

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS  
Patronato "Juan de la Cierva" de Investigación Técnica

U L T I M O S   A V A N C E S  
en materiales de Construcción.  
Boletín de circulación limitada

Nº 23-Anexo

"Pliego general de condiciones para la recepción de  
aglomerante hidráulicos  
en las obras de carácter oficial"

- INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

## I N D I C E

=====

	Págs.
Cementos Portland .....	1
Cementos aluminosos .....	3
Supercementos .....	5
Cemento Portland Siderúrgico .....	7
Cemento Portland de Alto Horno .....	7
Cementos puzolánicos .....	9
Cementos Zumaya .....	10
Disposiciones Generales .....	13
Toma de muestras .....	14
Pruebas .....	14
<b>Análisis químico:</b>	
Determinación de humedad en Portland .....	15
Pérdida al fuego                   "       " .....	15
Residuo insoluble .....	16
Anhídrido sulfúrico               "       " .....	17
Oxido férrico .                   "       " .....	17
Anhídrido silícico y materia insoluble               "       " .....	18
Oxidos aluminico y férrico"       " .....	21
Oxido cálcico                   "       " .....	22
Oxido magnésico                 "       " .....	23
Oxidos sódico y potásico       "       " .....	24
Azufre total                     "       " .....	24
Azufre al estado de sulfuros en los cementos Side- rúrgicos y de Alto Horno .....	25
Manganeso en cementos Siderúrgicos y de Alto Horno	26
Separación de manganeso                   "       "       "       " .....	27
Finura de molido .....	28
Densidad real .....	29

	Pág.
Fraguado .....	29
Estabilidad de volumen .....	31
Resistencias por tracción .....	32
Ensayos de puzolanas .....	33

---oO---

PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES PARA LA RECEPCION DE LOS  
AGLOMERAN<sup>OS</sup> HIDRAULICOS EN OBRAS DE CARACTER OFICIAL,

Cemento Portland.- Cementos de gran resistencia: Aluminosos.- Supercementos.- Cemento Portland siderúrgico.- Cemento Portland de alto horno.- Cementos puzolánicos.- Cementos Zumaya.- Disposiciones generales: Toma de muestras: pruebas.- Instrucciones.- Análisis químico: Cemento Portland.- Cemento Portland siderúrgico y de alto horno. Ensayos físicos.- Ensayos de puzolanas.

---

CAPITULO I

Cemento Portland

Artículo 1º.- Definición.- Se aplica la denominación de cemento Portland al producto reducido a polvo fino, que se obtiene con la calcinación, hasta un principio de fusión, de mezclas muy íntimas, artificialmente hechas y convenientemente dosificadas, de materias calizas y arcillosas sin más adición que la de yeso, que no podrá exceder de tres por ciento (3 por 100)

Artículo 2º.- Composición química. El peso de la materia insoluble en ácido clorhídrico diluido será inferior al uno y medio por ciento (1,5 por 100).

No se considerará como insoluble la sílice gelatinosa que pudiera producirse.

El cociente de dividir el tanto por ciento en peso de la cal por la suma de los tantos por ciento de sílice alúmina y óxido férrico, ha de quedar comprendido entre uno con ocho

décimas (1,8) y dos con tres décimas (2,3).

El cociente de dividir el tanto por ciento en peso de la sílice, por el tanto por ciento en peso de la alúmina, no ha de resultar inferior a dos y medio (2,5). Las cantidades en peso de magnesio y anhídrido sulfúrico, no excederán del cinco por ciento (5 por 100) y dos y medio por ciento (2,5 por 100) respectivamente, ni la suma de ambas cantidades del seis y medio por ciento (6,5 por 100).

El azufre total no excederá del uno y veinticinco centésimas por ciento (1,25 por 100).

La cantidad de agua del cemento no excederá del dos por ciento (2 por 100) en peso, ni la pérdida de peso por calcinación será mayor del cuatro por ciento (4 por 100),

La toma de muestras y su envío al Laboratorio oficial se verificará dentro de un plazo de quince días de la fecha de entrega.

Artículo 3º.- Finura del molido. Los residuos máximos en peso del cernido del cemento serán los siguientes:

Sobre el tamiz de novecientas mallas (900) por centímetro cuadrado, uno por ciento (1 por ciento).

Sobre el tamiz de cuatro mil novecientas mallas (4.900) por centímetro cuadrado, dieciseis por ciento (16 por 100).

Artículo 4º.- Densidad real. La densidad real del cemento desecado será igual o superior a tres y cinco centésimas (3,05).

Artículo 5º.- Fraguado. El fraguado de la pasta normal de cemento conservado en agua dulce no empezará antes de cuarenta y cinco minutos (45), contados desde que se principió a amasar y terminará antes de las doce horas (12), a partir del mismo

momento.

Artículo 6º.- Estabilidad de volumen. La pasta normal de cemento tendrá un volumen constante, propiedad que se comprobará con el examen de galletas conservadas en el aire, en el agua dulce y sometidas a la acción del agua hirviendo.

Artículo 7º.- Resistencias. Resistencias por tracción.- Las resistencias mínimas de las probetas en forma de ocho, hechas con mortero compuesto de seiscientos gramos (600) de cemento por cada litro de arena del Manzanares, serán las siguientes:

A los (7) días, uno (1) en aire húmedo y seis (6) en agua dulce, diecinueve (19) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho (28) días, uno (1) en aire húmedo y veintisiete (27) en agua dulce, veintitrés kilogramos y medio (23,5) por centímetro cuadrado.

Resistencia por compresión.- Las resistencias mínimas de las probetas de forma cúbica hechas con mortero compuesto en la misma forma que se ha indicado para la resistencia a la tracción, serán las siguientes:

A los siete (7) días, uno (1) en aire húmedo y seis (6) en agua dulce, ciento noventa (190) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho (28) días, uno (1) en aire húmedo y veintisiete (27) en agua dulce, doscientos ochenta (280) kilogramos por centímetro cuadrado.

## CAPITULO II

### Cementos de gran resistencia.

#### Cementos aluminosos

Se llama cemento aluminoso al que se obtiene calentando hasta la clinkerización o la fusión, una mezcla íntima de los que son elementos esenciales la bauxita y el carbonato de calcio.

siempre que en el producto resultante la cantidad de aluminato sea superior al treinta (30) por ciento y la de óxido de hierro no exceda del veinte (20) por ciento.

Artículo 8º.- Finura de molido.-Dejará un residuo de cinco décimas (0,50) por ciento en el tamiz de novecientas (900) mallas y menos del seis (6) por ciento en el cuatro mil novecientas (4.900) mallas.

Artículo 9º.- Peso específico real.- Será superior a tres con cinco centésimas (3,05).

Artículo 10º.- Fraguado. No empezará antes de los treinta (30) minutos, ni terminará después de las (7) horas de amasado.

Artículo 11º.- Estabilidad de volumen.- Las galletas fabricadas con pasta pura, con la dosificación de agua suficiente determinada para ensayos previos, no acusarán grietas superficiales después del fraguado.

Artículo 12º.- Resistencias.- Con probetas fabricadas con mortero de uno por tres (1:3) "en peso", la resistencia por compresión llegará a cuatrocientos (400) kilogramos por centímetro cuadrado a las cuarenta y ocho (48) horas y a quinientos (500) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días.

