que el hidrógeno que se desprende reduzca el óxido Fe^2O^3 a óxido FeO. La reducción completa se conoce en que una gota del líquido puesto en una superficie blanca sobre otra de sulfocianuro de potasio o de amonio, no dá coloración rosada o la da sumamente debil. Si después de terminada la reducción, queda aún zinc sin disolver, se decanta rápidamente el líquido a otro matraz, en el cual se han puesto préviamente uno o dos gramos de bicarbonato sódico (con el objeto de efectuar en una atmósfera de anhidrido carbónico el dosaje ulterior del hierro); lavando una o dos veces con agua destilada el matraz donde queda el zinc. En el matraz que contiene el líquido ferroso se hace el dosaje volumétrico del hierro con una solución valorada de permanganato potásico, en la forma habitual en esta clase de ensayos volumétricos. El resultado de esta operación, calculado en sesquióxido de hierro Fe^2O^3 y multiplicado por cien, da la riqueza en hierro de cien gramos de portland, también expresada en sesquióxido. Esta última cifra restada del peso total de óxidos de hierro y aluminio, dá también el peso de éste último por diferencia, como se ha indicado más arriba.

21. **Oxido de calcio.** — El último filtrado de la determinación de óxido de aluminio, conjuntamente con el de hierro contiene la cal del portland en un medio amoniacal conveniente para la precipitación completa de ese componente. Si en este líquido no se ha precipitado la cal inmediatamente o poco después del filtrado, aparece, al cabo de algunas horas, o de un día para otro, como se ha indicado en la determinación de la alúmina, un precipitado formado por una cantidad mínima de alúmina, cal y sales amoniacales. Lo mejor de todo, en este caso, es continuar como si dicho precipitado no se hubiera producido, pues aunque se mezcle al de oxalato cálcico, que se forma según se indica más abajo, la alúmina no altera sensiblemente el peso por hallarse en muy pequeña cantidad, y las sales amoniacales insolubilizadas se destruyen en la calcinación. Para efectuar la precipitación de la cal se pesan dos gramos aproximadamente de oxalato de amonio y se disuelven en la menor cantidad posible de agua caliente. Se agrega después esta solución por pequeñas porciones al líquido que contiene la cal, agitando bien a cada nueva agregación a fin de que se disuelva la magnesia que pudiera arrastrar el precipitado que se forma. Hecho esto se deja reposar 24 horas el líquido con el precipitado; aunque si el análisis es urgente, se hierve y se espera por lo menos dos horas antes de filtrar, obteniendo en estas condiciones una precipitación bastante completa. La filtración se hace en papel de 9 centímetros de diámetro, teniendo cuidado de pasar primero por el filtro las partes claras del líquido reposado, a fin de evitar que en las primeras porciones pase algo del precipitado cálcico, a través de los poros aun abiertos del papel. Si esto último sucede, se repasa por el mismo filtro el líquido que filtró enturbiado. Concluída la filtración se lava con la menor cantidad posible de agua caliente, utilizando una piseta de chorro delgado, hasta reacción negativa o muy débil de los cloruros, en presencia del ácido nítrico.

Concluído el lavado, se deseca el disco con el precipi-

tado en el desecador y se calcina en crisol de platino o porcelana. Si se dispone de un buen soplete que alcance la temperatura del rojo blanco, se emplea para la calcinación, principiando por una temperatura relativamente baja y aumentándola gradualmente, de modo que el oxalato se reduzca primero a carbonato, y éste a óxido de calcio anhidro, o cal viva; para lo cual es conveniente al final de la operación mantener la temperatura máxima unos diez o quince minutos. Se deja enfriar el crisol en el desecador y se pesa rápidamente al estado de cal viva; no dando por definitiva la pesada hasta no obtener dos iguales consecutivas. Si no se dispone de una fuente de calor de energía evidentemente suficiente para convertir toda la cal en cal viva, es preferible efectuar la calcinación al rojo naciente en una mufla, donde se deja el crisol con el precipitado un par de horas, hasta que el papel se queme por completo, sin que se observen puntos negros carbonosos; obteniéndose de este modo la cal en estado de carbonato. Antes de efectuar la pesada se humedece bien el precipitado con una solución concentrada de carbonato de amonio o se mezcla con un gramo más o menos, de esta sal sólida pulverizada, con el objeto de recarbonatar algo de cal que pudiera haber pasado al estado de óxido; volatilizando el exceso de carbonato amónico en la parte anterior de la mufla, donde el calor no llegue al rojo. También en este caso, como en la mayoría de las calcinaciones, es conveniente pesar y volver a calcinar hasta obtener dos pesadas consecuttivas iguales. La diferencia entre la última pesada y el peso del crisol vacío se multiplica por cien (y también por el multiplicador 0.56, en caso de haberse hecho la pesada al estado de carbonato) y el resultado es la cantidad de óxido de calcio, CaO, que hay en 100 partes de portland.

22. **Magnesia.** — El líquido filtrado de la cal, sólo servirá para determinar la magnesia si el volumen total se halla comprendido entre 200 y 250 cm^3. En todo caso no conviene operar sobre un filtrado cuyo volumen llegue a

300 cm^3. Si las determinaciones anteriores a la magnesia se han hecho en debida forma, el volumen del líquido en que debe precipitarse esta última se hallará entre los límites indicados, esto es, de 200 a 250 cm^3. En caso de que dicho volumen exceda los 300 cm^3., antes que concentrar o evaporar a sequedad para destruir las sales amoniacales por medio del agua regia, es preferible obtener un nuevo filtrado, precipitando sucesivamente en el mismo líquido, la sílice y los óxidos de aluminio, hierro y calcio, por sus respectivos reactivos; eliminando el conjunto de precipitados en una sola filtración a la que seguirá un *perfecto lavado* con agua caliente. Al líquido que contiene la magnesia, en cualquier forma que se obtenga, se le agregan 20 a 30 $cm.^3$ de amoníaco concentrado, efectuándose la precipitación por medio de una solución de uno a dos gramos de fosfato sódico de la fórmula PhO^4HNa^2, llamado comúnmente fosfato neutro de sodio, disueltos en 5 o 6 $cm.^3$ de agua caliente. La solución de fosfato se agrega por pequeñas porciones, sacudiendo el matraz a cada nueva agitación, o teniendo cuidado en caso de utilizar la varilla de vidrio como agitador, de no restregar con ésta la superficie interna del matraz, pues, en esos puntos restregados se deposita el fosfato amónico - magnesiano, adhiriéndose con tal fuerza que habría que redisolver el precipitado para separarlo del vidrio. La filtración no debe hacerse inmediatamente, ni al cabo de poco tiempo, aunque el análisis sea urgente; siendo necesario esperar por lo menos doce horas para que la precipitación sea completa. Hecha la filtración, se lava el precipitado con agua que contenga un décimo de amoníaco, hasta reacción negativa o muy débil de los cloruros, sobre unas gotas de solución compuesta de una parte de solución de nitrato de plata y otra de ácido nítrico. Concluído el lavado se deseca el filtro con el precipitado de fosfato amónico-magnesiano, PhO^4NH^4Mg, y se calcina en cápsula de porcelana o cuarzo, nunca en cápsula de platino, como se suele indicar en algunas obras, pues este metal reduce el fos-

