

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

PLIEGO DE CONDICIONES

con arreglo al que se está ejecutando el suministro de cemento Portland al pantano de La Peña.

JUSTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES

Prescindiendo de razonamientos sobre aquellas cláusulas del pliego que son corrientes ó que por sí mismas se justifican, nos ocuparemos de las relativas á condiciones del cemento Portland.

ENSAYOS PRECEPTIVOS DEL CEMENTO

Pliegos consultados.—Tenemos á la vista las condiciones normales para recepción de cementos Portland prescriptas por los Gobiernos ó acordadas por Asociaciones ó Institutos técnicos, que rigen en Francia, Inglaterra, Alemania, Rusia, Suiza, Bélgica, Rumanía y Estados Unidos del Norte América.

En España no existe norma; pero hemos tomado en cuenta las condiciones aprobadas por el Ministerio de Fomento para dos obras terrestres importantes: el pliego del primitivo proyecto del tercer depósito del Canal de Isabel II, y el pliego de concursos para suministro de cemento Portland á las obras del pantano de Cueva-Foradada. Además, nos hemos procurado las condiciones que la Sociedad de Construcciones Hidráulicas y Civiles impone al cemento Portland destinado á los atrevidos tubos-sifones de hormigón armado del Sosa y de Albelda, que construye por contrata en el Canal de Aragón y Cataluña.

Criterio dominante.—Todos estos pliegos hacen depender la recepción del cemento del resultado de ensayos de laboratorio comprobantes de cualidades varias. Los procedimientos de ensayo no difieren, ó difieren poco, de unos á otros pliegos. Pero la intensa labor experimental de los últimos años sobre fabricación y empleo de cementos ha demostrado la improcedencia de algunas condiciones; y así se observa en los pliegos más recientes cierta tendencia á reducir los ensayos al número de los indispensables; criterio que parece muy recomendable, pues la simplificación de operaciones que han de repetirse cientos de veces al pie de obra, es la mejor prenda de su eficacia.

La norma prusiana de 1902 prescribe ensayos de moltura,

ra, fraguado, invariabilidad de volumen en frío y resistencia mecánica, haciendo caso omiso de composición química, densidad aparente, peso específico é invariabilidad de volumen en caliente.

Para los tubos-sifones del Canal de Aragón y Cataluña se requieren ensayos como en la norma prusiana, y, además, los de inalterabilidad de volumen y de densidad aparente.

Los límites de tolerancia en los diversos pliegos difieren poco; exceptuando la norma de los Estados Unidos más exigente en cuanto á resistencias mecánicas; desusada exigencia sobresale para los citados tubos-sifones, en cuanto á resistencias mecánicas y á finura del molido, si bien se explica por las especiales circunstancias de la ejecución y del destino de los tubos.

Moltura.

Concepto.—Refiriéndonos á los tres tamices de la Comisión francesa de métodos de ensayo, de 324, 900 y 4.900 mallas por centímetro cuadrado, el polvo fino que pasa á través del último tamiz se considera como soluble, desde luego, en el agua de amasado, y susceptible, por tanto, de cristalización ó endurecimiento; el residuo comprendido entre los tamices segundo y tercero es atacable por el agua á plazo relativamente más largo, y contribuye, por tanto, á retrasar el endurecimiento del conjunto; los residuos sobre los dos primeros tamices resultan prácticamente insolubles, y aunque su composición química sea la misma que la del polvo fino, deben estimarse como inertes, esto es, como arena; se pagan como aglomerante, y, sin embargo, reducen la riqueza atribuida á los morteros por dosificaciones preconcebidas.

Interesa, pues, exigir que sea muy poco el residuo sobre el tamiz de 900 mallas. Y como la experiencia sobre molturas demuestra que sólo cuando llegan á punto de eliminar esos granos gruesos es cuando empiezan á disminuir los entrefinos entre 900 y 4.900 mallas, se comprende que las condiciones de recepción no establezcan límites para todos los residuos: basta imponer poco residuo sobre 900 mallas para que resulte *tolerable* sobre 4.900 mallas y nulo sobre 324 mallas, como basta imponer poco residuo sobre 4.900 mallas para que resulte reducidísimo sobre las 900 mallas y nulo sobre las 324.

Normas varias.—Las normas prusiana, rumana, belga y suiza se contraen á imponer máximos residuos de 10 por 100

á 15 por 100 sobre el tamiz de 900 mallas. Que nosotros sepamos sólo las condiciones del Portland para los tubos-sifones del Canal de Aragón y Cataluña se contraen á limitar el residuo sobre el tamiz de 4.900; pero este límite de 16 por 100 equivale á prescribir residuos nulos sobre los otros dos tamices. La norma francesa prescribe máximo residuos de 10 por 100 sobre 900 mallas y de 30 por 100 sobre 4.900; la rusa 15 por 100 y 30 por 100, respectivamente; más diferenciados resultan estos límites en la norma inglesa que son 3 y 22,5 por 100 y en las condiciones de Cueva-Foradada que fijan 3 y 30 por 100.

Previsión sobre cochura insuficiente.—Ahora bien; lo dicho sobre suficiencia del ensayo con un tamiz único, sea de 900 ó 4.900 mallas, se refiere á cementos bien cocidos; porque para los poco ó mal cocidos se reduce la diferencia entre los residuos sobre los dos tamices. El defecto de cochura no implica necesariamente que el cemento deba rechazarse, pues, puede ser francamente admisible si satisface á los demás ensayos, incluso á los de resistencia mecánica á los veintiocho días; implica si reservarse sobre su admisión durante este plazo. Y si por las circunstancias de la obra, como aquí ocurre, las condiciones se establecen de suerte que el Ingeniero pueda emplear en algún caso el cemento antes de los veintiocho días, deberá prevenirse en cuanto al ensayo de moltura que se determinen los residuos sobre los dos tamices de 900 y 4.900 mallas; para que si resultan residuos pocos diferentes, por ejemplo, 6 á 8 por 100 sobre el primero, y 25 á 28 por 100 sobre el segundo, y con mayor razón, si son de 10 á 15 por 100 en el primero, y 20 á 25 por 100 en el segundo, se entienda que la remesa correspondiente no podrá ser empleada hasta conocer el ensayo de resistencia á los veintiocho días. Esta previsión será inexcusable aun en ensayos de moltura con dos tamices encaminados á comprobar exclusivamente la limitación de ambos residuos con arreglo á una condición copiada de las normas francesa ó rusa, puesto que ambos límites no difieren bastante y pudieran satisfacerla cementos mal cocidos. Acaso la previsión tenga menos razón de ser con los límites de residuos impuestos por las condiciones inglesa y de Cueva-Foradada.

Vengamos á los límites que podemos y debemos imponer en nuestro pliego.

Ensayos en esta obra.—De 19 ensayos practicados en estas obras sobre remesas de Rezola, Cangrejo y Asland, los que dieron mayor residuo sobre cada tamiz, fueron

		1.º	2.º
Residuos sobre tamiz de...	324 mallas por cm. ²	0,50	0,00
	900 " "	1,50	0,05
	4.900 " "	24,00	26,00
	Polvo fino	74,00	73,00
Totales		100,00	99,05

Nuestra condición de moltura.—Adoptamos 3 por 100 como límite del residuo sobre el tamiz de 900 mallas al igual que en Cueva-Foradada; y 26 por 100 sobre el tamiz de 4.900; pareciéndonos demasiada exigencia, aunque cumplida por marca española, el límite de 16 por 100 impuesto para los sifones del Canal y justificado por las circunstancias especiales de este trabajo; pero creyendo que es demasiado elevado el límite de 30 por 100 señalado en Cueva-Foradada. Para los ensayos se emplearán tamices separados de las 900 y de las 4.900 mallas por centímetro cuadrado prescritos por la Comisión francesa.

Densidad aparente.

Normas varias.—No se preocupan de la densidad aparente los pliegos normales de Alemania, Inglaterra, Rusia, Suiza, Bélgica y Estados Unidos de Norte América. El de Rumanía prescribe que el peso del metro cúbico esté comprendido entre 1.100 y 1.300 kilogramos; los franceses, refiriéndose al peso del litro no apelmazado, imponen mínimo de 1.200 gramos para obras marítimas y 1.100 gramos para las terrestres.

En el pliego del pantano de Cueva-Foradada se impone mínimo de 1.200 gramos y para los grandes sifones del Canal de Aragón y Cataluña se requiere mínimo de 1.050 gramos.