En hormigones compuestos de gravilla comprendida entre uno (1) y dos (2) centímetros y arena silíceas, de grano comprendido entre uno (1) y uno y medio (1,5) milímetros, dosificando a razón de ochocientos cuarenta (840) litros de gravilla, cuatrocientos (400) litros de arena, trescientos (300) kilogramos de cemento y ciento treinta (130) litros de agua, formando probetas cúbicas de veinte (20) centímetros de aris-

ta, comprimidas con treinta (30) golpes de maza de cinco (5) - kilogramos de peso, cayendo de veinte (20) centímetros de altura, la resistencia a la compresión deberá exceder a las siguientes cifras:

A las veinticuatro (24) horas, doscientos veinte (220) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho (28) días, doscientas treinta (230) kilogramos por centímetro cuadrado.

### CAPITULO III.

#### Supercementos.

Se llama supercemento al cemento de gran resistencia inicial, que contiene los elementos esenciales del cemento - Portland, en proporciones que pueden variar de aquellos, siempre que las sustancias nocivas (azufre, magnesia y anhídrido sulfúrico) no excedan de los límites admitidos para el Portland, y que las adiciones, si las tuvieran, no excedan del seis (6) por ciento.

Artículo 13º.- Finura de Molido.- Dejará un residuo máximo de cinco décimas (0,5) por ciento en el tamiz de novecientas (900) mallas y un seis (6) por ciento en el de cuatro mil novecientas (4.900) mallas.

Artículo 14º.- Peso específico real.- Será superior a tres con cinco centésimas (3,05).

Artículo 15º.- Fraguado.- No deberá empezar antes de los treinta (30) minutos de amasado, ni terminará después de las diez (10) horas.

Artículo 16º.- Estabilidad de volumen. La pasta normal de cemento tendrá volumen constante, propiedad que se comprobará por las galletas fabricadas al aire y sometidas a la acción del agua hirviendo.

Artículo 17º.- Resistencias. La resistencia a la tracción sobre morteros 1:3 con arena silícea de 1 mm. a 1,5 mm. alcanzará las siguientes cifras:

A los tres días, veinticinco (25) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los siete días, treinta (30) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho días, treinta y ocho (38) kilogramos por centímetro cuadrado.

A la compresión, las resistencias serán:

A los tres días, doscientos cincuenta (250) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los siete días, trescientos cincuenta (350) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho días, cuatrocientos cincuenta (450) kilogramos por centímetro cuadrado.

En hormigones, sobre cubos de veinte (20) centímetros de arista, dosificados con cuatrocientos (400) litros de arena silícea de 1 a 1,5 mm., ochocientos cuarenta (840) litros de gravilla redondeada de 1 a 2 cm., ciento treinta (130) litros de agua y trescientos (300) kilogramos de cemento, después de comprimir la masa por medio de una maza de cinco (5) kilogramos cayendo de veinte (20) centímetros de altura sobre una chapa que tape la probeta, dando veinte (20) golpes, la resistencia deberá alcanzar los siguientes valores:

A los dos días, ciento ochenta (180) kilogramos por

centímetro cuadrado.

A los siete días, doscientos treinta (230) kilogramos por centímetro cuadrado.

#### CAPITULO IV.

##### A) Cemento Portland Siderúrgico.

El cemento Portland siderúrgico es un producto hidráulico obtenido por la molienda de escoria granulada de altos hornos, y clinker de cemento Portland, en proporción de treinta (30) por ciento, como máximo de escoria granulada y setenta (70) por ciento, como mínimo de clinker, siendo ambos productos molidos simultáneamente para conseguir una mezcla íntima.

El contenido en anhídrido sulfúrico ( $SO_3$ ) no puede ser superior al tres (3) por ciento en peso y el de azufre en forma de sulfuros será menos de uno (1) por ciento.

La pérdida al fuego no será superior al cinco (5) por ciento en peso.

Las materias extrañas, salvo el azufre y el agua, no serán superiores al uno (1) por ciento en peso.

##### B) Cemento Portland de Alto Horno.

El cemento Portland de Alto Horno es un producto hidráulico, obtenido por la molienda de escorias granaladas de alto horno, de treinta y uno (31) a ochenta y cinco (85) por ciento en peso y clinker de cemento Portland de quince (15) a sesenta y nueve (69) por ciento en peso, siendo ambos productos molidos simultáneamente para conseguir una mezcla íntima.

El contenido en anhídrido sulfúrico ( $SO_3$ ) no puede ser superior al cuatro (4) por ciento en peso y el de azufre en forma de sulfuros será menor de uno con cuatro décimas (1,4) por ciento.

La pérdida al fuego no será superior al cinco (5) por ciento.

El cemento Portland de alto horno debe contener, como máximo, cincuenta y cinco (55) por ciento de cal ( $CaO$ ).

Las materias extrañas, salvo el azufre y el agua, no excederán del uno (1) por ciento en peso.

Artículo 18.- Finura de molido. Los residuos máximos en peso del cernido de los cementos Portland siderúrgico y Portland de alto horno, serán los siguientes:

Sobre el tamiz de novecientas (900) mallas por centímetro cuadrado, uno por ciento (1 por 100).

Sobre el tamiz de cuatro mil novecientas (4.900) mallas por centímetro cuadrado, diez y seis por ciento (16 por 100).

Artículo 19.- Peso específico real. El peso específico real de los cementos Portland siderúrgico y Portland de alto horno será igual o mayor de dos enteros noventa y cinco centésimas (2,95).

Artículo 20.- Fraguado. El fraguado de la pasta normal de los cementos Portland siderúrgico y Portland de alto horno conservada en agua dulce no empezará antes de cuarenta y cinco (45) minutos, contados desde que se principió a amasar, y terminará antes de las doce (12) horas, a partir del mismo momento.

Artículo 21.- Estabilidad de volumen. La pasta normal de los cementos Portland siderúrgico y Portland de alto horno, tendrá un volumen constante, propiedad que se comprobará con el examen de galletas conservadas en el aire, en el agua dulce y sometidas a la acción del agua hirviendo.

Artículo 22.- Resistencias. Los cementos Portland siderúrgico y Portland de alto horno, cumplirán con las resistencias exigidas para los cementos Portland.

## CAPITULO V.

### Cementos puzolánicos.

Artículo 23.- Definición. Se llama cemento puzolánico al que se forma al añadir al Portland una puzolana.

El Portland ha de tener las cualidades que para él se determinan en este pliego.

La puzolana tendrá las que se señalen más adelante.

Artículo 24.- Puzolana. Se considera como puzolana, para los efectos de este pliego, a todo producto natural o artificial, que, mezclado con la cal grasa, forma compuestos hidráulicos.

Artículo 25. Molido. El cemento puzolánico tendrá el mismo grado de finura que el Portland.

Artículo 26.- Estabilidad de volumen. La estabilidad de volumen se ajustará a las prescripciones fijadas en este pliego para el Portland.

Artículo 27.- Resistencia. Se basarán de las del Portland rebajadas en un veinte (20) por ciento.

Artículo 28.- Inalterabilidad. Se medirá la cantidad de cal libre que existe en el cemento, la cual deberá disminuir progresivamente de tal modo que al cabo de un mes quede menos - de un treinta (30) por ciento.

## CAPITULO VI.

### Cementos Zumaya.

Artículo 29.- Definición. Se llama cemento de Zumaya, o simplemente Zumaya, al cemento natural de fraguado rápido obtenido por la calcinación de margas, sin adición de materiales en crudo ni en frío, y que son análogos a los fabricados en la región cementera de Zumaya.