fato amónico magnesiano formando con el fósforo una combinación quebradiza, que agujerea la cápsula en poco tiempo. La calcinación es muy preferible hacerla en la mufla a hacerla al fuego directo de un mechero, pues el pirofosfato de magnesia, $Ph^2O^7Mg^2$, que resulta de la transformación por el calor del fosfato amónico-magnesiano, funde con facilidad si hay exceso de temperatura, aprisionando partículas carbonosas que queman después muy difícilmente. En todo caso, resulta muy buena práctica humedecer el papel del filtro con ácido nítrico antes de calcinar. El precipitado se pesa después en la misma forma que en las determinaciones anteriores, multiplicando por 0.36 para obtener la equivalencia en óxido de magnesio; que se expresa en el certificado referido a cien partes de portland.

23. **Anhídrido sulfúrico.** — El anhídrido sulfúrico se determina sobre una toma de ensayo especial para este dosaje, de dos gramos, que se empastan con unas gotas de agua y se tratan por 10 a 12 cm.^{3} de ácido clorhídrico concentrado para obtener una masa gelatinosa amarillenta; desecando después a 120-130º, volviendo a tomar el resíduo blanco con 50 a 60 cm.^{3} de ácido clorhídrico al 1/4, y filtrando y lavando con agua caliente para obtener la sílice pura sobre el filtro; operaciones todas que se realizan en idéntica forma a como ya se ha indicado en la determinación de la sílice. La sílice que queda sobre el filtro se deseca, calcina y pesa para comprobar la determinación hecha anteriormente sobre un gramo, y en el líquido filtrado se determina el anhídrido sulfúrico del siguiente modo:

El líquido filtrado en la determinación anterior junto con las aguas de lavado, extendido con ácido clorhídrico al $^1/_4$ hasta un volumen de 150 a 200 c.m^3 se hace hervir, se separa de la llama, y sin esperar a que la temperatura baje se proyectan en él por pequeñas porciones un par de gramos de cloruro de bario cristalizado, evitando agregar todo éste de una vez, pues se producirían proyecciones del líquido fuera del matraz. Se vuelve a poner el matraz sobre la llama para que hierva de nuevo durante algunos minutos y se separa después, dejando reposar durante 24 horas el líquido con el precipitando e inclinando el matraz de modo que dicho precipitado se reuna sobre un punto del borde circular de la base. Después de ese tiempo se filtra sobre el papel de 7 o 9 centímetros de diámetro, pasando primeramente las partes claras del líquido a fin de que se hinche el papel y se cierren los poros, evitándose que las primeras porciones de precipitado que caen sobre el filtro lo atraviesen. Se lava después con agua acidulada con ácido clorhídrico hasta que una gota del líquido filtrado sobre otra gota de sulfocianuro de potasio o de amonio no dé coloración rosada de sulfocianuro de hierro. Concluído el lavado, se deseca y calcina en crisol de platino o porcelana, colocando en el crisol el cono que forma el filtro de modo que el vértice quede hacia arriba, y evitando que la temperatura llegue al rojo muy vivo a fin de que no haya reducción del sulfato, que también podría reducirse en presencia del carbón de papel del filtro, si éste se coloca en otra forma que la indicada más arriba. La calcinación puede hacerce en mufla o mechero, y, si se sospecha que hay reducción del sulfato bárico, puede agregarse unas gotas de ácido sulfúrico diluído, evaporar con cuidado y calentar después más fuerte hasta la eliminación del ácido. Como en esta eliminación es difícil impedir las proyecciones, es preferible evitar tener que hacer esta operación, lo cual se consigue observando exactamente las precauciones arriba expresadas. Después de enfriar el crisol en el desecador, se pesa; no considerando la pesada como definitiva hasta no obtener dos iguales consecutivas, en la forma ya indicada para otras determinaciones. El peso del sulfato bárico referido a cien partes de portland se multiplica por el coeficiente 0.343 para obtener la equivalencia en anhídrido sulfúrico, que es como se expresa en el certificado. Sin embargo si interesa hallar directamente equivalencia en sulfato cálcico se hará uso del coeficiente 0.584.

24. **Determinaciones complementarias.** — Las determinaciones que siguen, en general no figuran en el análisis corriente y sólo se practican en caso de investigaciones o de litigio, excepto la *arena* y la *cal libre* que se determinan en todos los portlands ensayados aunque sólo se incluyen en el certificado cuando los resultados no son satisfactorios; debido a que el portland bien fabricado, no debe contenerlos.

Humedad y agua de hidratación.— Una toma de ensayo de dos gramos se tiene durante 4 horas en la estufa de aire o baño de arena a 150º. Después de hecha la pesada, se pone una hora más en la estufa o baño y se vuelve a pesar, no dando por definitiva la pesada hasta obtener dos iguales consecutivas.

Anhídrido carbónico. — Se sigue el método indirecto por medio del aparato Scheodter u otro análogo. Consiste en pesar el sistema formado por el aparato más una toma de ensayo suficiente y determinada cantidad de ácido clorhídrico. Hecha la pesada se pone en marcha el aparato de modo que se produzca la reacción $CO^3 Ca + 2\,HCl = Cl^2 Ca + H^2O + CO^2$. Se hace pasar una corriente de aire que arrastra el anhídrido carbónico y se vuelve a pesar el sistema, apreciando por diferencia entre las dos pesadas el anhídrido carbónico; el cual se expresa con relación a 100 partes de portland.

Materia orgánica combustible. — Se obtiene por diferencia restando de la pérdida al rojo, la suma: humedad, agua de hidratación y anhídrido carbónico.