Tenemos á la vista una nota del Ingeniero Director de las obras del pantano de Riudecañas, en la que se consigna que de 162 vagones recibidos para dichas obras sólo en seis vagones se ha alcanzado peso de 1.200 gramos para el litro de cemento Portland de fabricación nacional. En cincuenta ensayos practicados en La Peña sobre Portland nacional, el peso del litro ha variado de 1.000 á 1.260 gramos.

Relación con la moltura.—Nosotros creemos que con la fina moltura generalmente lograda en las buenas fábricas nacionales y exigida en nuestro pliego, no cabe exigir que el litro pese 1.200 gramos, pues difícilmente puede alcanzar esta cifra el polvo fino, aunque contenga muy poca ceniza de los hornos, y así resulta de la citada nota de Riudecañas.

Condición de densidad aparente.—Puesto que el cemento cuanto más fino ofrece menos densidad aparente, nos parece más acertado el mínimo de 1.050 gramos impuesto en los sifones del Canal de Aragón y Cataluña para cementos que, además, han de cumplir la condición de dar al menos 84 por 100 de polvo fino bajo el tamiz de 4.900 mallas. Y como este cemento para los sifones es de producción corriente en fábrica española, y puede ser igual el suministrado á La Peña, sería torpe exigir un mínimo de densidad que pudiera no alcanzar un cemento muy fino y de calidad excelente.

Ahora bien, para hacer patente, en su caso, una crecida proporción de cenizas, creemos oportuno prescribir además que no baje de 1.000 gramos la densidad aparente del litro de polvo fino obtenido bajo el tamiz de 4.900 mallas.

Acondicionamos el ensayo de densidad aparente con sujeción á las reglas de la Comisión francesa.

Fraguado.

Variabilidad.—El tiempo transcurrido desde el amasado de un cemento hasta el *comienzo del fraguado* y el transcurrido hasta el *término del fraguado* varían para un mismo cemento según el *ensilado* ó almacenaje, puesto que con el almacenaje y abrigado de humedad y de corriente de aire suele ser más lento el fraguado; varía también con la temperatura del cemento, del agua de amasar y del ambiente, puesto que aumenta la rapidez del fraguado con el mayor calor; varía asimismo según que las probetas se conserven al aire ó sumergidas. Además, los fabricantes pueden enmendar los tiempos del fraguado, con la adición de yeso antes ó después de la cochura.

Normas varias.—De hecho, pues, se dispone de muy amplia libertad para exigir en cuanto á los tiempos de comienzo y duración del fraguado, determinándose en cada caso según las imposiciones de la obra. Así, parece razonable que las normas suiza y prusiana, distinguidas por su la-

cónica precisión, no establezcan para aquellos tiempos límites que será más oportuno precisar en los pliegos particulares de cada obra.

En las demás condiciones normales que conocemos se hace referencia á cementos Portland artificiales capaces de empezar á fraguar en términos de diez minutos á dos horas y de terminar el fraguado entre treinta minutos y doce horas.

Para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña se exige que el fraguado á temperatura de 15° y al aire no comience antes de dos horas ni termine después de diez horas.

Ensayos en esta obra.—De doce ensayos verificados en el laboratorio de La Peña sobre otras tantas expediciones de cementos nacionales, el más rápido resultó al aire, empezando el fraguado á las dos horas quince minutos y terminando á las cuatro horas veinticinco minutos, y el más lento resultó en agua dulce, empezando á las cinco horas quince minutos y terminando á las once horas cuarenta y cinco minutos.

Para las obras del pantano de La Peña interesa que el comienzo del fraguado no sea antes de dos horas, al objeto de prevenir que los morteros, aun en el rigor del verano, no empiecen á fraguar durante las operaciones de amasar, cargar trenes, conducirlos y repartirlos y además emplearlos mientras llegan nuevos trenes. En cuanto al término del fraguado en el ensayo normal de pasta al aire entre 15 y 18", bastará que se verifique antes de las diez horas.

Condición del fraguado.—Acondicionamos, pues, el fraguado como para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña, y prescribimos el método de la Comisión francesa.

Estabilidad de volumen.

Cal y magnesia.—Cociéndose los cementos Portland hasta un principio de vitrificación, es decir, á temperatura bastante elevada, puede ocurrir que por un defecto de dosificación quede libre alguna cantidad de cal viva ó cáustica, ó que por ciertos contenidos del producto antes de la coadura reste libre cierta dosis de magnesia cáustica.

Ambas sustancias se hidratan con tanta más dificultad cuanto la coadura fué más elevada, y hay el peligro de que no se hidraten sino después de puestos los morteros en obra. Esta hidratación se verifica con aumento de volumen y es desastrosa para las fábricas. Ordinariamente el desastre se debe á la cal libre, caso más frecuente que el de la magnesia libre.

Aunque las experiencias no son concluyentes, parece ser que basta para ser temible una dosis de 0,5 por 100 de cal viva; en cuanto á la magnesia, resulta de las investigaciones de la Asociación de fabricantes alemanes que no es temible hasta la dosis de 5 por 100.

Algunos pliegos de condiciones normales prescriben límites máximos del contenido de magnesia; así, 2 por 100, la norma francesa para obras marítimas y el pliego para el pantano de Cueva-Foradada; 3 por 100, la norma inglesa; 4 por 100, la de los Estados Unidos del Norte de América; 5 por 100, la francesa para obras terrestres; no establecen límites las normas de Prusia, Rusia, Suiza, Bélgica, Rumanía, ni el pliego para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña.

Ensayos al calor y en frío.—Es bastante general probar la estabilidad de volumen sometiendo las pastas á los ensayos llamados al calor ó en frío. Estos ensayos se prescriben principalmente en aquellos pliegos que no establecen límites

para la composición cuantitativa de los cementos. Con pasta pura de consistencia normal se forman sobre placas de vidrio galletas de unos 10 centímetros de diámetro, 1 á 2 centímetros de espesor en el centro y adelgazadas hacia los bordes, que se conservan hasta el momento de los ensayos en una atmósfera húmeda, al abrigo de corrientes de aire y de los rayos directos del sol, con el fin de evitar las grietas de contracción por desecación, que no tienen importancia pero que pudieran confundirse con las que luego resultaren al ensayo de expansión. Después de veinticuatro horas, y en todo caso después de terminado el fraguado de las galletas, es cuando éstas se someten á los ensayos en caliente y en frío. El ensayo al calor, que consiste en someter las galletas á la acción del agua hirviendo ó á la torrefacción en estufa á 120°, y durante un espacio de tiempo comprendido entre treinta minutos y tres horas, se considera decisivo cuando las galletas resultan intactas. Pero si las galletas resultan con las grietas radiales características de expansión, no por ello se estima el ensayo decisivo en sentido de rechazar el cemento (pues puede ser simple indicio de calcinación insuficiente); entonces debe continuar la observación sobre otras galletas sumergidas en agua á la temperatura ordinaria; generalmente, si la expansión ha de producirse, empiezan á manifestarse las grietas al tercer día; pero para declarar recibido el cemento debe prolongarse la observación durante veintiocho días.

Normas varias.—Prescriben ensayos á la torrefacción y al agua fría los pliegos ruso y suizo; al agua hirviendo y al agua fría la norma francesa para las obras marítimas, y los pliegos de los Estados Unidos del Norte de América y del pantano de Cueva-Foradada; es decir, que con estos cinco pliegos cabe resolución al segundo día de ensayo, demorándola para algunos cementos hasta un mes. La norma prusiana se atiene sólo al ensayo del agua fría, ó sea al de un mes. La norma inglesa, la francesa, para las obras terrestres, y el pliego para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña establecen sólo el ensayo al agua hirviendo, y resultan, por consiguiente, demasiado rigurosos.

Condición de estabilidad de volumen.—Nosotros creemos convenientes los dos ensayos, al agua hirviendo y al agua fría, y acondicionamos en el pliego ambos, según los métodos indicados, que son: el primero como para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña, si bien dilatamos á seis horas la ebullición del agua, y el segundo como en el pliego prusiano.

Resistencia mecánica.

Concepto.—Los ensayos de resistencia sobre pastas puras se recomiendan para distinguir el Portland de otros productos adulterados. La resistencia de aglomerante, ó potencia de enlace del Portland, debe determinarse por ensayo sobre mezcla de cemento y arena; porque la experiencia enseña que los resultados de ensayar pastas no permiten inferir su fuerza de enlace con arenas. El mortero, generalmente normal, de un peso de Portland por tres de arena, manifiesta ya suficientemente la capacidad comparativa de enlace. La cuestión es interesante, puesto que la elección económica entre varios cementos á emplear versa sobre la mayor admisión de arena para determinada resistencia; aunque tratándose de grandes presas suele anteponerse la condición de compacidad é impermeabilidad de los morteros.