Este cemento, que tomamos como tipo, se describe así:

Se obtiene por la calcinación de margas, cuya composición es la siguiente:

Sílice, de diecisiete con cinco décimas (17,5) a veintitrés (23) por ciento,

Oxido férrico, de uno con cinco décimas (1,5) a tres (3) por ciento.

Alúmina, de seis con cinco décimas (6,5) a once (11) por ciento.

Cal, de treinta y tres con cinco décimas (33,5) a treinta y siete (37) por ciento.

Magnesia, de cero a uno con cinco décimas (1,5) por ciento.

Estas margas se calcinan con lignitos incorporados - al material de origen en una proporción de trescientos (300) a trescientos cincuenta (350) kilogramos por tonelada de cemento producido, siendo la composición del combustible la siguiente:

Análisis inmediato:

Humedad, de dos con tres décimas (2,3) a cinco con cinco (5,5) décimas por ciento.

Volátiles, de seis (6) a trece (13) por ciento.

Cenizas, de sesenta y seis (66) a setenta y uno (71) por ciento.

Carbono fijo, de quince (15) a veintiuno (21) por ciento.

Potencia calorífica, de mil cuatrocientas (1400) a mil seiscientas cincuenta (1650) calorías.

#### Análisis elemental:

Carbón fijo, de quince (15) a veintiuno (21) por ciento.

Hidrógeno, de uno (1) a uno y medio (1,5) por ciento.

Nitrógeno, de cero (0) a tres con ocho décimas (3,8) por ciento.

Oxígeno, de cuatro con cinco décimas (4,5) a seis (6) por ciento.

El lignito como combustible incorpora al cemento sus cenizas puzolánicas de la siguiente composición

Sílice, cuarenta y cinco (45) a cincuenta y ocho (58) por ciento.

Alúmina, veinte (20) a treinta (30) por ciento.

Oxido férrico, nueve (9) a trece (13) por ciento.

Cal, cinco (5) a ocho (8) por ciento.

Magnesia, cero (0) a uno con ocho décimas (1,8) por ciento.

Alcalis, de cero (0) a dos (2) por ciento.

Anhídrido sulfúrico, de cero (0) a cinco (5) por ciento.

Artículo 30.- Análisis químico. El cemento de Zumaya no contendrá más del tres con cinco décimas (3,5) por ciento de anhídrido sulfúrico, ni una cantidad de magnesia superior a uno con cinco décimas (1,5) por ciento y la pérdida al fuego no excederá de diez (10) por ciento.

Artículo 31.- Fraguado y variación de volumen.- El fraguado de Zumaya empezará de tres (3) a quince (15) minutos y terminará de cinco (5) a veinticinco (25) minutos. Este cemento se someterá a las mismas pruebas en frío que el Portland, para medir la variación de volumen, y no ha de acusar variación en un plazo de siete (7) días.

Artículo 32.- Molido. En el cedazo de trescientas veinticuatro mallas (324) dejará un residuo menor de cuatro (4) por ciento.

En el de novecientas (900) mallas el residuo será menos del diecisiete (17) por ciento.

En el de cuatro mil novecientas mallas (4900) el residuo no excederá del treinta y cuatro (34) por ciento.

Artículo 33.- Resistencias. Las probetas, tanto para la tracción, como para la compresión, serán de las dimensiones corrientes utilizadas en el Portland, pero sólo con pasta normal.

La cantidad de agua del amasado será la que dé las mayores resistencias en experimentos realizados con este objeto.

Las probetas estarán el primer día en el aire y después se sumergirán en agua dulce, sujetándose a las mismas condiciones de temperatura, presión y humedad que para el Portland.

Solo se harán pruebas a los siete (7) y a los veintiocho (28) días.

Resistencias mínimas a la tracción en el aire (pasta pura).

A los siete (7) días, ocho (8) kilogramos.

A los veintiocho días (28) diez (10) kilogramos.

Resistencias mínimas a la compresión en el agua (pasta pura)

A los siete (7) días, seis (6) kilogramos.

A los veintiocho días (28) ocho kilogramos.

Resistencias mínimas a la compresión en el aire (pasta pura)

A los siete (7) días, treinta y cinco (35) kilogramos.

A los veintiocho (28) días, cuarenta (40) kilogramos.

Resistencias mínimas a la compresión en el agua (pasta pura)

A los siete (7) días, treinta (30) kilogramos.

A los veintiocho (28) días, treinta y cinco (35) kilogramos.

DISPOSICIONES GENERALES.

Las condiciones de este pliego serían siempre preceptivas en las obras de carácter oficial, mientras no sean modificadas de un modo explícito y terminante por el pliego de condiciones particulares, que en este caso habrá de ser aprobado con los requisitos siguientes:

1º.- Que en la Memoria del proyecto se haya justificado debidamente la necesidad de la excepción que se proponga.

2º.- Que sobre ella haya informado el Consejo de Obras Públicas.

Todos los ensayos necesarios para comprobar si un cemento determinado satisface o no las condiciones consignadas en este pliego, se realizarán con estricta sujeción a las instrucciones que se expresan al final del mismo.

Los ensayos que se indican en los artículos 3º, 5º y 6º y los de siete días del artículo 7 se harán en obra, y su

resultado será suficiente para rechazar el cemento y también para recibirlo si la fábrica está sometida a la inspección oficial.

En estos casos de disconformidad entre receptor y suministrador, se practicarán los ensayos completos por el Laboratorio Central de la Escuela de Caminos.

#### Procedimientos para tomar las muestras.

Las muestras para hacer los ensayos se tomarán de varios barriles o sacos de los que constituyen la partida y se mezclarán todas muy íntimamente, para formar una sola muestra de calidad media, que será la que se ensaye. Además se recomienda un ensayo independiente de algunas de las muestras parciales.

Al tomar las muestras se procurará no tomar el material en contacto con las superficies de los envases.

El cemento debe enviarse en envases que el preserven de la humedad.

#### P r u e b a s .

Las pruebas perceptivas en obra terminarán antes de transcurrir los veinte días de haberse entregado el cemento y consistirán estas pruebas en ensayo de cernido, estabilidad de volumen, fraguado y resistencia a la tracción a los siete días. Las demás pruebas se efectuarán en el Laboratorio oficial, como para el Portland.

Los cementos blancos y los de colores crema, rosa etc. que se emplean por esta cualidad con fines decorativos, no se considerarán como cementos Portland y no podrán, por consiguiente, emplearse con este nombre en las obras a que -

se refiere el presente pliego.

## INTRUCCIONES.

### Análisis químico.

#### I. Cemento Portland.

##### 1. HUMEDAD.

Se deseca en la estufa, a 105-110° C; durante media hora un frasco de pesadas de forma baja, abierto, y su correspondiente tapón esmerilado; se enfría el desecador y se pesa. Se pesa después con ocho o diez gramos de cemento; la diferencia entre las dos pesadas dará la cantidad de cemento empleado. Se coloca el frasco abierto en la estufa y se mantiene a 105-110°C, durante ocho horas y se pesa. Se asegura la constancia de peso por nuevo calentamiento a 105-110°C durante media hora, seguido de nueva pesada; la pérdida de peso corresponde al peso de agua contenida en la muestra de cemento, a partir de la cual se calcula el tanto por ciento de humedad.