Arena. — En una cápsula de porcelana se atacan diez gramos de portland por 50 a 100 cm.³ de ácido clorhídrico al $^1/_{10}$. Se decanta con el líquido, inmediatamente después de agitar, la sílice hidratada, que por su poca densidad queda en suspensión mientras que la arena y el portland no atacado vuelven rápidamente al fondo. Se repite esta operación hasta la descomposición completa de todo el portland, la cual se reconoce por que desaparecen las partes obscuras. Se prosigue después en la misma forma con

agua destilada hasta que desaparezcan por completo los copos fácilmente reconocibles de sílice hidratada, quedando en el fondo de la cápsula la arena dura, que se palpa sin dificultad con la yema del dedo. Se pasa después con el chorro de la piseta dicha arena a un crisol de platino o porcelana. Se elimina el agua por evaporación o decantación, se calcina ligeramente y se pesa. El peso de las arena se multiplica por diez para referirlo a 100 gramos de portland, y se resta de la sílice total según se ha indicado más arriba.

Cal libre (procedimiento del sacarato cálcico, modificado por el laboratorio del Instituto). — Un gramo de portland a ensayar se empasta con unas gotas de una solución saturada de carbonato amónico y se calienta, tratando de evitar las proyecciones, en un mechero de poca fuerza o en la puerta de una mufla, o, simplemente en un baño de arena; siendo el objeto de esta operación combinar la cal libre que pudiera haber en el portland, y debiendo evitarse por lo tanto que la temperatura llegue al grado 800º en que principia a descomponerse el carbonato cálcico.

Se introduce el gramo de portland así tratado en un matraz de 100 cm.³, que se llena después hasta el trazo con una solución al 10 º/o de azúcar puro en agua destilada. Se espera un cuarto de hora agitando el líquido con frecuencia; se filtra, tomando los 25 primeros cm.³, que corresponden a un $^1/_4$ gramo de portland, se extiende con agua acidulada, y se hace el dosaje acidimétrico de la cal con una solución ácida normal décima, empleando el tornasol como indicador. En algunos portland basta la primera gota de solución ácida para producir el viraje, mientras que otros requieren para ello una cantidad apreciable de dicha solución; lo cual puede explicarse por el distinto grado de hidrolización de que son susceptibles los diversos silico-aluminatos cálcicos que pueden existir en el portland, según su temperatura de cocción.

Por otra parte, se pesa otro gramo del portland a ensayar, y, sin someterlo al tratamiento previo por el car-

bonato amónico, se opera con él exactamente como en el caso anterior, por el agua azucarada, filtrando después de un cuarto de hora y tomando los 25 primeros cm.³ del filtrado, sobre los que se efectúa el dosaje acidimétrico de la cal, empleando la misma solución ácida usada anteriormente.

Supóngase que se necesitan n cm.³ para el viraje del tornasol, y que en la primera operación, esto es, sobre el portland previamente tratado por el carbonato amónico se han necesitado m cm.³ para el mismo viraje. Se tiene que $n - m = n'$ serán los centímetros cúbicos de ácido normal décimo que neutralizan exactamente la cal libre del portland analizado; eliminando de esta manera la causa de error, cuyo valor numérico para cada caso es m, debida a la posible hidrolización de los compuestos cálcicos que existen en el portland. Así pues $1{,}12.n'$ da inmediatamente el porcentaje en cal libre del portland ensayado.

Azufre de sulfuros. — Se sigue exactamente la marcha indicada para la determinación del anhídrido sulfúrico, reemplazando en el ataque de los dos gramos de portland el ácido clorhídrico por el agua regia; y utilizando el multiplicador 0.137 para hallar la equivalencia en azufre del sulfato bárico.

Alcális. — Siendo sumamente raro el caso en que haya interés en conocer separadamente las cantidades de potasa y sosa de un portland, la investigación de los alcális, cuando se efectúa, se limita a determinar esos dos componentes en conjunto. Para esto se opera de la siguiente manera:

Se pesa una toma de ensayo especial de dos gramos y después de insolubilizar la sílice como en el análisis corriente se precipitan sucesivamente en el mismo líquido sin filtrar dicha sílice, los óxidos de aluminio, hierro y calcio por los respectivos reactivos. Se filtra y lava bien y el líquido filtrado se evapora a seco y calcina para eliminar las sales amoniacales y descomponer los oxalatos; quedando un residuo compuesto de sales alcalinas y de magnesia libre o carbonatada; pudiendo asimismo quedar algo de magnesia al estado de sulfato. Dicho residuo se toma con agua destilada y se filtra, y el líquido filtrado contiene las sales alcalinas y el sulfato de magnesia si lo hay, quedando en el filtro la magnesia libre o carbonatada. El filtrado de la operación anterior se trata por agua de barita que precipita la magnesia y los ácidos sulfúrico y carbónico, estos últimos al estado de sales de bario Se filtra, quedando sobre el filtro la magnesia y las sales de bario y pasando con el filtrado las sales alcalinas y el exceso de barita; la cual se elimina precipitándola al estado de sulfato de bario con un exceso de ácido sulfúrico. Se vuelve a filtrar para eliminar el sulfato de bario, y el líquido filtrado se deseca y calcina obteniéndose un residuo de sulfatos alcalinos que se pesa en la balanza de precisión. Después de conocido el peso de los sulfatos se vuelve a disolverlos en agua y se precipita el ácido sulfúrico por medio del nitrato o cloruro de bario. Se filtra y del peso del sulfato de bario se deduce el del anhídrido sulfúrico SO^3. Deduciendo este último peso del obtenido para los sulfatos alcalinos se obtendrá el peso conjunto de los óxidos de potasio y sodio, ($Na^2O + K^2O$).

B) Cales hidráulicas

ENSAYOS FÍSICOS

25. **Peso específico, finura de molienda, densidad aparente, homogeneidad.** — Los ensayos correspondientes a estas determinaciones se hacen en la misma forma que en el caso de los cementos. (1, 2, 3, 4).

26. **Preparación de pastas y morteros normales.** — *Pastas normal.* — Se fabrica en la misma forma que en el caso de los cementos (6).

Morteros normales. — Se hace uso de dos morteros normales secos y de dos morteros normales plásticos. Los primeros se emplean en los ensayos de resistencia y los otros en los demás ensayos.

Los morteros normales se dosifican en peso, unos a razón de una parte de cal por tres de arena (250 gramos de cal y 750 gramos de arena), los otros a razón de una parte de cal por cinco de arena (167 gramos de cal y 833 gramos de arena).

Los morteros normales secos se preparan con la arena normal simple; los morteros normales plásticos con la arena normal compuesta. En ambos casos se procede ajustándose estrictamente a las prescripciones indicadas para los morteros de cemento (7).

La cantidad de agua a emplearse en el amasado de los morteros normales seco será igual a 45 gramos más una sexta parte de la necesaria para llevar un kilogramo de cal al estado de pasta normal en el caso de la proporción 1:3 y aumentado de un noveno de esta cantidad en el caso de la proporción 1:5.