Interesando principalmente en la práctica la resistencia á compresión, solamente los ensayos del mortero á compresión debieran hacer autoridad, y á veintiocho días, puesto que á los siete días se encuentran diferencias temporales muy grandes. Ante la dificultad de este ensayo fuera de laboratorios bien acondicionados, adoptan la generalidad de los pliegos normales de los diversos países, el ensayo del mortero 1 por 3 por tracción á los veintiocho días, como base para la recepción de los cementos. Ahora bien; aun disponiendo de grandes almacenes al pie de obra, puede ser intolerable para la marcha de los trabajos la espera de veintiocho días, y para tal caso debe reservarse al Ingeniero la facultad de emplear cemento si fuere satisfactorio el resultado de su ensayo á tracción á los siete días; para lo que se tendrá en cuenta la marcha del endurecimiento del producto de la misma marca, más conocida cuanto más experimentado haya sido á largos plazos. La norma rusa previene aún más: en caso de grandes urgencias de empleo, un cemento podrá ser aceptado antes del término de los siete días, pero no antes de cuatro días (á partir del amasado), si la resistencia no baja de 7 kilogramos por centímetro cuadrado, y á condición de que el cemento llene las condiciones normales de peso específico, fraguado, invariabilidad de volumen y finura del molido. En nuestro pliego adoptamos esta misma previsión.

Normas varias sobre resistencia á compresión.—Compresión del mortero normal 1 por 3: Los pliegos alemán y suizo, para probetas cúbicas normales, un día al aire y veintisiete sumergidas en agua dulce, requieren resistencia mínima de 160 kilogramos por centímetro cuadrado.

Para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña se exige resistencia mínima de 250 kilogramos por centímetro cuadrado á los siete días al aire y de 300 kilogramos por centímetro cuadrado á los veintiocho días al aire.

Sin dudar por nuestra parte de que el cemento nacional empleado en los sifones cumple con esta condición, muy dura respecto á la de los pliegos alemán y suizo, hemos de exponer que carecemos de experimentación directa, toda vez que los ensayos á compresión no son factibles más que en los Laboratorios de importancia. Por lo arriba dicho creemos que tal vez no debe omitirse este ensayo en los pliegos de condiciones, como sistemáticamente se omite en las normas de Francia, Inglaterra, Rusia, Bélgica y Rumanía, pero para introducir la condición en nuestros pliegos es precisa más experiencia de los grandes Laboratorios sobre los productos españoles.

Normas varias sobre resistencia á tensión de las pastas puras: Probetas un día al aire y veintiocho sumergidas en agua dulce; mínima resistencia en kilogramos por centímetro cuadrado requerida por varios pliegos:

	Francia.	Bélgica.	Inglat. ^a	Rusia.	Est. Unidos.
A los siete días	25	25	28	20	31,5—38,5
A los veintiocho días.	35	35	35	25	38,5—45,5
	Cuev.-For.	Suiza.	Alemania.	Rumania.	
A los siete días	30	"	"	"	
A los veintiocho días.	35	"	"	"	

El pliego francés exige, además, que la resistencia aumente por lo menos 3 kilogramos por centímetro cuadrado desde el día séptimo al vigésimo octavo, exigencia que puede ser prohibitiva para algunos cementos calizos, incluso de los más acreditados españoles y que no parece bastante justificada.

Para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña se exige en probetas conservadas *al aire*:

A los siete días	42 kgs. $\times$ cm. ²
A los veintiocho días	53 ídem íd.

Prescindiendo de esta condición, dura como todas las del pliego para dichos sifones, se observa que la exigencia de las normas europeas se excede con mucho en los Estados Unidos.

Condición sobre resistencia á tracción de pasta pura.—Las buenas marcas españolas, muy experimentadas ya en cuanto á la resistencia á tracción, incluso en esta obra, satisfacen cumplidamente la condición norteamericana, por lo que parece más oportuno señalar aquí como límites mínimos de resistencia á tracción para pasta pura conservada en agua dulce los aceptados por los americanos, es decir, 32 kilogramos por centímetro cuadrado á los siete días y 38 kilogramos por centímetro cuadrado á los veintiocho días. Debemos advertir que al tenor de lo antes indicado, este ensayo pudiera suprimirse como en las normas prusiana, suiza y rumana, toda vez que el valor decisivo se reserva al ensayo sobre mortero; pero le conservamos para datar mejor la resolución sobre empleo urgente del cemento antes del ensayo de rotura á los veintiocho días.

Normas varias sobre resistencia á tracción del mortero normal 1 $\times$ 3: Probetas un día al aire y veintisiete sumergidas en agua dulce: kilogramos por centímetro cuadrado, mínimos:

	Francia.	Alem. ^a	Suiza.	Bélgica.	Inglat. ^a
A los siete días	8	"	"	"	8,4
A los veintiocho días	15	16	16	15	15,75
	Rum. ^a	Rusia.	Est. Unidos.	Cuev. For.	
A los siete días	10	7	10,5—14	9	
A los veintiocho días ..	17	10	14,5—21	16	
	(1 $\times$ 2)				

Para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña las cifras son, en probetas conservadas *al aire*:

A los siete días	24 kgs. $\times$ cm. ²
A los veintiocho días ..	28 ídem íd.

También en este punto debemos prescindir de la extrema exigencia para los dichos sifones.

Condición sobre resistencia á tracción del mortero.—Nos atenemos á los límites norteamericanos que pueden satisfacerse por nuestros cementos.

Así:

11 kgs. $\times$ cm.² á los 7 días y 15 kgs. $\times$ cm.² á los 28 días.

Los métodos de ensayo de rotura por tracción serán los de la Comisión francesa.

Arena prescripta.—Para los morteros prescribimos la arena caliza artificial fabricada al pie de obra, con composición fija normal que no difiere sensiblemente de la que producen generalmente las máquinas. De nuestros repetidos ensayos en el laboratorio de las obras se deduce que los morteros con esta arena proporcionan resistencias mayores que con la arena natural silícea del Ebro, que es una arena aceptable.

Ensayos preceptivos.—Los ensayos que acabamos de detallar de:

moltura,
densidad aparente,
fraguado,
estabilidad de volumen y
resistencia á tracción,

se harán sobre cada expedición de cemento del modo regular prescripto en el pliego de condiciones.

Valor de los ensayos preceptivos en cuanto al empleo del cemento y en cuanto al abono.—Estos ensayos han de tener para el Ingeniero Director un interés primordial: deducir cuanto antes si el cemento es ó no aplicable en obra, pues sabida es la urgencia con que á menudo hay que proveer en trabajos fluviales.

Confeccionando inmediatamente á la llegada de cada expedición las probetas del ensayo de resistencia á tracción y las galletas del ensayo de estabilidad de volumen, pueden conocerse en menos de una semana los resultados de tracción á los cuatro días y las observaciones sobre las galletas sumergidas en el mismo plazo; en este tiempo cabe hacer los ensayos de moltura, de densidad aparente, de fraguado y rápido de estabilidad de volumen, de suerte que basta el almacén establecido en La Peña para 36 vagones de cemento, que es el máximo que puede gastarse en una semana de plena actividad de todos los medios acumulados al objeto.

Pasada una semana de la llegada del cemento, su aplicación á obra es menos dudosa, puesto que se conocerá la resistencia á tracción á los siete días, etc.

Sin embargo, según expresa el pliego, para el abono del cemento es condición indispensable conocer el resultado de todos los ensayos preceptivos, incluso el de resistencia á tracción á los veintiocho días.

SOBRE EL PESO ESPECÍFICO

Normas varias.—No es objeto de ensayo el peso específico del cemento en las normas francesa, alemana, suiza, belga y rumana, ni en las condiciones para los sifones del Canal de Aragón y Cataluña; le imponen límites mínimos las normas rusa (3,05 desecado á 120°), inglesa (3,15 en fábrica y 3,10 al pie de obra), americana (3,10 desecado á 100°); para el pantano de Cueva-Foradada se exige entre 3,0 y 3,15. En la norma americana se dice que el ensayo de peso específico es muy útil para descubrir adulteraciones ó insuficiencia de calcinación, y que no siendo concluyente en cuanto á calidad puede dar indicaciones valiosas combinado con otros ensayos.