##### 2. PERDIDA AL FUEGO.

Póngase un gramo de cemento en un cristal de platino pesado, de unos veinte (20) centímetros cúbicos de capacidad. Caliéntese el crisol tapado, al rojo vivo (900-1000° C) durante quince (15) minutos, en la mufla eléctrica, o en su defecto, sobre un buen mechero de gas y colocando el crisol en el agujero de un cartón de amianto, por debajo del cual venga a quedar más de la mitad del crisol. Enfríese en el desecador, pésele y caliéntese nuevamente durante quince (15) minutos en las mismas condiciones, para asegurar la constancia -

de peso. La diferencia entre la última pesada y el peso del crisol con el cemento dá la pérdida al fuego correspondiente a la muestra empleada.

### 3. RESIDUO INSOLUBLE.

Se coloca un gramo de cemento en una cápsula de porcelana de unos doce (12) centímetros de diámetro, se añaden veinticinco (25) centímetros cúbicos de agua destilada fría y cinco (5) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico concentrado ( $d = 1,19$ ), poco a poco y removiendo con la varilla de vidrio. Se calienta a "baño maría", cubriéndola con un vidrio de reloj y removiendo el contenido con la varilla frecuentemente hasta la completa disolución del cemento. Se diluye a cincuenta (50) centímetros cúbicos con agua destilada y se deja en digestión sobre el "baño maría" durante quince (15) minutos. Fíltrese en caliente y lávese bien el residuo con agua caliente. Los filtrados obtenidos se guardarán para la determinación del anhídrido sulfúrico (4). El filtro, con el residuo, se pasa a un vaso de precipitados de ciento cincuenta (150) centímetros cúbicos, se añaden treinta (30) centímetros cúbicos de disolución de carbonato sódico al cinco (5) por ciento y se mantiene a temperatura próxima a la de ebullición durante quince (15) minutos. Se filtra y se lava el residuo cuatro veces (4) con agua caliente, se vierten luego sobre el filtro unas gotas de ácido clorhídrico diluido (1:9) y finalmente se sigue lavando con agua caliente hasta que el agua del lavado no acuse reacción sensible de cloruros. El filtro, con el residuo que contiene, se pasa a un crisol de porcelana pesado, se calienta a calor suave primero, se calcina después y se pesa. La diferencia de peso corresponde al residuo insoluble.

#### 4. ANHIDRIDO SULFURICO.

Se diluyen a doscientos cincuenta (250) centímetros cúbicos los filtrados ácidos procedentes de la determinación del residuo insoluble, se llevan a ebullición y se añaden gota a gota, con una pipeta, diez (10) centímetros cúbicos de solución hirviente de cloruro de bario al diez (10) por ciento y se continúa la ebullición unos minutos. Déjese luego el vaso en digestión sobre el "baño maría" tapado con vidrio de reloj por espacio de tres horas, filtrese el precipitado y lávese con agua caliente hasta la eliminación de los cloruros en las aguas de lavado. Se calcina en crisol previamente pesado, y se pesa después. La diferencia de peso corresponde al sulfato bórico que, multiplicado por tres mil cuatrocientas veintinueve (0,3429) diez milésimas, nos dará el peso de anhídrido sulfúrico en la muestra empleada.

#### 5. OXIDO FERRICO

Se pesa un gramo de cemento, se coloca en un vaso de doscientos cincuenta (250) centímetros cúbicos, se añaden cuarenta (40) centímetros cúbicos de agua fría y poco a poco quince (15) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico concentrado ( $d = 1,19$ ), en tanto se agita con una varilla de vidrio para favorecer el ataque. Se calienta al "baño maría" hasta completar dicho ataque, tomándolo con un vidrio de reloj. Se calienta a ebullición y, separado el mechero, se añade gota a gota y agitando solución de cloruro estannoso hasta completa decoloración de la solución; se añade aún una gota de exceso y se enfría la disolución a la temperatura ambiente. Se añaden de una sola vez diez (10) centímetros cúbicos de disolución saturada y fría de cloruro mercuríco, se agita la disolución con viveza y se añaden quince (15) centímetros cúbicos.

cos de la mezcla fosfórico-sulfúrica. Se agregan luego tres - gotas de solución de difonilamina y después de diluir hasta - ciento cincuenta centímetros cúbicos (150) con agua destilada fría, se valora con solución de dicromato potásico cinco centésimas (0,05) normal, de factor conocido. Se toma como punto final de la valoración aquél en que una gota produce una coloración azul violeta intenso, que permanece invariable con posterior adición de unas gotas de disolución de dicromate.

### Soluciones necesarias.

Solución de cloruro estannoso cristalizado: Se prepara disolviendo veinte (20) gramos de  $\text{Cl}_2\text{Sn}2\text{H}_2\text{O}$  en doscientos (200) centímetros cúbicos de una disolución de ácido clorhídrico diluido (1:3). Agréguese unos trozos de estaño granulado exento de hierro y hiérvase la solución hasta que quede clara. La solución preparada debe guardarse en una botella tapada conteniendo estaño metálico.

Solución fosfórico-sulfúrica. Viértase lentamente y - agitando sobre cuatrocientos (400) centímetros cúbicos de agua destilada, doscientos ochenta (280) centímetros cúbicos de ácido fosfórico de densidad uno con cuarenta centésimas (1,40) y ciento cincuenta (150) centímetros cúbicos de ácido sulfúrico concentrado ( $d = 1,84$ ) y dilúyase luego con agua hasta un litro.

Solución sulfúrica de difenilamina (indicador). Se disuelve un gramo de difenilamina en cien (100) centímetros cúbicos de ácido sulfúrico concentrado.

## 6. ANHIDRIDO SILICATO Y MATERIA INSOLUBLE.

a) Póngase cinco décimas (0,5) de gramo de cemento en

una cápsula de porcelana de unos doce (12) centímetros de diámetro, añádase diez (10) centímetros cúbicos de agua destilada fría, y mientras se agita con la varilla de vidrio y se aplastan con ella los pequeños terrones que pudieran haberse formado, se agregan lentamente diez (10) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico concentrado ( $d = 1,19$ ) y se deja en digestión, tapado con un vidrio de reloj, sobre el "baño maría" hasta completar el ataque. Sepárese el vidrio de reloj y evapórese la solución a sequedad sobre el "baño maría", removiendo de vez en cuando con la varilla de vidrio. Sin prolongar el calentamiento trátase el residuo con veinte (20) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico diluido (1:1). Digiérase sobre el "baño maría" durante diez (10) minutos, cubriendo nuevamente la cápsula con el vidrio de reloj. Dilúyase la solución con veinte (20) centímetros cúbicos de agua destilada caliente, fíltrese en caliente y lávese el anhídrido silícico un par de veces con ácido clorhídrico diluido (1:99) y, finalmente con agua hirviendo hasta que las aguas del lavado no se enturbien por adición de unas gotas de disolución de nitrato de plata. El filtrado y las aguas de lavado se evaporan nuevamente a sequedad y se coloca la cápsula en la estufa, manteniéndola una hora a 105-110° C. Se saca de la estufa, se trata el residuo con quince (15) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico diluido (1: 1) y cubierto nuevamente con el vidrio de reloj se deja en digestión diez (10) minutos. Dilúyase con quince (15) centímetros cúbicos de agua destilada caliente, fíltrese sobre otro filtro y lávese como se hizo con la porción mayor de la sílice separada anteriormente.

El filtrado y aguas de lavado se guardarán para las determinaciones ulteriores. Los dos filtros con la sílice que contienen se pasan a un crisol de platino, se secan y queman a baja temperatura hasta total combustión del carbón, y, finalmente, a 1100 - 1200° C, hasta constancia de peso. Se obtiene así el peso de sílice y residuo insoluble.