En el caso de los morteros normales plásticos se determina la cantidad de agua a emplearse agregando a 60 gramos; $^1/_6$ o $^1/_9$ de la cantidad necesaria para la consistencia normal de la pasta según se trate del mortero 1:3 o 1:5.

27. **Ensayos de fraguado, de rendimiento y de adherencia.** — Estos ensayos se efectúan en la misma forma que en el caso de los cementos (8, 10 y 11).

28. **Ensayos de deformación.** — Los ensayos de deformación se hacen en la misma forma indicada para los cementos (9) modificándose únicamente el procedimiento establecido para los ensayos en caliente en lo que se refiere a la temperatura del agua que debe ser reducida de 100°C a 50°C.

29. **Ensayos de descomposición por el agua de mar.** — Se procede en la misma forma que si se tratara de un cemento (12) excepto en lo relativo al plazo que debe transcurrir entre el momento de la preparación y el de la inmersión que en lugar de 24 horas debe ser de 2, 4 o 7 días.

ENSAYOS MECÁNICOS

30. **Resistencia a la tracción, compresión y flexión.** — El procedimiento a seguirse es el mismo indicado para los cementos (13, 14 y 15) que sólo se modificará en lo siguiente: Los ladrillejos serán sacados de los moldes, siempre que sea ello posible al cabo de 24 horas y mantenidos en el ambiente determinado para su conservación, después de haber permanecido al aire durante un plazo de 2, 4 o 7 días contados desde el momento de su preparación.

En todos los casos, al expresar el resultado de los ensayos se debe indicar este plazo. Los ensayos normales se efectúan sobre los morteros normales 1:3 y 1:5 conservados en el agua dulce.

No se efectúan ensayos normales sobre la pasta normal de cal.

ENSAYOS QUÍMICOS

31 **Composición química.** — El análisis corriente de la cal hidráulica comprende las siguientes determinaciones:

1. Pérdida al rojo.
2. Arena y silicatos insolubles en H Cl.
3. Sílice combinada.
4. Oxido de calcio (cal total).
5. » » aluminio y de hierro.
6. » » magnesio.
7. Anhídrido sulfúrico.
8. Cal libre (cal soluble en agua azucarada).
9. Alcalis.

32. **Pérdida al rojo.** — Esta determinación que comprende la investigación de los mismos elementos que en el caso del cemento (16) se efectúa en la misma forma indicada para éste (17 y 24).

33. **Arena y silicatos insolubles, sílice combinada.**—

Se procede en la misma forma que en el ensayo de los cementos (18 y 24).

34. **Oxidos de aluminio y de hierro, de calcio y de magnesio.** — Para la investigación de estos componentes se procede en la forma indicada para los cementos (19, 21 y 22). La separación de los óxidos de hierro y de aluminio sóló se efectúa cuando es solicitada especialmente. En este caso se sigue el procedimiento indicado en el número (20).

35. **Anhídrido sulfúrico.** — Se sigue el mismo procedimiento indicado para los cementos (23).

36. **Cal libre.** — Se determina por el procedimiento del sacarato cálcico aplicado directamente, en la forma indicada en el número (24).

37. **Alcalis.** — Se sigue el procedimiento indicado en el número (24).

C) Cales grasas

ENSAYOS FÍSICOS

38. **Rendimiento en pasta.** — El procedimiento a seguirse para obtener el apagado de la cal viva es el de aspersión; se obtiene así la cal apagada en el estado de polvo. Se amasa luego un kilogramo de cal en polvo con la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia normal. Este amasado y la determinación de la consistencia normal se hace en la misa forma indicada para los cementos (6).

El rendimiento en pasta se expresa indicando el volumen de la pasta de consistencia normal, obtenido con un kilogramo de cal apagada en polvo. La medida de este volumen se hace por cualquiera de los procedimientos indicados para los cementos (10).

Debe indicarse además de este dato la relación existente entre un kilogramo de cal viva y el peso de la misma cal una vez apagada y reducida a polvo.

39. **Ensayo de levigación.** — Se reduce a pasta un peso determinado de cal viva y se somete esta pasta a la acción de una corriente de agua, tomando las precauciones necesarias para que las materias extrañas no puedan escapar. La relación entre el peso de estas y el peso total sometido a ensayo dará la medida del grado de pureza de la cal.

ENSAYOS MECÁNICOS

40. **Resistencia a la compresión.** — Este ensayo se efectua sobre cubos de 50 cm.2 de sección del mortero normal 1:3.

El procedimiento a seguirse para el amasado es el mismo indicado para el mortero normal seco de cemento (7 y 13).

Los ladrillejos deben ser sacados de los moldes, siempre que ello sea posible a las 24 horas y conservados luego en el aire. Las ruptuaras se efectuan a los 28 días, 84 días, 6 meses 1 año, 2 años...

ENSAYOS QUÍMICOS

41. **Composición química.** — El análisis corriente de las cales grasas comprende las siguientes determinaciones.

1. Pérdida al rojo.
2. Insoluble en H. Cl.
3. Oxidos de aluminio y hierro.
4. » » calcio.
5. » » magnesio.

42. **Pérdida al rojo.** — Esta determinación comprende la investigación de los mismos elementos que en el caso del cemento y de la cal hidráulica (17 y 32); se efectúa en la forma indicada en los Nos. (17) y (24).

43. **Insoluble en H. Cl.** — En una cápsula de porcelana se ataca un gramo de cal finamente pulverizada por 15 o 20 cm^3. de H. Cl. al 1/5. Se restrega con una varilla de vidrio las últimas porciones para que el ataque sea completo. La operación se considera terminada cuando

cesa toda efervescencia. En el caso que las últimas porciones sean atacadas con dificultad demorando en desaparecer la efervescencia, hay motivo para sospechar que existe en la cal una alta proporción de magnesia; se facilita entonces la disolución completa calentando ligeramente la cápsula.

Terminado el ataque por el ácido clorhídrico, se tiene en disolución en estado de cloruros la cal, magnesia y demás bases del producto ensayado y depositados en el fondo de la cápsula la arena y los silicatos insolubles.

Se filtra por un disco de papel lavado de 7 o 9 cm. y se lava hasta que las últimas cantidades de agua que pasen no tengan reacción ácida.

44. **Oxidos de aluminio, hierro, cal y magnesia.** — Para la investigación de estos componentes se procede en la forma indicada para los cementos (19, 21 y 22). La separación de los óxidos de hierro y aluminio sólo se efectúa, como en el caso de la cal hidráulica (34) cuando es solicitado especialmente. El procedimiento a seguirse entonces es el indicado en el número 20.