Sobre la improcedencia del ensayo.—Pero en la Memoria presentada por Mr. Meade y Mr. Hawk al X Congreso de la Asociación americana para el ensayo de materiales, celebrado en Junio de 1907, se concluye, después de numerosos ensayos, que el ensayo del peso específico no tiene valor indicativo sobre la calcinación, puesto que ensayados cementos poco calcinados dan peso superior al límite señalado en la norma (3,10), reconociéndose mucho mejor y más pronto el defecto de calcinación por los ensayos al agua hirviendo y sin que sea necesario ningún otro ensayo para este objeto; que tampoco el peso específico indica sobre adulteraciones, pues si puede demostrar adición de sustancias más ligeras que el cemento, existen otras, como escorias y algunos cementos naturales, que pueden adicionarse en grandes cantidades, sin que el peso específico de la mezcla sea inferior al

de condiciones; que la disminución del peso es producida generalmente por el almacenaje de los productos del horno ó después de molidos, cosas ambas que mejoran la resistencia de los cementos; que la calcinación previa al ensayo no le avalora, porque el peso específico de los cementos adulterados aumenta también por esa calcinación; y concluye la Memoria proponiendo que debe suprimirse el ensayo del peso específico, ó por lo menos no atribuirle valor indicativo sobre adulteraciones ó insuficiente calcinación.

Conclusión.—Nosotros nos atenemos al criterio de los que no exigen como preceptivo el ensayo del peso específico.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Concepto.—En el estado actual de conocimiento acerca del cemento Portland, parece legítima la conclusión que de sus experimentos y teorías expone M. C. Richardson en *Le Genie Civil* de 1904:

“La constancia de composición cuantitativa de un cemento no representa ninguna garantía de su valor en cuanto á la resistencia y á los resultados que de él pueden esperarse en obra; de modo que, hoy por hoy, y con todos sus defectos, no se pueden abandonar los ensayos de resistencia.”

Normas varias.—Alemania y Bélgica, que producen cantidades relativamente grandes de cemento Portland, no han establecido condición normal alguna sobre su composición química. Es de advertir que la Asociación de fabricantes alemanes, tan seria como poderosa, ejerce sobre las fábricas eficaz vigilancia: cuando alguno de los asociados ha tratado de adicionar proporciones mayores ó menores de sustancias extrañas, so pretexto de mejorar la calidad del producto, la Asociación resolvió excluir á cuantos los vendieran sin expresar de un modo muy aparente el contenido adicional.

En Suiza, las prescripciones normales de M. Tetmajer acerca de este punto, se contraen á la definición de los cementos Portland, así: son productos obtenidos por la co-chura hasta un principio de vitrificación, de calizas hidráulicas, ó de mezclas de materias arcillosas y calizas, luego trituradas y reducidas á polvo fino; además, los cementos Portland deben contener un mínimo de 1,7 partes de cal por unidad de sustancias hidráulicas; y se tolera la adición de materias extrañas hasta 2 por 100 del peso para llenar ciertas cualidades interesantes desde el punto de vista técnico.

Las grandes administraciones rusas requieren normalmente que el módulo hidráulico, ó sea la relación de pesos entre la cal y el álcali, de una parte, y de la otra, el óxido de hierro, la sílice y la alúmina esté comprendido entre 1,7 y 2,2; también toleran adición hasta 2 por 100 de materias accesorias.

En Rumanía se impone contenido máximo de 1 por 100 de ácido sulfúrico, sin sulfuro dosificable.

En Inglaterra se prescriben máximos de 1,5 por 100 de ácido sulfúrico, 3 por 100 de magnesia y 1,5 por 100 de residuo insoluble; y contenido máximo en peso, de 2,75 unidades de cal por unidad de sílice y alúmina.

La Asociación americana de métodos de ensayo prescribe normalmente máximos de 1,75 por 100 de ácido sulfúrico y 4 por 100 de magnesia; tolerando adiciones de hasta 3 por 100.

Las prescripciones normales francesas establecen límites máximos de 1,5 por 100 de ácido sulfúrico, 2 por 100 de magnesia y 8 por 100 de alúmina, y sin sulfuros dosificables,

para el cemento destinado á obras marítimas; además, el índice mínimo de 0,47 para 8 por 100 de alúmina, con disminución de 0,02 por cada 1 por 100, de alúmina por bajo de 8 por 100 (Candlot razona la inconveniencia del índice así definido). En cuanto á obras terrestres ó en agua dulce, la circular francesa establece los límites máximos de 3 por 100 de ácido sulfúrico, 5 por 100 de magnesia y 10 por 100 de alúmina sin sulfuros dosificables; no prescribiendo nada sobre índice de hidraulicidad.

La Administración española no ha fijado aún su criterio en un pliego de condiciones normales para la recepción de cementos Portland.

El pliego recientemente aprobado para suministro de cemento Portland á las obras del pantano de Cueva-Foradada, establece que será desechado el que contenga más de 1 por 100 de ácido sulfúrico ó sulfuros en cantidad apreciable, 2 por 100 de magnesia, 8,5 por 100 de alúmina y 6 por 100 de óxido de hierro; la pérdida al fuego no excederá de 6 por 100; además, la relación entre la sílice mas la alúmina y la cal, estará comprendida entre 0,44 y 0,50.

Resumen de las varias normas.—En resumen, sólo los pliegos de condiciones normales para la recepción y ensayo de los cementos Portland, vigentes en Alemania y Bélgica, y las condiciones de los sifones del Canal de Aragón y Cataluña, dejan de prescribir límites para los componentes del producto ó relaciones entre los mismos; explicándose en cuanto á Alemania por la garantía que efectivamente ofrece la asociación de sus fabricantes. En los pliegos de normas de los demás países se encuentran prescripciones relativas: á tolerancia en la adición de substancias extrañas (2 á 3 por 100); á límites máximos de ácido sulfúrico (1 á 3 por 100); de magnesia (2 á 5 por 100) y de alúmina (8 á 10 por 100, solamente la Administración francesa), y á las relaciones llamadas de hidraulicidad.

Criterio adoptado.—Es de notar el criterio general de parquedad en estas prescripciones, justificado por el imperfecto conocimiento del asunto y lo ocasionado á exigencias contraproducentes desde el doble punto de vista de la economía y del éxito de las obras.

En este sentir, no parece que deba generalizarse el aumento de exigencias en el pliego aprobado para el pantano de Cueva-Foradada; y que será suficiente limitarlas en cuanto á la alúmina, la magnesia, el ácido sulfúrico y el índice de hidraulicidad y tolerancia sobre adición de materias accesorias.

Definición del cemento Portland.—Creemos necesario prevenir la inspección en fábrica y, por consiguiente, una definición del cemento Portland: hemos adoptado la normal de la Asociación americana, que eleva la tolerancia de adición de materias extrañas hasta 3 por 100; el mayor de los límites tolerados en las normas revisadas, y que estimamos conveniente á nuestro caso, toda vez que los cementos nacionales propenden á muy aluminosos, y dicha tolerancia permite moderar la rapidez del fraguado de tales cementos mediante la adición, antes ó después de la cochura, de cierta cantidad de sulfato de cal (yeso) proporcional al contenido de alúmina.

Alúmina.

Concepto.—Al amasar un cemento en que prepondera el aluminato de cal (cementos rápidos), como esta sal es prontamente atacada ó disuelta por el agua, la sobresaturación

es breve y breve, por consiguiente, la cristalización ó fraguado; pero los cristales de hidroaluminato son poco estables, y su destrucción rebaja la resistencia de la pasta, á menos que continúe el proceso de endurecimiento del conjunto por la formación más lenta, pero estable, de los hidrosilicatos. Ambas cristalizaciones son los hechos generales en todo caso de empleo de productos hidráulicos; pero mientras el proceso tranquilo de cristalizar los hidrosilicatos es casi indiferente á la presencia de los otros elementos componentes del cemento, el proceso de cristalización de los hidroaluminatos se perturba grandemente por presencia de cal y de sulfato de cal.

La presencia de cal hidratada en el amasado retrasa la disolución del aluminato y, por consiguiente, la sobresaturación necesaria para que este cristalice ó fragüe. Esa cal puede proceder de la cal viva libre en el cemento ó de que se emplee mortero mixto de cemento y pasta de cal. En todo caso, para retrasar sensiblemente el fraguado de un Portland que contenga 6 á 8 por 100 de alúmina se precisa de 8 á 10 por 100 de cal.

La presencia del sulfato de cal produce contrario y enérgico efecto; esta sal se disuelve rapidísimamente, y disolviéndose también el aluminato, la sobresaturación del agua de amasado se alcanza en seguida, y ambas sales se combinan precipitando un sulfoaluminato de cal insoluble, con lo que el fraguado es muy rápido.