Restando del peso de sílice y residuo insoluble el peso de este último, obtenido según la determinación (3) resulta el peso de sílice soluble del cemento.

En las determinaciones en que se precise conocer exactamente la cantidad total de sílice, humedézcase el residuo en el crisol de platino con unas gotas de agua, viértanse unos diez (10) centímetros cúbicos de ácido fluorhídrico y unas dos o tres gotas de ácido sulfúrico concentrado y evapórese a sequedad en una vitrina con buen tiro, caliéntese el residuo cinco minutos a temperatura de 1100 - 1200° C, enfríese y pésese. La diferencia entre las dos últimas pesadas da el peso de anhídrido silícico total. El residuo se considerará formado por óxidos de hierro y aluminio.

b) Método rápido.- Mézclase cuidadosamente con ayuda de la varilla de vidrio cinco décimas (0,5) de gramo de la muestra y cinco décimas (0,5) de gramo de cloruro amónico, en un vaso de cincuenta (50) centímetros cúbicos, cúbrase el vaso con un vidrio de reloj y añádase poco a poco cinco (5) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico concentrado ( $d = 1,19$ ) dejándolo resbalar por el pico del vaso. Acabado el ataque, se separa el vidrio de reloj, se añaden una o dos gotas de ácido nítrico concentrado ( $d = 1,41$ ) se remueve la mezcla con la varilla de vidrio, se tapa nuevamente el vaso y se deja sobre el "baño maría" durante treinta (30) minutos. Durante este tiempo se desmenuzan los terrones que puedan haber quedado y se remueve la mezcla al objeto de facilitar el ataque completo del cemento. Pásese el contenido del vaso sobre un filtro, sin diluirlo y déjese escurrir la solución lo más completamente posible.

Con ayuda del extremo de la varilla, protegido con un trozo de goma, límpiase el vaso y lávense vaso y varilla. Lávese el filtro con dos o tres pequeñas porciones de ácido

clorhídrico diluido caliente (1: 99) y después con diez (10) o doce (12) de agua caliente, dejando escurrir siempre una porción antes de añadir la siguiente. Guárdese lo filtrado para la determinación conjunta de los óxidos de hierro y aluminio (7).

Pásese el papel del filtro y el residuo a un crisol de platino pesado, séquese, calcínese gradualmente hasta llegar a los 1050-1100°C, y manténgase esta temperatura durante una hora. Asegúrese la constancia de peso y réstese del tanto por ciento obtenido el tanto por ciento de residuo insoluble hallado según (3) y considérese la diferencia como  $\text{SiO}_2$ .

NOTA. En caso de disputa o controversia, deberán tener en cuenta los resultados obtenidos siguiendo el método indicado en el apartado a).

### 7. OXIDOS ALUMINICO Y FERRICO.

Al filtrado procedente de la determinación de la sílice, llevado a doscientos cincuenta (250) centímetros cúbicos, se añaden cinco (5) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico concentrado ( $d = 1,19$ ), unas gotas de rojo de metilo y se calienta a ebullición. Se añade amoniaco concentrado ( $d = 0,91$ ) gota a gota, hasta que el color de la disolución pase a amarillo marcado. Se calienta nuevamente a ebullición, se mantiene ésta un par de minutos y se deja reposar sobre el "baño maría". Se filtra y lava el precipitado cuatro veces con solución caliente de nitrato amónico al dos (2) por ciento. Se guarda el filtrado y se pasa el filtro con el precipitado al vaso donde se hizo la precipitación. Se disuelve aquél en quince (15) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico diluido (1: 3) y caliente, se desmenuza el filtro con la varilla de vidrio, se diluye a cien (100) centímetros cúbicos con agua destilada caliente y se precipitan los hidróxidos.

como la primera vez. Filtrese y lávese el precipitado sobre el filtro cuatro veces con solución caliente de nitrato amónico al dos (2) por ciento. El filtrado obtenido se mezcla con el anterior guardándolos para la determinación de la cal. El precipitado se pasa a un crisol previamente pesado, se calienta primero a baja temperatura hasta completa combustión del filtro y se calcina después a 1100° C hasta constancia de peso y en crisol abierto. El aumento de peso da la suma de óxidos de aluminio y de hierro. Para obtener el contenido de alumina en el cemento, se resta del tanto por ciento total de óxidos de aluminio y hierro, calculados a partir de este peso, el tanto por ciento de óxido férrico determinado según (5).

#### 8. OXIDO CALCICO.

Los filtrados procedentes de la determinación de los óxidos de hierro y aluminio se llevan a ebullición después de haberlos añadido unas gotas de amoniaco concentrado. Se añaden veinticinco (25) centímetros cúbicos de solución hirviente de oxalato amónico al cinco (5) por ciento y se continúa la ebullición unos minutos. Se deja en reposo sobre "baño maría" quince (15) o veinte (20) minutos, se filtra en caliente y se lava el precipitado sobre el filtro diez (10) veces con agua caliente. El filtrado se reserva para la determinación del óxido magnésico (9). Se separa el filtro del embudo y se adhiere, desplegado, a la pared interior del vaso donde se hizo la precipitación, de forma que puede arrastrarse fácilmente el precipitado con el chorro del frasco lavador que contiene agua caliente. Sin separar el filtro de la pared del vaso, se completa el volumen con agua hirviente hasta doscientos (200) centímetros cúbicos, se agregan diez (10) centímetros cúbicos de ácido sulfúrico (1: 1) y se calienta hasta iniciarse la ebullición. Se valora añadiendo solución de permanganato potásico 0,18 N hasta color rosado persistente, y una vez al-

canzado éste, se deja caer el filtro en la disolución, se desmenuza con la varilla y se sigue añadiendo solución de permanganato potásico 0,18 N hasta obtener nuevamente color rosado, persistente durante más de diez (10) segundos. Conocido el equivalente en cal de un (1) centímetro cúbico de la solución de permanganato empleada, se calcula el tanto por ciento de cal en el cemento.

### 9. OXIDO MAGNESICO.

Después de acidificar con unas gotas de ácido clorhídrico concentrado el filtrado procedente de la determinación del óxido cálcico, se concentra a doscientos cincuenta (250) centímetros cúbicos y se enfría a la temperatura ambiente, se agregan diez (10) centímetros cúbicos de disolución de fosfato diamónico al diez (10) por ciento y a continuación, en pequeñas porciones, treinta (30) centímetros cúbicos de hidróxido amónico. La solución se agita enérgicamente con la varilla de vidrio durante la adición de amoníaco y se continúa después agitando durante diez (10) minutos. Déjese la solución en reposo hasta el día siguiente, fíltrese y lávese el residuo unas diez veces con amoníaco diluido (1:20), pásense filtro y precipitado a un crisol pesado, caliéntese gradualmente hasta carbonización y combustión del filtro, calcínese luego a 1100° C y pésese el crisol con el pirofosfato magnésico formado. Multiplicando el peso de pirofosfato magnésico por tres mil seiscientas veintiuna diez milésimas (0,3621) se obtiene el peso de óxido magnésico contenido en la muestra de cemento analizada.

NOTA. En los cementos Portland, cuyo contenido en magnesia sea superior al límite establecido para estos cementos, convendrá ensayar el contenido en manganeso, según (13), y caso de ser éste notable, proceder a la separación cuantitativa -

del manganeso según (14), para evitar su posible precipitación conjunta con el magnesio.