45. **Determinación rápida del porcentaje de cal pura.** (Ca O). — Se opera sobre un gramo del producto, previamente pulverizado, si hay lugar a ello, y se trata en la forma ya indicada, (43) por ácido clorhídrico al 1/5. Después de bien disuelto se añaden, sin filtrar, dos o tres gotas de ácido nítrico para peroxidar el hierro y se precipitan éste y el aluminio por un exceso de amoníaco, es decir, agregando dicho álcali hasta que la coloración del líquido pasa al amarillo rojizo o en todo caso, hasta que después de agitado despide un fuerte olor amoniacal; haciendo virar al azul un papel de tornasol previamente enrojecido por los vapores de un ácido fuerte. Se precipita, calcina y pesa la cal observando las mismas precauciones recomendadas en el ensayo analítico del cemento (21).

D) Puzolanas

ENSAYOS FÍSICOS

46. **Preparación de ejemplares.** — Los ejemplares destinados a los ensayos deben ser finamente triturados.

El polvo obtenido debe dejar un residuo inferior al 25 o/o sobre el tamíz de 900 mallas y un residuo variable entre el 40 o/o y el 50 o/o sobre el tamíz de 4900 mallas.

Los granos retenidos por los tamices serán sometidos a una nueva trituración hasta que las condiciones anteriores puedan ser satisfechas.

47. **Peso específico, finura de molienda, densidad aparente.** — Los ensayos correspondientes se efectúan en la misma forma que en el caso de los cementos (1, 2 y3).

48. **Homogeneidad.** — Los ensayos relativos a esta determinación se efectúan por el mismo procedimiento indicado para los cementos (4).

La existencia de piedra pómez y materias terrosas puede ser verificada mediante un ensayo de clarificación

Al efecto se vierte la puzolana en el agua y se agita vivamente. La puzolana se precipita, las materias terrosas enturbian el agua y la piedra pómez flota en la superficie.

49. **Preparación de pastas y morteros normales.** — Los ensayos normales de pastas y morteros de puzolanas se efectúan sobre la pasta normal de *puzolana* y *cal* y sobre el mortero normal de *puzolana, cal* y *arena.*

Para preparar estas pastas y morteros, se emplea la cal grasa, previamente apagada, proveniente de la calcinación del mármol, la arena normal compuesta y el agua potable.

Se opera sobre un kilogramo de materias secas que se amasan siguiendo los procedimientos indicados para los cementos (6 y 7).

Para la pasta normal de puzolana se amasan 666 gra-

mos de puzolana y 334 gramos de cal en polvo con una cantidad de agua tal que el espesor de la capa de pasta no atravesada por la sonda de Tetmajer, en las condiciones indicadas al tratar los cementos (6) sea de 30 milímetros.

Para el mortero normal de puzolana, cal y arena se amasan 333 gramos de puzolana, 167 gramos de cal en polvo y 500 gramos de arena con la cantidad de agua necesaria para que el mortero tenga la consistencia normal plástica.

50. **Ensayos de fraguado.** *a) Pasta de puzolana y cal.* — Se procede de la misma manera que con los cementos (8). Además se complementan las indicaciones relativas al fraguado haciendo constar las sobrecargas que haya sido necesario colocar sobre la aguja de Vicat para hacerla descender 5 milímetros al cabo de 2, 3, 4 y 5 días.

b) Morteros de puzolana, cal y arena. — Se siguen los mismos métodos indicados para los cementos. (8).

51. **Ensayos de rendimiento.** — Se efectúa sobre la pasta normal de puzolana y cal siguiendo los mismos procedimientos que para los cementos (10).

52. **Ensayos de adherencia y descomposición por el agua de mar.** — Se opera sobre el mortero de puzolana, cal y arena, ajustándose a las prescripciones indicadas para los cementos (11) y cales hidráulicas (29).

ENSAYOS MECÁNICOS

53. **Resistencia a la tracción, compresión y flexión.** — Se siguen los mismos procedimientos indicados para los cementos (13, 14 y 15) con las siguientes modificaciones.

Los ladrillejos se sacan del molde a las 24 horas y se mantienen en el ambiente elegido para su conservación después de haber permanecido al aire durante 2, 4 o 7 días contados desde el momento de la fabricación.

En todos los casos al indicar los resultados se mencionará este plazo.

Los ensayos normales se efectúan sobre la pasta normal de puzolana y cal, y sobre el mortero normal de puzolana, cal y arena conservados en agua dulce.

ENSAYOS QUÍMICOS

54. **Composición química.** — El análisis corriente de la puzolana comprende las siguientes determinaciones:

1. Pérdida al rojo.
2. Sílice total.
3. Oxido de aluminio.
4. Sesquióxido de hierro.
5. Oxido de calcio.
6. » » magnesio.
7. Anhídrido sulfúrico.

Además para determinar si se trata de un producto natural o artificial se hacen las siguientes investigaciones:

1. Humedad o agua higroscópica.
2. Agua de hidratación.

55. **Pérdida al rojo.** — Se procede como en el caso de los cementos (17).

56. **Sílice total.** — Se toma un gramo de puzolana y en un crisol de platino, cuya tara no es necesario conocer, se mezcla íntimamente con carbonato sódico-potásico anhídrico o sea una mezcla en las proporciones de los pesos moleculares de carbonatos de sodio y potasio. Se calienta gradualmente en un soplete el contenido del crisol abierto, elevando gradualmente la temperatura hasta que las sales entren en fusión tranquila. Se tapa entonces el crisol, dejándolo expuesto, durante un cuarto de hora, a la acción del fuego; al cabo de este tiempo se destapa y tomándolo con una pinza metálica, se introduce parte del fondo del crisol en agua fría, cuidando que ésta no penetre en el mismo. El objeto de esta operación es producir en la masa al enfriarse una contracción que la separe de las paredes del crisol.

Con el crisol boca abajo se vierte entonces, en una cápsula de 100 a 150 cm^3. que contenga agua pura, el bloc

solidificado, ayudando la disolución por medio de pequeñas porciones de ácido clorhídrico diluído que se agregan hasta que las últimas partículas de carbonato se hayan disuelto; sin perder ni una sola de dichas partículas ni una gota de la solución. Al final toda la solución contenida en la cápsula de porcelana, debe presentar fuerte reacción ácida, sin quedar nada por disolver.

Se lleva entonces la cápsula al baño de arena y se evapora hasta la desecación cuidando que la temperatura se mantenga entre 130° y 150°C.