El sulfato de cal procede generalmente de incorporar yeso al cemento antes ó después de la cochura. Pero no se adiciona para adelantar el fraguado, efecto que produce por sí solo, como queda dicho, sino, todo lo contrario, para retrasar el fraguado, contando con la cal libre contenida generalmente en los cementos, y según vamos á indicar. El contenido ó la adición de cal, y á la vez sulfato de cal, determina una disolución rápida de ambos elementos en el agua del amasado; entonces, la presencia del hidrato de cal dificulta la disolución del aluminato, dejando libre la disolución del sulfato, y éste no se combina sino lentamente con el aluminato para producir el sulfo-aluminato insoluble.

Normas varias.—Entre las normas citadas para la recepción y ensayo del cemento Portland en varios países, únicamente en Francia se prescribe acerca del contenido de alúmina, imponiéndose el límite máximo de 8 por 100 para obras marítimas y 10 por 100 para las demás.

Las condiciones para el pantano de Cueva-Foradada prescriben máximo contenido de alúmina de 8,5 por 100.

Análisis de cementos.—Examinado el cuadro de análisis de 53 cementos de distintas marcas, inserto en la pág. 161 del libro *Ciments et chaux hydrauliques*, por E. Candlot, 1906, se observa en cuanto á la proporción de alúmina, que en tres no más excede de 9 por 100, pasando uno solo de 10 por 100 (10,6 por 100).

Los análisis de los cementos Portland nacionales más acreditados ó más experimentados (Rezola, Cangrejo, Asland) ofrecen resultados comparables con los de buena fabricación extranjera; sin embargo, obsérvese tendencia á frisar y aun exceder (10,42 por 100 Cangrejo) el máximo de alúmina que suelen alcanzar buenas marcas extranjeras.

Límite adoptado para el contenido de alúmina.—Parece oportuno prevenir un exceso de alúmina en los cementos nacionales y procurar que se mantengan las proporciones aceptables de los demás componentes.

En vista de todos estos antecedentes, hemos fijado en nuestro pliego un límite máximo de 10 por 100 al contenido de alúmina.

Acido sulfúrico.

Su papel, según hemos indicado, es aportar al fraguado una cantidad de sulfato de cal que, en presencia de la cal hidratada, determine la formación lenta del sulfo-aluminato; en definitiva, retrasar el fraguado demasiado rápido de los cementos aluminosos. Por consiguiente, el ácido sulfúrico ha de estar en cierta relación con la alúmina.

El pliego normal francés para obras terrestres, que impone máximo de 10 por 100 de alúmina, lo impone de 3 por 100 para el ácido sulfúrico, y adoptada por nosotros la primera cifra, adoptamos también la segunda.

Magnesia.—Este componente no es nocivo en cementos moderadamente cocidos, como los romanos. Tampoco en los muy cocidos la magnesia calcinada manifiesta su efecto destructor durante los ensayos ni en los primeros años de las obras; pero llega á hidratarse con dilatación tan intensa que determina la ruina de las construcciones (Francia y Alemania). Una Comisión designada hace años por la Asociación de fabricantes alemanes no llegó á resultados concluyentes, pero expresó que ciertamente no era nociva la magnesia hasta una dosis de 5 por 100.

Nuestros buenos cementos Portland la tienen en proporción (menos de 2 por 100) inferior al menor de los límites máximos impuestos por las normas extranjeras (2 á 5 por 100); pero conviene celar tan favorable circunstancia de nuestra fabricación actual y establecemos el límite de 2 por 100.

Índice de hidraulicidad.

Censurando Candlot uno de los pliegos normales franceses, en cuanto prescribe límite inferior de 0,47, manifiesta cómo el Portland procedente de una pasta dosificada al 20 por 100 de arcilla puede ser satisfactorio, aunque su índice se mantenga entre 0,42 y 0,43.

Examinando el cuadro antes citado de Candlot, se advierte que no son raros los índices por bajo de 0,47 hasta 0,43, y que corresponden generalmente á las menores proporciones de alúmina. Como quiera que en las fábricas españolas más importantes no dejan de producirse cementos tan poco aluminosos y semejantes á esos extranjeros, creemos que el límite inferior del índice puede ser 0,42.

Respecto del máximo, si se exceptúan los cementos ingleses figurados en el citado cuadro, los demás propenden á mantener sus índices por bajo de 0,50, lo mismo que los de fabricación española, y este límite máximo fijamos.

Resumen de las condiciones sobre composición química.—En conclusión: Estimamos que no deben ser preceptivos los ensayos químicos; pero que, en el estado actual de conocimientos sobre el asunto, es prudente reservar á la Administración la facultad de intervenir la fabricación del cemento, para comprobar que el producto es el definido como Portland artificial, y de intervenir los ensayos químicos en la fábrica y aun de repetirlos por su cuenta á fin de garantizarla contra composiciones defectuosas.

Este alcance tienen las condiciones del capítulo II de nuestro pliego.

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

CAPÍTULO PRIMERO

Objeto y formalización del contrato.

ARTÍCULO 1.º

Cantidad y precio del cemento.—a) El cemento será suministrado sobre vagón en la estación de La Peña, provincia de Huesca, envasado en sacos de 50 kilogramos de cabida.

b) El peso neto de cemento á suministrar y su precio serán los expresados en el presupuesto de adjudicación.

ARTÍCULO 2.º

Envases á devolver y precio de los no devueltos.—Por cuenta de la Administración serán devueltos al Adjudicatario los sacos envases en estado utilizable, ó se abonarán al Adjudicatario los sacos que no se le devolvieren, al precio respectivo estampado en el presupuesto de adjudicación.

ARTÍCULO 3.º

Plazo del suministro.—El plazo de ejecución del suministro se contará á partir de la fecha en que se comunique al Adjudicatario la adjudicación definitiva, y será el definido en la proposición del Adjudicatario por duración mínima y máxima; entendiéndose que, dentro de esta condición, la Administración hará á su conveniencia los pedidos de las remesas parciales del cemento.

ARTÍCULO 4.º

Formalización del contrato.—Dentro de los treinta (30) días siguientes al de comunicar la adjudicación al Adjudicatario, deberá éste:

1.º Pagar los anuncios del concurso en la *Gaceta de Madrid*.

2.º Consignar á disposición del Presidente de la Junta de obras, en la Caja general de Depósitos en Zaragoza, en efectivo ó en títulos de la Deuda pública al tipo asignado por las disposiciones vigentes, una cantidad que, sumada con el depósito provisional, cubra el diez por ciento (10 por 100) del importe total de adjudicación; esta suma constituirá la fianza.

3.º Otorgar, previo cumplimiento de los puntos anteriores, la escritura de contrata ante el Notario de Zaragoza que se le indique por el Decano del Colegio Notarial, en la forma acostumbrada para la contratación de obras públicas, bajo la pena de pérdida del depósito provisional, y siendo de cuenta del Adjudicatario los gastos de escritura y cuantos exija la formalización del contrato.

CAPÍTULO II

Intervención de la Administración en la fábrica.

ARTÍCULO 5.º

Inspección y vigilancia.—a) La Administración se reserva el derecho de inspeccionar y vigilar en fábrica la fabricación, conservación, expedición y ensayos del cemento objeto de este contrato.

b) El Adjudicatario facilitará en toda ocasión esta inspección y vigilancia al Ingeniero designado por la Administración; entendiéndose que, mientras otro no se designare, podrá efectuarlas el Ingeniero Director de las obras.

c) Asimismo facilitará el Adjudicatario la instalación en fábrica del agente especial permanente que la Administración podrá designar si lo estima oportuno.

d) Los gastos que se originen por esta inspección y vigilancia en fábrica serán de cuenta de la Administración.

ARTÍCULO 6.º

Definición del cemento Portland.—Se entenderá por cemento Portland el producto, finamente pulverizado, obtenido por la coadura hasta el principio de fusión de una mezcla íntima de cantidades determinadas de materias arcillosas y calizas; sin adiciones, después de la coadura, superiores á 3 por 100.