#### 10. OXIDOS SODICO Y POTASICO.

Caso de ser necesaria la determinación de estos óxidos que, por lo general, quedarán incluidos en la parte no dosificada del cemento, se seguirá el método de Lawrence-Smith.

#### 11. AZUFRE TOTAL.

En general, no será necesario determinar el azufre total en el cemento Portland, pues dada la pequeña cantidad de sulfuros que ordinariamente contiene, podrá calcularse a partir del anhídrido sulfúrico existente.

Si al atacar el cemento con ácido clorhídrico se produce desprendimiento de ácido sulfhídrico, lo que se conoce por el olor o por ennegrecer el papel de acetato de plomo, puede procederse a la determinación del azufre total por el método que sigue:

Se trata un gramo de cemento, en un vaso de vidrio de forma alta, de ciento cincuenta (150) centímetros cúbicos, con una mezcla de cincuenta centímetros cúbicos de agua y veinte (20) centímetros cúbicos de agua de bromo saturada; se agita con la varilla de vidrio unos minutos y se deja en reposo durante la noche, tapado con un vidrio de reloj. Se añaden diez (10) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico concentrado ( $d = 1,19$ ) y se calienta a ebullición hasta completo ataque del cemento y expulsión del exceso de bromo, lo que puede reconocerse con el papel de yoduro potásico y almidón. Se filtra y se lava con agua caliente.

El filtrado, cuyo volumen debe ser de unos doscientos

cincuenta (250) centímetros cúbicos se lleva a ebullición, se añaden con una pipeta, gota a gota y agitando, veinte (20) centímetros cúbicos de solución hirviente de cloruro de bario al diez (10) por ciento y se continúa la ebullición unos minutos. Se deja en digestión sobre el "baño maría", tapado con el vidrio de reloj, durante tres horas, se filtra el precipitado y se lava con agua caliente hasta eliminación de los cloruros.

Se pasan el filtro y el precipitado a un crisol previamente pesado, se calcina y se pesa. El peso del sulfato bórico encontrado multiplicado por mil trescientos setenta y cuatro diez milésimas (0,1374) da el peso de azufre total en la muestra analizada, expresado en S. Restando del azufre total el azufre correspondiente a los sulfatos, se tendrá el azufre que existe en el cemento al estado de sulfuro.

## II. Cemento Portland Siderúrgico y cemento

### Portland de alto horno.

Además de las anteriores determinaciones, prescritas para los cementos Portland, en el cemento Portland siderúrgico y el cemento Portland de alto horno, se realizarán los ensayos (12) y (13) y, después de la determinación conjunta de los óxidos aluminico y férrico (7), se procederá a la separación del manganeso por el método indicado en (14).

### 12. AZUFRE AL ESTADO DE SULFURO.

Se emplearán en esta determinación un (1) gramo de cemento Portland siderúrgico, dos (2) gramos de cemento Portland de alto horno o cinco (5) gramos de los cementos con pequeño contenido de sulfuros. Para la determinación de azufre, se podrá utilizar el aparato Schulte-Franke, u otro análogo. La - -

muestra de cemento, pesado al centígramo, se mezcla en el matraz con cinco (0,5) décimas de gramo de cloruro estannoso lido. Se añaden unos cincuenta (50) centímetros cúbicos de agua destilada y para evitar que se aglomere el cemento, se agita cuidadosamente. Se conecta el tubo de salida del refrigerante con dos matraces Erlenmeyer de doscientos cincuenta (250) centímetros cúbicos dispuestos de forma que los gases burbujeen sucesivamente por los dos colectores. Se vierten en el embudo cincuenta (50) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico (1: 1) y se conecta a la boca del embudo el codo de vidrio para la entrada de una corriente de anhídrido carbónico. Se vierten en cada uno de los dos colectores cincuenta (50) centímetros cúbicos de una solución de veinticinco (25) gramos de acetato de cadmio en un litro de agua. Se deja caer el ácido en el matraz y se calienta éste gradualmente hasta llegar a la ebullición, mientras se hace burbujear por el líquido una corriente de anhídrido carbónico. Se desconectan los colectores y se vierte en el primero el contenido del segundo, en caso de que se haya formado también en este precipitado amarillo de sulfuro de cadmio. Se añaden después veinticinco (25) centímetros cúbicos de una solución de yodo preparada disolviendo siete gramos con novecientas veintiocho milésimas (7,928) de yodo resublimado y veinticinco (25) gramos de yoduro potásico en un litro de agua. Se añaden después veinticinco (25) centímetros cúbicos de ácido clorhídrico (1: 1) y se valora el exceso de yodo con solución de tiosulfato sódico 0,1 N en presencia de almidón, que se añadirá, como de ordinario, hacia el final de la valoración. Del volumen de solución de yodo gastado se calcula el contenido de azufre en forma de sulfuros. Un (1) centímetro cúbico de la solución de yodo antes indicado equivale a una milésima (0,001) de gramo de S.

### 13. MANGANESO.

Se pone en un matraz Erlenmeyer de trescientos (300)

centímetros cúbicos, un gramo de cemento seco. Se añaden diez (10) centímetros cúbicos de agua y se agita para evitar que se aglomere el cemento. Se añaden cuarenta (40) centímetros cúbicos de ácido nítrico diluido ( $d = 1,20$ ) y se calienta hasta disolución. Sin necesidad de filtrar la pequeña cantidad de materia insoluble existente se enfría la solución, se añaden cuarenta (40) centímetros cúbicos de solución de nitrato de plata 0,01 N y un (1) gramo de persulfato amónico sólido y se calienta lentamente hasta  $60^{\circ}\text{C}$ . Se mantiene aproximadamente esta temperatura durante diez (10) minutos, con lo cual el manganeso se transforma gradualmente en ácido permangánico. Deben evitarse temperaturas mucho mayores a la indicada para prevenir la posible descomposición del ácido permangánico formado.

Se enfría la solución a la temperatura ambiente, se añaden cincuenta (50) centímetros cúbicos de solución de cloruro de sodio 0,01 N para precipitar la plata y se valora la solución turbia con arsenito sódico hasta decoloración de la solución. La solución de arsenito se prepara disolviendo en caliente doscientas cincuenta y nueve milésimas (0,259) de gramo de  $\text{As}_2\text{O}_3$ , en agua que contenga en disolución un (1) gramo de carbonato sódico; la solución clara se diluye hasta un litro y se determina su factor.

En los cementos con cantidad grande de manganeso conviene pasar el líquido de ataque del cemento a un matraz aforado de doscientos cincuenta (250) centímetros cúbicos y tomar solo veinticinco (25) o cincuenta (50) centímetros cúbicos para la determinación.

#### 14. SEPARACION DEL MANGANESO.

Se adifican con unas gotas de ácido clorhídrico los filtrados procedentes de la separación de los hidróxidos de

hierro y aluminio y se concentran hasta un volumen de cien - (100) centímetros cúbicos. Se añaden cuarenta (40) centímetros cúbicos de agua de bromo saturada a la solución hirviente y se adiciona inmediatamente amoniaco hasta que la solución sea marcadamente alcalina (como agente de oxidación y en sustitución del agua de bromo, puede usarse también una corriente de gas cloro). Se hierve el líquido durante cinco minutos por lo menos, asegurándose de que se mantenga alcalino durante todo el tiempo de ebullición. Se deja sedimentar el precipitado formado, se filtra y se lava con agua caliente. El precipitado no se utiliza para la determinación cuantitativa del manganeso. El filtrado se acidula con ácido clorhídrico y se hierve para expulsar el bromo. Se alcaliniza la solución con amoniaco y se siguen, para las determinaciones de cal y magnesia, los métodos señalados para el cemento Portland (8) y (9).