Una vez insolubilizada la sílice por desecación se filtra y se pesa exactamente como en el ensayo de los cementos. (18), aunque efectuando siempre el lavado con agua caliente y con gran cuidado a causa de la gran cantidad de cloruros de sodio y de potasio formados por la acción del ácido clorhídrico sobre el carbonato sódico-potásico.

Cuando la puzolana contiene evidentemente una elevada proporción de cal se evita este último inconveniente sacando partido de la acción desagregante de esa crecida cantidad de cal o reduciendo por lo menos a una proporción prudencial el carbonato alcalino.

57. **Oxidos de aluminio, hierro, calcio y magnesio.** — Sobre el líquido filtrado en la determinación de la sílice se precipitan sucesivamente los óxidos de aluminio y de hierro, de calcio y de magnesio exactamente en la misma forma indicada para los cementos, (19, 21 y 22).

La separación de los óxidos de aluminio y de hierro, después de pesados en conjunto, debe hacerse siempre, por el interés que hay en conocer la proporción de aluminio. La operación se hace en la forma indicada en el número 20.

58. **Anhídrido sulfúrico.** — La determinación del anhídrido sulfúrico se hace disgregando en la forma arriba indicada uno o dos gramos de puzolana. Se pesa la sílice insolubilizada y desecada, operación que puede servir como comprobación de la ya efectuada, para proceder al dosaje de los óxidos, y en el líquido filtrado, previa agregación de 25 a 30 cm.^{3} más de ácido clorhídrico se efectúa el dosaje del ácido sulfúrico siguiendo el mismo procedimiento indicado en el número 23.

Siendo la desgregación por los carbonatos alcalinos, una operación relativamente laboriosa y delicada, se puede evitar, desagregando en una cápsula de tamaño apropiado tres gramos de puzolana y dividiendo en dos porciones *A* y *B* la porción filtrada de la sílice llevado a un volumen conocido. En la *A* correspondiente a un gramo se determinan los óxidos de aluminio, de hierro, de calcio y de magnesio y en la *B* correspondiente a dos gramos el anhídrido sulfúrico.

59. **Humedad o agua higroscópica.** — Se pesan dos a cinco gramos de puzolana en cápsula tarada de porcelana o platino y se dejan en la estufa a 100°C. durante dos horas; se pesa y se vuelve a dejar al mismo calor durante media hora repitiendo la pesada. Si esta última no es idéntica a la primera se repite la operación hasta obtener dos pesadas iguales consecutivas. La diferencia con la pesada primitiva referida a 100 expresa la humedad o agua higroscópica.

60. **Agua de hidratación.** — La misma toma de ensayo se expone otras dos horas en baño de aceite o mejor aún en baño de arena a un calor inferior a 800°C. y después de dos pesadas iguales consecutivas se obtiene, previo descuento de la humedad, el agua de hidratación.

Si la temperatura supera los 800°C. parte de la pérdida de peso, podría estar constituída por el anhídrido carbónico.

E) Yesos

ENSAYOS FÍSICOS

61. **Finura de molienda.** — Se determina con ayuda de tamices de 4900, 900, 324 y 144 mallas por centímetro cuadrado siguiendo el mismo método indicado para los cementos (2).

62. **Fraguado.** — Se procede como en el caso de los cementos (8) operando sobre una pasta amasada con la cantidad de agua que se considere conveniente, en vista de la naturaleza y destino del material. Se indicará, esta cantidad, como también la consistencia de la pasta determinada con la aguja de Tetmajer.

Siempre que sea posible se empleará preferentemente cantidades de agua equivalentes al 40, 50 y 60 por ciento del peso de yeso.

63. **Rendimiento.** — Se efectúan los ensayos ajustándose a las indicaciones hechas para el ensayo de los cementos (10) y sobre las mismas pastas que hayan servido para la determinación del fraguado.

ENSAYOS QUÍMICOS

64. **Composición química.** — El análisis del yeso comprende las siguientes determinaciones:

1. Anhídrido sulfúrico (SO^3).
2. Oxido de calcio (CaO).
3. Agua de hidratación (H^2O).

65. **Anhídrido sulfúrico.** — Se pesa un gramo de yeso en polvo fino y se calienta hasta completa disolución con 150 cm³. de ácido clorhídrico al 1/3. Se filtra y lava recogiendo el agua del lavado con el líquido filtrado. Si la disolucción no fuera completa se repite el tratamiento sobre la parte no solubilizada, mezclando los dos líquidos filtrados.

Se agrega al líquido resultante de la operación anterior 25 cm³. de una solución de cloruro de bario al 10 o/o, con objeto de obtener un precipitado más aglomerado y por consiguiente más fácil de filtrar, lo cual se obtiene mejor aún, agregando a dicha solución de cloruro de bario el 10 o/o de cloruro de amonio. Se hierve durante unos minutos, se deja reposar y el líquido todavía caliente se pasa por un filtro sin cenizas vertiendo primeramente el líquido claro y después con las últimas porciones todo el

precipitado. Si quedara algo adherido a las paredes del matraz se agrega un poco de agua y con una varilla en cuyo extremo se coloca un trozo de caño de goma se restregan dichas paredes hasta que se desprenda todo el precipitado adherido. En caso de que al empezar la filtración el líquido pase turbio, antes de continuar se repasa por el filtro la parte ya filtrada hasta que las gotas que caigan sean perfectamente límpidas.

Concluído el lavado se deseca en la estufa el filtro con el precipitado de sulfato de bario y se calcina en cápsula de porcelana o platino; siendo preferible desprender el precipitado o su mayor parte, del papel a fin de quemar este último sobre la cápsula suspendido con un hilo de platino. El objeto de esta última operación es evitar que el carbón proveniente de la combustión del papel al hallarse en contacto con el sulfato bárico lo reduzca en parte el estado de sulfuro.

Multiplicando el peso del sulfato bárico, así determinado, por 0.343 se obtendrá su equivalencia en anhídrido sulfúrico.

66. **Óxido de calcio.** — El óxido de calcio se determina directamente, calentando como en el caso anterior un gramo de yeso con 150 cm.³ de agua y la cantidad de ácido clorhídrico necesaria para obtener la disolución completa después de caliente. Al líquido filtrado se le agregan dos gramos de oxalato amónico y se efectúa el dosaje de la cal en el estado de oxalato en la misma forma que para el análisis del portland. (21).

El porcentaje de cal puede deducirse asimismo del obtenido para el anhídrido sulfúrico, suponiendo a este último totalmente combinado con la cal.

67. **Agua de hidratación.** — Cuando el producto que se analiza es una piedra de yeso natural, se determina la humedad y el agua de hidratación sometiendo durante dos horas al calor de una estufa que se mantiene a la temperatura de 200° C., una toma de ensayo de uno o dos gramos.