ARTÍCULO 7.º

Composición química del producto.—a) El cemento destinado á este suministro no contendrá, en tantos por 100 de peso, más de 10 de alúmina, 3 de ácido sulfúrico, 2 de magnesia; el índice de hidráulidad, ó relación de sílice más alúmina atacables á la cal, estará comprendido entre 0,42 y 0,50.

b) El Ingeniero Director podrá exigir que, á la nota de expedición de cada remesa de cemento, se acompañe el resultado del análisis químico cuantitativo, practicado sobre muestra de la misma en el laboratorio de la fábrica. Dicho resultado, fechado y suscripto por el Adjudicatario ó por su representante, expresará los contenidos de sílice, alúmina, óxido de hierro, cal, magnesia, ácido sulfúrico, pérdida al fuego y arena silicea y el índice de hidráulidad.

c) En todo caso el Ingeniero Director podrá someter muestras al Laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Caminos, cuyo certificado será decisivo.

CAPÍTULO III

De los pedidos y de las remesas.

ARTÍCULO 8.º

Pedidos y remesas.—a) La Dirección facultativa hará los pedidos de cemento con la mayor antelación posible y por medio de pliego postal certificado ó de parte telegráfico ó telefónico.

b) Los pedidos, que pueden referirse á varias expediciones, determinarán la cuantía y las fechas de éstas en la estación de origen.

c) No se podrá obligar al Adjudicatario á expedir vagones con carga incompleta ni más de dos vagones completos en una misma fecha; pero sí á expedir veinte toneladas, peso bruto, en días sucesivos y sin interrupción, mientras lo exija el abasto de las obras.

d) Para la primera remesa correspondiente á un pedido, aunque sea urgente, dispondrá el remitente, por lo menos, de las tres fechas siguientes á la del pedido si fuere postal, y de las dos fechas siguientes si fuere telegráfico ó telefónico.

e) Las expediciones serán consignadas al Ingeniero Director de las obras del pantano de La Peña, al cual serán re-

mitidos oportunamente por correo, además de los talones correspondientes del ferrocarril, notas expresivas de las fechas de llegada á La Peña, de las letras, números ó marcas de los vagones, de si son cerrados ó abiertos, del número de sacos que cada uno contiene y del peso bruto respectivo. Estos remitidos podrán hacerse al representante del Adjudicatario, si lo hubiere residente en La Peña, el cual, á su vez, hará entrega de las notas en la Dirección facultativa de obras, avisando al propio tiempo la llegada de las expediciones.

ARTÍCULO 9.º

Del retraso en las remesas.—a) Cuando por cualquier causa el Adjudicatario suspendiese el acopio ó hubiere retraso en las fechas de las expediciones, el Ingeniero Director podrá adquirir de cualquiera procedencia otra cantidad de cemento próximamente igual á la retrasada, descontándose de los abonos al Adjudicatario el exceso del coste integral de tales adquisiciones sobre el importe de una igual cantidad de cemento suministrada por el Adjudicatario.

b) La repetición de retrasos en las fechas de las expediciones, cuando aquéllos no sean justificados plenamente á juicio de la Administración, como independientes de la voluntad del Adjudicatario, será motivo suficiente para que la Administración acuerde la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

ARTÍCULO 10.

Condiciones de los envases.—a) El cemento se suministrará envasado en sacos en buen uso, de costuras interiores precintados y con la marca de fábrica muy aparente en la tela y en el precinto.

b) Todos los sacos tendrán cabida uniforme de 50 kilogramos de cemento, peso neto; siendo tolerables diferencias en más ó en menos de hasta 2 por 100 en peso.

ARTÍCULO 11.

Reconocimiento de las remesas á la llegada á La Peña.—Agentes del Ingeniero Director retirarán de la estación la mercancía, pero no el polvo suelto en los vagones. Los sacos descosidos, rotos, húmedos ó que al tacto denoten coque tener grumos de cemento, se separarán en el acto y quedarán de cuenta del Adjudicatario. Los bultos aceptables serán recontados, pesados y almacenados siempre por los agentes referidos.

ARTÍCULO 12.

Peso bruto.—Las operaciones indicadas en el artículo anterior, que podrán ser intervenidas por el representante del Adjudicatario si compareciere, determinarán el peso bruto indiscutible del cemento ingresado en los almacenes de la Administración.

ARTÍCULO 13.

Peso neto.—a) Cada remesa se abonará por peso neto de cemento, esto es, restando del peso bruto obtenido según el art. 12, el correspondiente á los envases, determinado como indica el siguiente párrafo.

b) Se tomarán cien sacos vacíos, designados la mitad por el Ingeniero ó su representante, y la otra mitad por el adjudicatario ó el suyo, y después de sacudidos se pesarán: el promedio regirá como peso de un saco hasta que cualquiera de las partes desee rectificar, á lo que siempre accederá la otra parte; en tal caso se procederá en la misma forma.

c) En la liquidación final regirá como peso de un envase el resultante de los promedios aplicados durante la ejecución del suministro.

CAPÍTULO IV

Ensayos del cemento.

ARTÍCULO 14.

Ensayos preceptivos del cemento.—a) En el plazo más breve posible, á partir de la llegada á La Peña de cada remesa, entendiéndose por tal la expedida bajo un mismo tamiz de ferrocarril, se comenzarán y practicarán en el Laboratorio de las mismas obras del pantano los ensayos siguientes:

- de molienda;
- de densidad aparente;
- de fraguado;
- de estabilidad de volumen;
- de resistencia á la tracción.

b) El Ingeniero Director ó su representante elegirá libremente de cada remesa las porciones de cemento destinadas á ensayos, sin más limitación que no mezclar cementos de distintas marcas.

c) El Ingeniero Director tendrá derecho á repetir la serie de ensayos preceptivos cuantas veces tenga por conveniente sobre cada remesa, mientras ésta permanezca en almacén, bien en el Laboratorio de las obras, bien en el de la Escuela de Ingenieros de Caminos.

d) El Adjudicatario ó su representante al efecto autorizado podrá presenciar los ensayos, sin derecho á reclamación sobre su validez no fundada exclusivamente en transgresiones de las reglas establecidas en este pliego. La no comparecencia de los dichos se entenderá conformidad con los resultados declarados por el Ingeniero Director.

e) Los gastos de ensayos en el Laboratorio de las obras de la Escuela de Ingenieros de Caminos serán de cuenta de la Administración; pero no los causados por comparecencia del Adjudicatario, los cuales serán de cuenta de este.

ARTÍCULO 15.

Condiciones de molienda del cemento y ensayo. Molienda.—

a) No excederán de 3 por 100 y de 26 por 100 los residuos del cemento respectivamente sobre tamices de 900 y de 4.900 mallas por centímetro cuadrado.

b) "Método del ensayo".—La tela de 900 mallas tendrá 0 por centímetro lineal, formadas con hilos de 0,15 milímetros de diámetro, y la de 4.900 mallas tendrá 70 por centímetro lineal, formadas con hilos de 0,05 milímetros de diámetro. Cada ensayo se hará sobre probeta de 100 gramos. El tamizado se verificará á mano: con el brazo fijo y jugando la muñeca se golpeará con el tamiz sobre una mesa. Se considerará concluido el tamizado cuando pase menos de 0,1

gramos de cemento en el transcurso de 25 golpes. Primero se tratará la probeta en el tamiz de 900 mallas, y luego el polvo obtenido bajo este tamiz se tratará en el de 4.900 mallas. Se pesará el residuo resultante sobre cada tamiz y el polvo fino obtenido bajo el de 4.900 mallas. Se adoptarán como resultados decisivos los valores medios de las pesadas en dos ensayos.—Observación: Los tamices deben estar bien secos.

ARTÍCULO 16.

Condiciones de densidad aparente del cemento. Ensayo.—

a) No pesará menos de 1.050 gramos el litro de cemento sin comprimir, ni menos de 1.000 gramos el litro del polvo sin comprimir, obtenido bajo el tamiz de 4.900 mallas.

b) "Método del ensayo".—El vaso-litro será cilíndrico, de 10 centímetros de altura, y se llenará por medio del aparato llamado *embudo de tamiz*, adoptado por la Comisión francesa de métodos de ensayo. Separado el vaso 5 centímetros de la punta del embudo se verterá el cemento sobre el tamiz por porciones de 300 á 400 gramos, forzándole á pasar con la espátula que acompaña al citado aparato y hasta que el copete de cemento sobre el vaso envuelva la punta del embudo. Se quitará el copete de cemento haciendo deslizar sobre el borde del vaso una lámina recta y vertical. Durante la operación se evitará todo choque ó trepidación del vaso. Se adoptará como peso del litro la media de las pesadas en cinco ensayos sucesivos.

ARTÍCULO 17.

Condiciones del fraguado de la pasta normal de cemento. Ensayo.—a) El fraguado de la pasta normal de cemento conservada al aire no principiará antes de dos horas ni finalizará después de diez horas. La temperatura de la pasta no se elevará sensiblemente durante el fraguado.

b) "Método del ensayo".