### Ensayos Físicos.

#### FINURA DE MOLIDO

Para determinar la finura de molido de los cementos se emplean los tres cedazos siguientes:

1.- Con trescientos veinticuatro (324) mallas por centímetro cuadrado y formado con hilos de veinte (20) centésimas de milímetro, que corresponde, aproximadamente a la tela metálica del número 50.

2.- Con novecientos (900) mallas por centímetro cuadrado y formado con hilos de quince (15) centésimas de milímetro que corresponde a la tela metálica del número 80, aproximadamente.

3.- Con cuatro mil novecientas (4900) mallas por centímetro cuadrado y formado con hilos de cinco (5) centésimas de milímetro, que corresponde, aproximadamente, a la tela metálica del número 190.

Para hacer el ensayo se colocan cien (100) gramos de cemento desecado sobre el cedazo de trecientas veinticuatro (324) mallas, debajo del cual están los otros dos en el orden antes citado; se tapa el primero y se toma con la mano izquierda la caja que contiene los tres cedazos, procurando que su posición sea algo inclinada; se le da un movimiento de vaiven al mismo tiempo que se golpean los costados con la otra mano, a razón de doscientas (200) sacudidas por minuto; la operación se considera terminada cuando la diferencia entre dos pesadas consecutivas de los residuos correspondientes a cada cedazo es inferior a una décima (0,1) por ciento.

#### DENSIDAD REAL.

Como esta propiedad de la materia tiene un carácter absoluto, no hay razón alguna para preferir un procedimiento a otro, con tal que la primera cifra decimal del resultado sea exacta y la segunda se obtenga con un error menor de dos unidades.

En el Laboratorio Central se emplea el voluménmetro "Schumann", operando con cuarenta (40) gramos del producto que se ensaya y con bencina limpia.

#### F R A G U A D O .

La duración del fraguado de los cementos se refiere a la pasta normal de este producto, definida por su consistencia con arreglo a ciertas reglas y convenios previamente establecidos.

Para determinar la cantidad de agua correspondiente a la pasta normal se toma, un kilogramo de aglomerante, se le extiende sobre una mesa de marmol o pizarra, formando una corona, dentro de la cual se vierte de una vez toda el agua que

se juzga necesaria; se amasa durante cinco minutos y con parte de la pasta obtenida se llena un molde de forma troncocónica, con cuatro (4) centímetros de altura, y cuyas bases tienen (8) y nueve (9) centímetros de diámetro respectivamente; la inferior, que es la menor, se coloca sobre una placa de cristal perfectamente limpia; después de lleno el molde con un exceso de pasta, se enrasa la base superior del tronco de cono así formado con un cuhillo que se hace deslizar sobre los bordes de aquél.

Inmediatamente se hace penetrar en la probeta, normalmente a su base superior, con lentitud y con mucho cuidado, una sonda cilíndrica de un centímetro de diámetro y cargada con trescientos (300) gramos; la sonda ha de estar pulimentada, ha de terminar por una sección plana y normal a su eje y debe limpiarse con todo esmero antes de operar con ella.

Cuando el espesor de pasta que queda entre el extremo de la sonda y la base inferior de la probeta, en el momento de detenerse aquella, es de seis milímetros, la pasta tiene su consistencia normal; cuando es mayor o menor, se repite la operación aumentando o disminuyendo la cantidad de agua tantas veces cuantas sean necesarias para conseguir una pasta en la que penetre la sonda treinta y cuatro (34) milímetros.

El principio y fin del fraguado se determinan con la aguja de "Vicat" aparato constituido por una sonda cilíndrica de metal pulimentado, limpia, seca y terminada por una sección recta y lisa de un milímetro cuadrado de superficie (1,13 mm. de diámetro), cargada con un peso de trescientos (300) gramos.

El ensayo se hace con una probeta de pasta normal, preparada con el molde tronco-cónico antes descrito, sumergiendo ésta con aquélla en agua dulce tan pronto como se ha enrasado su base superior.

A intervalos iguales de tiempo, cuya duración depende de la clase de producto, que se ensaya, se saca del agua el -

molde con la probeta que contiene, se colocan debajo de la -  
aguja "Vicat", se anota lo que penetra la sonda en aquella -  
cuando se la permite descender con mucha suavidad, para que -  
no adquiera velocidad, y se sumerge de nuevo en agua dulce el  
molde con la probeta. Se dice que empieza el fraguado cuando  
la sonda no atraviesa por completo a la probeta, y que termina  
cuando la huella que produce en la base superior de la misma  
es inferior a un milímetro. El molde con la probeta estarán -  
fuera del agua el tiempo estrictamente necesario para hacer -  
los ensayos.

Los tiempos que transcurren hasta el principio y el -  
fin del fraguado se cuentan desde el instante en que empieza  
el amasado de la pasta.

Tanto la temperatura del local como la del agua con -  
que se fabrica la pasta y la que sirve para conservarla, esta  
rán comprendidas entre los 15 y los 18°C.

Se entenderá por agua dulce la que, siendo perfectamen  
te clara y transparente, tiene un grado hidrotimétrico infe--  
rior a cinco en la escala de Boutron & Boudot.

#### ESTABILIDAD DE VOLUMEN .

Los ensayos para comprobar la estabilidad de volumen  
de los cementos se hacen de la manera siguiente:

Con la pasta normal se forman sobre placas de cristal  
perfectamente limpias tres galletas de unos diez (10) centíme  
tros de diámetro, con quince (15) milímetros de espesor en el  
centro y nulo en los bordes.

Una de las galletas se conserva en aire húmedo; otra  
a las veinticuatro (24) horas se sumerge en agua dulce, y la  
tercera se somete a la acción del agua caliente, cuya tempera  
tura se eleva hasta 100° C durante media hora, y se mantiene

después en este calor durante dos horas y media.

Las dos primeras galletas se observan a los siete (7) y a los veintiocho (28) días, anotándose todas las deformaciones que presente.

Cuando el resultado del ensayo en agua caliente es satisfactorio se dará por bueno el cemento; en el caso de que el resultado fuese malo, todavía no se desechará el cemento, esperando el que dé la prueba en frío, que será la definitiva.

Durante la fabricación de las galletas y durante su conservación, las temperaturas del aire y del agua estarán comprendidas entre 15 y 18° C, el ambiente será húmedo y no habrá corrientes de aire.

#### RESISTENCIAS POR TRACCION.

Las probetas con las que se hace este ensayo se fabrican con mortero compuesto por seiscientos (600) gramos de cemento por cada litro de arena del Manzanares, tomada en la proximidad del puente del Ferrocarril del Norte.

La arena deberá estar seca y constituida por los granos que pasen por un tamiz de mallas de 1,5 mm. y queden sobre otro de mallas de un milímetro.

Se medirá del mismo modo que el volumen del cemento, sin comprimir.

La cantidad de agua con que se amase el mortero se determinará por la fórmula

$$q = \frac{2}{5} N + 93$$

en la que  $q$  representa el peso del agua en gramos por litro de arena y  $N$  la cantidad necesaria para un kilogramo de cemento en la pasta normal.