F) Arenas

ENSAYOS FÍSICOS

68. **Composición granulométrica.** — Se procede previamente a separar la arena propiamente dicha de la gravilla, casquijos, guijarros, cantos rodados, etc. Se considera como arena todos los granos que pasen al través de un tamiz constituído por una lámina metálica perforada cuyos agujeros miden *cinco milímetros* de diámetro. Después de efectuada esta operación se clasifica la arena, haciéndola pasar por tamices cuyos agujeros miden respectivamente *dos milímetros* y *medio milímetro* de diámetro, en tres lotes constituídos en la siguiente forma:

a) *Arena gruesa*, la que habiendo pasado por el tamiz de *cinco* milímetros es retenida sobre el de *dos milímetros*.
b) *Arena mediana*, la que habiendo pasado por el tamiz de *dos* milímetros es retenida sobre el de *medio* milímetro.
c) *Arena fina*, la que pasa por el tamiz de *medio* milímetro.

El resultado del ensayo se expresa indicando el porcentaje en peso de arena de las tres categorías y el de gravilla, cantos rodados, etc., contenidos en un kilogramo del material primitivo.

Al mismo tiempo se indica la forma de los granos: redondos, angulosos, esquistosos, cavernosos, etc.

69. **Ensayo de levigación.** — Después de pesado un kilogramo de arena bien seca, se le somete dentro de un recipiente con agua, cuya capacidad no debe ser menor de *cinco* decímetros cúbicos a la acción de una débil corriente de agua, dirigida de abajo hacia arriba, que arrastrará fuera del recipiente todo el limo, residuos vegetales, etc. que pudiera contener la arena.

Se considera terminada la operación cuando el agua sale del recipiente completamente clara.

Se procede entonces a secar perfectamente la arena, previa decantación del agua.

La diferencia entre el peso de la arena después de seca y el peso primitivo (un kilogramo) expresado en tanto por ciento será el resultado de este ensayo.

70. **Densidad aparente.** — Se determina la densidad aparente pesando el volumen de arena seca contenido en una medida cilíndrica de un litro de capacidad y diez centímetros de altura que se llena en la siguiente forma:

Se coloca el embudo normal francés, modificado con la agregación de un obturador en el orificio inferior y con la supresión del tamiz, a una altura de tres centímetros sobre el plano superior de la medida.

Se cierra entonces el obturador y se echa dentro del embudo un volumen de arena de litro y medio más o menos.

Se abre en seguida el obturador para que salga la arena que irá cayendo dentro de la medida. Cuando el vértice del cono que se forma en ésta, llegue al orificio del embudo impidiendo la salida de la arena se cierra el obturador y se retira el embudo. Se quita entonces el exceso de arena haciendo deslizar sobre los bordes de la medida una lámina metálica bien recta y vertical. Durante toda la operación la medida no debe experimentar ninguna trepidación o choque.

Se adopta como peso del litro la media de los resultados obtenidos en cuatro operaciones sucesivas.

71. **Volumen de huecos.** — En una probeta graduada de dos litros de capacidad, se echa un litro de agua e inmediatamente después, utilizando un embudo cuyo orificio inferior mide dos centímetros de diámetro, un volumen de un litro de la arena que deba ensayarse.

Se lee entonces en la graduacion el nivel alcanzado por el agua; la diferencia entre este nivel y el primitivo del agua corresponde al volumen total de los granos de arena.

Por consiguiente la diferencia entre un litro o sea *mil* centímetros cúbicos y el número de centímetros cúbicos de agua desalojados por los granos de arena indicará el volumen de huecos correspondientes a un litro de arena.

ENSAYOS MECÁNICOS

72. **Ensayos de resistencia.** — Estos ensayos se ejecutan sobre ladrillejos de mortero normal plástico (7) que se confeccionan por una parte con cemento o con cal y con la arena que deba ensayarse y por otra con el misma cemento o cal y la arena normal compuesta.

Se indican los resultados de estos ensayos anotando las condiciones en que hayan sido efectuadas las experiencias.

ENSAYOS QUÍMICOS

73. **Composición química.** — El análisis de las arenas de uso corriente en las construcciones comprende, según los casos las siguientes determinaciones:

1. Arcilla.
2. Humedad.
3. Sílice total.
4. Óxidos de aluminio y hierro.
5. Oxido de calcio.
6. Oxido de magnesio.
7. Alcalis.
8. Anhídrido carbónico.
9. Materia orgánica.
10. Cloruros.

74. **Arcilla.** — Se toma previa desecación 5 o 10 gramos de la arena a ensayar y se le agrega 100 a 150 cm.^{3} de agua destilada. Se agita y decanta el agua con la arcilla en suspensión, repitiendo la operación hasta que el agua decantada salga perfectamente limpia. La arena después de sometida a este tratamiento es desecada en la estufa y pesada. La diferencia entre este peso y el primitivo corresponderá al peso de la arcilla.

En caso de que la arena contenga materias orgánicas tales como raicillas y otros detritos que se eliminarían también por decantación, dando motivo a que se incurriera en errores al indicar la proporción de arcilla, es preciso operar sobre la arena previamente calcinada siempre que se trate, como es el caso más frecuente, de arenas cuarzosas.

75. **Humedad.** — Se procede como en el caso de las puzolanas (59).

76. **Silice total.** — Se sigue el mismo procedimiento indicado para las puzolanas (56).

77. **Oxidos de hierro, aluminio, calcio y magnesio.** — Estas determinaciones se hacen en la misma forma descrita al tratar del análisis de los cementos (19, 20, 21 y 22).

78. **Alcalis.** — Se determina como en el caso de los cementos (24).

79. **Anhídrido carbónico.** — Las arenas calizas contienen este componente. Si la arena no contiene materia orgánica se determina la pérdida al rojo en la forma indicada en el N.º (17) y restándole la humedad (75) se obtiene por diferencia el anhídrido carbónico.

Cuando existan detritos orgánicos se procede en la forma que se indica en seguida.

80. **Materia orgánica.** — La determinación de ésta se obtiene por diferencia entre la pérdida al rojo y la suma humedad más anhídrido carbónico siguiendo el procedimiento indicado para los cementos (24).

81. **Cloruros.** — Una toma de ensayo de 5 a 10 gramos se hierve con 100 a 150 cm^3. de agua destilada durante quince minutos; se filtra y lava después el filtro con agua caliente hasta reacción negativa de los cloruros; en el filtrado se determinan luego los cloruros por el método de Mohr en presencia del cromato potásico o por el método indirecto de Charpertier Volhard, empleando como indicador el alumbre de hierro. Si la arena contiene una fuerte proporción de cloruros, se lleva el filtrado a un volumen conocido, efectuándose la determinación sobre una parte alícuota.