1.º Confección de la *pasta normal de cemento*; procediendo por tanteos para determinar la proporción de agua que produce la pasta normal. Para cada operación de tanteo se apilará sobre una mesa de mármol ó de cinc un kilogramo de cemento formando corona, dentro de la cual se verterá de una sola vez la porción de agua potable que en el primer tanteo puede ser de 270 á 300 gramos, y se amasará enérgicamente con la paleta durante cinco minutos contados á partir del instante de verter el agua. Con una parte de la pasta obtenida se llenará el molde del aparato llamado "sonda de consistencia", adoptado por la Comisión francesa de métodos de ensayo, y se alisará la superficie haciendo deslizar la paleta sobre el borde superior del molde, evitando toda compresión y toda trepidación. En el centro de la masa así formada se hará descender sin sensible velocidad la sonda del aparato, lisa, seca y bien limpia. Se evitará aplicar dos veces la sonda sobre la pasta del mismo molde. Se considerará como *normal* la pasta cuya consistencia sea tal que la sonda por su propio peso quede detenida á 6 milímetros próximamente del fondo del molde.

2.º Determinación del *principio* y del *fin del fraguado*.

Se amasarán 300 gramos de cemento con la cantidad de agua potable correspondiente á su consistencia normal, determinada como acaba de decirse, anotando la hora y registrando las temperaturas del cemento, del agua y del aire, que se procurará estén comprendidos entre 15 y 18 grados centí-

grados. La pasta normal, inmediatamente después de amasada enérgicamente durante cinco minutos, se introducirá en el molde del aparato citado, y del mismo modo antedicho, esto es, alisando la superficie con la lámina y evitando compresiones y trepidaciones. Sustituyendo en el aparato la sonda por la *aguja de Vicat*, lisa, seca y bien limpia, se considerará como *principio del fraguado* el instante en que la aguja, descendiendo sin sensible velocidad, no pueda penetrar hasta el fondo del molde, y como *fin del fraguado* el instante á partir del cual la aguja no marque huella apreciable en la superficie de la pasta. Las duraciones correspondientes se contarán á partir del momento de verter el agua del amasado.—Precauciones: el molde, una vez lleno y durante todo el tiempo del ensayo, se conservará al aire, procurando que la temperatura de éste se mantenga entre 15 y 18 grados centígrados; se cuidará de sacar el agua que puede resudar la pasta por la superficie y á medida que aparezca. Se anotará si la pasta se calienta sensiblemente durante el fraguado. Se expresará el tiempo de almacenaje del cemento.

ARTÍCULO 18.

Estabilidad de volumen de la pasta de cemento. Ensayos.—

a) La pasta de cemento Portland debe ser invariable de volumen.

b) "Método del ensayo".—Se amasará cemento con agua potable en dosis apropiada, á fin de obtener en cinco minutos de amasado enérgico pasta bastante consistente para formar, de una sola pellada sobre cada una de dos placas de vidrio, una galleta de 10 centímetros próximamente de diámetro, 1 á 2 centímetros de espesor en el centro y adelgazadas hacia los bordes, sin que refluyan agua en cantidad sensible al golpear los vidrios con la paleta (lo cual se realizará generalmente amasando con 24 á 30 por 100 de agua). Las dos galletas, cada una sobre su placa respectiva, se conservarán en aire húmedo, al abrigo de corrientes de aire y de los rayos directos del sol (por ejemplo, en una caja cubierta y envuelta por trapos mojados) durante veinticuatro horas, ó por lo menos hasta que las galletas se hayan endurecido lo bastante para que una ligera presión de la uña no deje huella en la pasta. A continuación, una de las galletas se dejará sumergida en baño de agua potable á la temperatura ordinaria. Mientras, la otra galleta se sumergirá en agua potable, que desde la temperatura ordinaria se elevará en quince á treinta minutos á la de 100 grados centígrados, manteniéndose esta temperatura durante seis horas, y dejándola enfriar luego, se sacará la galleta y se examinará; si no presenta trazas de desagregación ni curvaturas ni hendiduras en los bordes, el resultado del ensayo al agua hirviendo se estimará satisfactorio y decisivo para declarar la estabilidad de volumen del cemento, pudiendo excusarse observaciones sobre la otra probeta. Pero si el resultado no fuere satisfactorio, se suspenderá el juicio y se continuará el ensayo sobre la probeta sumergida en el baño á la temperatura ordinaria: si en esta probeta llegaren á manifestarse desagregaciones ó curvaturas ó hendiduras en los bordes, la *expansión* de la pasta será indiscutible, é indiscutible que el cemento no cumple la condición de estabilidad de volumen. Se anotará el resultado de la observación después de los tres días de sumersión de la probeta y, en todo caso, el ensayo puede darse por terminado á los veintisiete días. Observación: las precauciones tomadas para que las galletas fragüen al abrigo de la desecación, tienden á evitar fisuras

de dilatación; si, no obstante, estas fisuras se producen, suelen aparecer generalmente en el centro de las galletas, y, careciendo de importancia, no deben ser tomadas por las grietas de expansión, que son las características de un principio de desagregación del cemento, resultante del aumento de volumen por relajamiento gradual de los enlaces ya adquiridos.

ARTÍCULO 19.

*Condiciones de resistencia á tracción de la pasta normal y del mortero normal plástico. Ensayos.—*a) La pasta normal de cemento, conservada un día al aire y veintisiete días sumergida en agua potable, ofrecerá resistencia á la tracción por centímetro cuadrado no menor de

32 kilogramos á los 7 días.
38 " " 28 "

b) El mortero normal plástico, conservado un día al aire y veintisiete días sumergido en agua potable, ofrecerá resistencia á la tracción por centímetro cuadrado no menor de

11 kilogramos á los 7 días.
15 " " 28 "

c) "Método del ensayo".

Confección de la pasta normal, como para el ensayo del fraguado.

Preparación de la arena normal compuesta.—La arena será la artificial obtenida en las obras del pantano triturando rocas calizas, duras, de densidad 2,7, y se compondrá mezclando en peso:

44 por 100 de granos obtenidos entre mallas de 5 y de 2 milímetros.

16 por 100 de granos obtenidos entre mallas de 2 y 0,5 milímetros.

40 por 100 de polvo y granos obtenidos bajo mallas de 0,5 milímetros.

Confección del mortero normal plástico.—Sobre una mesa de mármol ó de cinc, se mezclarán íntimamente en seco 250 gramos de cemento y 750 gramos de la arena normal compuesta, y formando una corona, se verterá en el centro y de una sola vez la cantidad de agua necesaria para que, después de un amasado enérgico con la paleta durante cinco minutos, resulte mortero de consistencia plástica. Para asegurarse de la obtención de esta consistencia, se llenará de mortero el molde del aparato de consistencia, se enrasará y alisará la superficie con la paleta y la mezcla será satisfactoria si resuda ligeramente la superficie al golpear ligeramente con la paleta en los costados del molde. Se procurará que la temperatura de cemento, arena, agua y aire esté comprendida entre 15 y 18°.

Confección de las probetas.—Se emplearán los moldes usuales de probetas en forma de 8 con mínima sección de 5 centímetros cuadrados, después de bien limpios y de frotados, así como las placas en que se apoyen, con un trapo engrasado. De un mismo amasado se llenarán con exceso seis moldes á la vez. Se apretará la pasta con los dedos para no dejar huecos y se golpearán con la paleta los costados del molde para facilitar el relleno y el desprendimiento de las burbujas de aire. Luego se enrasará cada molde, haciendo deslizar sobre los bordes una lámina recta de cuchillo, llevada

casi horizontalmente, á fin de quitar todo el exceso de pasta sin ejercer compresión alguna, y se alisará la superficie repasando con el cuchillo siempre apoyado en los bordes; pero si se trata de pasta pura, este último alisado se demorará hasta que haya adquirido consistencia suficiente.

Las probetas se conservarán en los moldes y sobre sus placas durante veinticuatro horas, al abrigo de corrientes de aire y de los rayos directos del sol, y cuanto sea posible en ambiente húmedo á temperatura entre 15 y 18°. A continuación se desmoldarán las probetas sin levantarlas, separando lateralmente los moldes; se pesarán todas para juzgar de la regularidad de confección, y se dejarán sumergidas en agua potable, renovada todas las semanas y conservada en lo posible entre 15 y 18°.