Para fabricar las probetas se mezclan en seco el cemento

to y la arena todo lo más íntimamente posible; se forma con la mezcla una corona, en cuyo centro de vierte de una vez toda el agua necesaria y se amasa con una espátula durante dos minutos; esta operación se hace sobre una tabla de mármol o pizarra dura.

La mezcla así obtenida se coloca en la amasadora tipo "Steinbruck", dando veinticinco (25) vueltas, y de ella se vacía en los moldes de forma de ocho colocados en el martinete "Böhme Martens", dando a la pasta ciento cincuenta (150) golpes, y se enrasa. A las 24 horas se efectúa el desmolde y se sumergen las probetas en agua dulce.

Para las probetas destinadas al ensayo de compresión se adopta la misma forma de fabricación que para las destinadas al ensayo de tracción, teniendo los moldes forma cúbica de setenta (70) milímetros de arista interior.

La temperatura del agua para el amasado y para la conservación de las probetas que han de romper por tracción y compresión, así como la del ambiente donde ellas se preparan, estará comprendidas entre 15 y 18 grados centígrados.

#### Ensayos de puzolanas.

Para los ensayos de puzolanas habrá de atenderse a lo siguiente:

1º.- Se hará un completo reconocimiento, se estudiará el yacimiento desde el punto de vista geológico y se tomarán las muestras que han de someterse a los ensayos que a continuación se indican:

2º.- Las muestras que se tomen para los ensayos se secarán a la temperatura de 90º C, para que pierdan el agua higrométrica sin perder nada del agua combinada.

3º.- Después de secar se pulverizarán de modo que -

pase más del ochenta y ocho (88) por ciento por el tamiz de cuatro mil novecientas (4.900) mallas.

4º.- Con el polvo así obtenido se formará la mezcla normal de prueba, incorporando intimamente tres partes en peso de puzolana y una parte en peso de cal grasa completamente apagada. La cal grasa que se emplea para este ensayo ha de tener por lo menos un noventa y cinco (95) por ciento de óxido de calcio y se apagará con el agua estrictamente necesaria para que el apagado sea completo, lo que se conocerá cuando no se produzca elevación de temperatura por nueva adición de agua.

5º.- La mezcla normal de prueba se amasará con agua dulce cuya temperatura sea de 12 a 20º C, empleando la cantidad de agua necesaria para obtener una pasta de la consistencia plástica normal, tal como se define en el pliego de condiciones para el Portland. La pasta así obtenida se echará en un molde de modo que forme una capa que tenga un espesor uniforme de cinco (5) centímetros y se someterá a la prueba de fraguado. Para esto se empleará aguja de "Vicat" de uno con sesenta y seis centésimas (1,66) de milímetro de diámetro con un peso de (1) kilogramo, dejándola caer desde una altura de treinta (30) milímetros después de estar la probeta siete (7) días en una atmósfera húmeda y a la temperatura de 12 a 20º C; la aguja "Vicat" no deberá penetrar más de siete (7) milímetros.

6º.- Con la mezcla normal de prueba, amasada en la forma indicada en el número anterior, se harán probetas iguales a las empleadas para las pruebas de resistencias del cemento. Estas probetas se conservarán durante (7) siete días en una atmósfera de 65º de humedad, a la temperatura ya indicada, y al cabo de ese tiempo se sumergirán en agua dulce. A los veintiocho (28) días después de fabricadas deberán tener una resistencia media a la tracción que no baje de cuatro -

(4) kilogramos por centímetro cuadrado.

7º.- La puzolana se analizará químicamente. Sus compo  
nentes satisfarán las siguientes condiciones límites:

Sílice total, más del cuarenta y cinco (45) por ciento

Agua combinada, más del cinco (5) por ciento.

Acido sulfúrico, menos del uno (1) por ciento.

Alúmina, catorce (14) al veintidós (22) por ciento.

Magnesia, menos del diez (10) por ciento.

Cal, menos del doce, (12) por ciento.

Las cantidades de sílice, agua combinada y ácido sul-  
fúrico, se sujetarán a los datos que preceden. En lo que se -  
refiere a la alúmina, a la cal y a la magnesia, no se podrán  
tomar los datos anteriores como decisivos para admitir o recha  
zar una puzolana.

En este Anexo a la publicación de este Instituto: "Ultimos Avances en Materiales de Construcción" nº 23, incluimos el Pliego General de Condiciones para la recepción de aglomerantes, con todas las correcciones y adiciones que ha sufrido hasta la fecha.

Entendemos que esta publicación ha de ser de utilidad a los lectores interesados en la construcción y, por creerlo así, iremos editando, en numeros sucesivos, las vigentes Especificaciones Británicas para aglomerantes y las Normas americanas ASTM relativas a cementos. (N. de la R.)

#### DISPOSICIONES CONSULTADAS

Real Orden nº 59 de Fomento, de fecha 25 de Febrero de 1930 Gaceta de Madrid de 7 de Marzo de 1.930.- Texto inicial.

Real Orden de 13 de Septiembre 1.930, Gaceta de Madrid de 24 de Septiembre de 1.930.- Aclaratoria de la anterior en lo referente a instrucciones para ensayos de resistencias.

Decreto de 30 de Enero 1.934, Gaceta de Madrid de 3 de Febrero de 1.934.- Corrección del texto primitivo en lo que afecta al capítulo 2º referente a los cementos aluminosos.

Orden de 10 de Febrero de 1.936. Gaceta de Madrid de 19 de Enero de 1.936.- Adoptado con carácter provisional la arena del Manzanares en sustitución de la de Leucate, para la preparación de los morteros en los ensayos de cementos, modificando en consecuencia el

artículo 7º del capítulo 1º vigente.

Orden de 24 de julio de 1.943, Boletín Oficial del Estado de 4 de Agosto de 1.943.- Sustituyendo los párrafos del título Análisis químico, bajo los epígrafes: Sílice y Materia insoluble; alúmina y Oxido férrico; cal; Magnesia; Potasa y Sosa; Anhídrido sulfúrico; Azufre total y Pérdida al fuego por otros titulados: 1.- Humedad; 2.- Pérdida al fuego; 3.- Residuo insoluble; 4.- Anhídrido sulfúrico; 5.- Oxido férrico; Soluciones necesarias; 6.- Anhídrido silícico y materia insoluble; 7.- Oxidos aluminico y férrico; 8.- Oxido cálcico; 9.- Oxido magnésico; 10.- Oxidos sódico y potásico y 11.- Azufre total.

Orden de 27 de Agosto de 1946, Boletín Oficial del Estado de 31 de Agosto de 1.946.- Modificando la redacción del capítulo 4º (cementos de escorias) y la del párrafo relativo al análisis de los cementos de escorias que figura en las instrucciones anejas al Pliego.

**N O T A.-** Existe también la Real Orden nº 153 de Fomento del 5 de Julio de 1.930, Gaceta de Madrid de 9 de Julio de 1.930, dejada sin efecto por la Real Orden del 17 de Octubre de 1.930.

**N O T A.-** Existe además una resolución ministerial de 9 de Febrero de 1.934, Gaceta de Madrid del 20 de Marzo de 1.934, a una instancia de Materiales Griffi, S.A. de fecha 10 de Abril de 1.933.

- Aclaración sobre el color del cemento, determinando que el mismo no es cualidad que defina a esa clase de aglomerantes y que todo conglomerado que reúna las condiciones del Pliego vigente debe ser considerado como "Portland".

\*\*\*