Ambos métodos, además de los cloruros de distintas bases acusan también otras sales halogenas como bromuros y yoduros que suelen hallarse en muy pequeña cantidad. El resultado se expresa en la siguiente forma: "Cloruros en Na Cl".

G) Hidrófugos

ENSAYOS FÍSICOS

82. **Permeabilidad bajo presión.** — Se preparan en los moldes correspondientes seis ladrillejos de sección circular de siete centímetros de diámetro y de dos centímetros de altura, con un mortero plástico formado por cemento portland o cal grasa, arena normal compuesta, hidrófugo y agua mezcladas en las proporciones y forma que se indique en las instrucciones relativas al empleo de cada hidrófugo.

Los ladrillejos se conservan en una atmósfera saturada de humedad y deben ser retirados de los moldes a las veinticuatro horas de preparados.

Los ensayos se efectúan a los 28 días, 84 días, 6 meses, 1 año, 2 años . . . . . en el aparato para ensayos de permeabilidad.

Se puede determinar: 1.º La altura máxima de la columna de agua que pueden soportar los ladrillejos sin permitir el pasaje del líquido al través de su masa. 2.º La cantidad de agua que atraviesa cada ladrillejo durante una hora de tiempo y bajo una presión previamente establecida.

En el primer caso se inicia el ensayo con una presión de cincuenta centímetros de agua que se mantiene constante durante treinta minutos; se aumenta luego la presión en cincuenta centímetros durante otros treinta minutos y así sucesivamente hasta que se observa el pasaje de la primer gota de agua.

Como resultado definitivo se adopta el promedio entre

los cuatro ejemplares que se hayan comportado en forma más semejante.

En el segundo caso se recoge en una probeta graduada, una vez que se haya regularizado el régimen, toda el agua que haya pasado al través de cada ladrillejo durante la hora de ensayo y se toma, también en este caso, como resultado definitivo el promedio entre los cuatro resultados más semejantes.

83. **Absorción por capilaridad.** — Se fabrican tres ladrillejos de base rectangular de 6 cm. por 2 cm. y de 10 cm. de altura, con mortero plástico formado por cemento portland o cal grasa, arena normal compuesta, hidrófugo y agua, mezclados en las proporciones y forma que indiquen las instrucciones relativas al uso de cada hidrófugo.

Los ladrillejos se conservan en una atmósfera saturada de humedad, debiendo retirarse de los moldes a las veinticuatro horas de preparados.

Los ensayos se efectúan a los 28 días, 84 días, 6 meses, 1 año, 2 años. . .

Para ejecutar el ensayo se pesan los prismas y luego se colocan en posición vertical, al abrigo de toda corriente de aire, en un ambiente cuya temperatura estará comprendida entre 18ºC y 20ºC. y de manera que tengan su base en contacto con la superficie de una masa de agua cuyo nivel se mantiene constante durante toda la experiencia.

Los resultados del ensayo están dados por el aumento de peso, apreciado a intervalos sucesivos de una hora, experimentado por cada ladrillejo.

La operación se considera terminada al cabo de cinco horas o antes si se obtuviese el mismo resultado en dos pesadas consecutivas.

Se adopta como resultado definitivo el promedio entre los tres resultados parciales.

84. **Absorción por inmersión.** — Los mismos ejemplares utilizados para el ensayo anterior, una vez terminado éste, se sumergen totalmente en el agua contenida en un recipiente cuyo volumen debe ser superior al cuadruple del correspondiente a los ladrillejos.

Se cierra entonces herméticamente el recipiente y se hace actuar sobre el agua una presión de dos o tres atmósferas durante unos treinta minutos. Al cabo de este tiempo se retiran los ejemplares del recipiente y se pesan.

La diferencia entre esta última pesada y el peso primitivo de los ladrillejos, es decir antes de efectuado el ensayo de absorción por capilaridad (83) expresa el resultado de este ensayo.

Como resultado definitivo se toma el promedio de los resultados correspondientes a los tres ladrillejos.

ENSAYOS MECÁNICOS

85. **Resistencia a la tracción, compresión y flexión.** — Se opera, como en el caso de las arenas (72) preparando por una parte ladrillejos de mortero adicionado de hidrófugo y por otra del mismo mortero pero sin hidrófugo.

Se indican los resultados de estos ensayos anotando las condiciones en que se hayan efectuado las experiencias.

ENSAYOS QUÍMICOS

86. **Composición química.** — El análisis de los hidrófugos fabricados a base de jabones de calcio, que son los generalmente usados, comprende las siguientes determinaciones:

1. Materia orgánica.
2. Agua combinada y anhídrido carbónico.
3. Sílice y silicatos insolubles.
4. Oxidos de hierro y aluminio.
5. Oxido de calcio.
6. Oxido de magnesio.
7. Alcalis y no dosados.

87. **Materia orgánica.** — Se halla constituída por cuerpos grasos completamente formados, por ácidos grasos libres o combinados con la cal. El dosaje puede hacerse por extracción simple aunque es preferible determinarlo por medio del aparato Soxlhet, utilizando un disolvente apropiado, como el cloroformo, el sulfuro de carbono etc.

88. **Agua combinada y anhídrido carbónico.** — Para efectuar estas determinaciones se verifica la pérdida al rojo sobre una toma de ensayo de dos gramos del producto privado de la materia grasa.

89. **Sílice y silicatos insolubles.** — El residuo de la pérdida al rojo obtenido en la operación anterior, se trata en el mismo crisol, después de frío, o mejor, trasladándose a una cápsula de porcelana, si ello fuera posible, por 15 o 20 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico al 1/3. Se calienta ligeramente a fin de facilitar el ataque de toda la parte soluble y se filtra después. Se calcina el filtro con este último residuo en cápsula de porcelana o platino y se pesa, obteniéndose así el peso total de sílice y silicatos insolubles.

90. **Oxidos de hierro, aluminio, calcio y magnesio.** — Se procede para estas determinaciones, en la misma forma indicada para el análisis del cemento portland, (19, 20, 21 y 22) operando sobre la parte soluble en ácido clorhídrico al 1/3 obtenida al determinar la sílice y los silicatos insolubles (89).

91. **Alcalis.** — Como esta determinación no ofrece mayor interés se prescinde de efectuarla directamente cuando la suma de las determinaciones anteriores se aproxima sensiblemente a 100. Si no ocurre esto, se completa el análisis determinando la proporción de alcalis en la forma indicada para el ensayo correspondiente (24) del cemento portland.