Número de amasados y de probetas.—Para el ensayo completo de pasta pura se harán tres amasados de un kilogramo próximamente de pasta, y con cada uno se llenarán 6 probetas: total, 18 probetas. En cada uno de los días cuarto, séptimo y vigésimo octavo, á partir del amasado, se romperán 2 probetas procedentes de cada amasado, ó sean grupos de 6 probetas.

Lo mismo se hará para el ensayo completo de morteros,

Rotura de probetas.—Se practicará con el aparato llamado "Balanza de Michailis".—Se adoptarán como resultados las medias de las cargas de rotura de las 6 probetas que constituyen grupo.

Observaciones: Conjuntamente con los resultados de estos ensayos deberán consignarse los del ensayo del fraguado, puesto que los cementos más rápidos suelen acusar resistencias más débiles. También se consignará, si es posible, el tiempo transcurrido desde la fabricación del cemento, porque almacenado y abrigado de corrientes de aire y de humedad suele aumentar la resistencia.

CAPÍTULO V

Recepción y abono del cemento.

ARTÍCULO 20.

Facultad de emplear el cemento antes de completar los ensayos.—El Ingeniero Director podrá disponer el empleo del cemento según las necesidades apremiantes á su juicio de la obra, sin esperar á conocer los resultados de los ensayos completos, incluso los de pruebas á veintiocho días. En caso urgente le bastará alcanzar resultados satisfactorios en las pruebas á siete días, y aun en extremos de mayor urgencia podrá emplear el cemento cuando la resistencia á tracción de la pasta no sea inferior á 7 kilogramos por centímetro cuadrado después de cuatro días, y sean satisfactorios los resultados de todos los demás ensayos.

ARTÍCULO 21.

Declaración de recepción y abono del cemento.—a) La declaración de la recepción y abono de cada remesa se entenderá hecha una vez aprobada por la Junta de obras la certificación correspondiente expedida por el Ingeniero Director.

b) La declaración á que se refiere el párrafo precedente será provisional, esto es, sin perjuicio de la liquidación final, y hasta que ésta se apruebe por la Superioridad.

ARTÍCULO 22.

Remesas recibidas.—Las remesas se entenderán recibidas sin reservas y serán valoradas por su peso neto y al precio del presupuesto de adjudicación, cuando sean satisfactorios los resultados de todos los ensayos prescritos en este pliego, incluso los de pruebas á veintiocho días, salvo los casos previstos en el art. 20.

ARTÍCULO 23.

Remesas rechazadas.—a) Las remesas serán rechazadas por el Ingeniero Director desde el momento en que alguno ó varios de los ensayos sobre las mismas no cumplan con las condiciones prescriptas en este pliego.

b) El Ingeniero Director dispondrá que se marquen los sacos correspondientes y señalará al adjudicatario plazo breve para que queden retirados del almacén y terrenos de las obras. En caso de incumplimiento de estas órdenes el Ingeniero Director procederá á verificarlo por cuenta y riesgo del Adjudicatario, el cual no tendrá derecho á reclamación alguna aunque se deteriore ó inutilice el cemento rechazado ó sus envases.

c) Se le descontarán al Adjudicatario tres (3) pesetas por tonelada de peso bruto de cada remesa rechazada, en concepto de gastos hechos por la Administración en transportar el material rechazado desde la estación hasta los almacenes, almacenaje, etc., etc.

ARTÍCULO 24.

Rescisión del contrato por defectos repetidos.—Se rescindiré la contrata, con pérdida de la fianza, cuando por tres veces tengan que rechazarse expediciones defectuosas, siempre que el defecto provenga de la composición ó condiciones del cemento y no de averías ocasionadas en el transporte.

ARTÍCULO 25

Abonos mensuales.—A buena cuenta de la liquidación final se abonará cada mes al adjudicatario el peso neto de las remesas de cemento, cuyos ensayos se hubieren terminado en el mes anterior, incluso los de pruebas á los veintiocho días.

CAPÍTULO VI

Devoluciones de envases.—Condiciones económicas y generales.

ARTÍCULO 26.

Devolución ó abono de los envases.—a) Dentro de los tres meses siguientes á la llegada de las remesas á La Peña, tendrá derecho el Adjudicatario á la devolución de los correspondientes sacos-envases en estado utilizable, ó á que se le abonen al precio del presupuesto los que no le fueren devueltos.

b) Es de cuenta de la Administración hacer los fardos de sacos, transportarlos á la estación de La Peña, facturarlos y pagar los portes á la estación de destino, determinada por el Adjudicatario en la proposición aprobada, y cargar los fardos en los vagones.

c) El Adjudicatario será avisado de estas devoluciones; por sí ó por su representante podrá contar los sacos y recha-

zar los, á su juicio, no utilizables, pero antes de que sean facturados; la no comparecencia ó cualquiera diferencia de apreciación manifestada con posterioridad por el Adjudicatario no le dará derecho á reclamación.

d) Por acuerdo previo y mutuo entre el Ingeniero Director y el Adjudicatario, podrá computarse el número de sacos devueltos, partiendo del peso de los fardos y del peso medio de los sacos.

ARTÍCULO 27.

Liquidación. Levantamiento de la fianza.—La liquidación final será hecha por el Ingeniero Director dentro de los tres meses siguientes á la terminación del suministro.

Aprobada la liquidación, será abonado el saldo si lo hubiere, y el Adjudicatario podrá levantar la fianza con arre-

glo al art. 65 de las condiciones generales para la contratación de las obras públicas.

ARTÍCULO 28.

Lugar y forma de los pagos.—Los pagos al Adjudicatario se realizarán en el domicilio de la Junta de obras, en Zaragoza, por talones contra la cuenta corriente de la Junta en la Sucursal del Banco de España en dicha plaza.

ARTÍCULO 29.

Condición general.—Regirán en este contrato las condiciones generales de contratación de las obras públicas aprobadas en 18 de Marzo de 1903, en cuanto no sean modificadas por el presente pliego, y los procedimientos para su ejecución serán los vigentes en las obras públicas.

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Ventilador-humedecedor de aire, sistema Hurling y Biedermann.

Para obtener productos de buena calidad en las hilanderías, es indispensable que la temperatura y la humedad del aire de los talleres sean convenientemente reguladas y mantenidas tan constantes como sea posible. Por este motivo se proveen estos talleres de instalaciones que permitan renovar, calentar y humedecer este aire á voluntad.

Estas tres operaciones pueden efectuarse simultáneamente por los ventiladores de los talleres de construcción Hurling y Biedermann, de Zittan (Sajonia). Las figuras 1.^a y 2.^a representan un corte axil y los detalles de construcción del pulverizador de agua, que tomamos del *Prakt. Maschinen-Konstr.*, del 22 de Diciembre del año pasado.

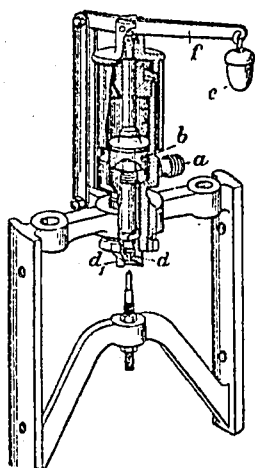


Fig. 1.^a

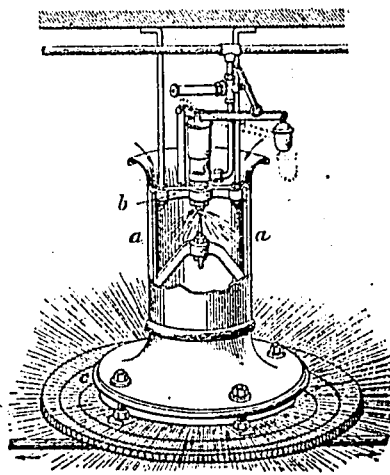


Fig. 2.^a

El aparato ha sido estudiado especialmente atendiendo á asegurar su funcionamiento en todas las circunstancias y á evitar las obstrucciones del tubo adicional de agua por los depósitos que ésta puede abandonar en él al evaporarse. Pulveriza muy finamente un cierto volumen de agua, cuyo surtidor, en forma de cono, arrastra al aire, renovándolo si la toma de aire se abre al exterior del taller, y cuando se quiere, además, calentar este aire antes de su entrada en la sala, basta humedecerle por medio de agua preliminarmente llevada á una temperatura más ó menos elevada, según la temperatura final que se quiere mantener en el local.

El órgano esencial del aparato es el pulverizador de agua re-

presentado en la figura 1.^a El agua, bajo una presión de 7 á 8 atmósferas, entra en este aparato por el tubo *a*, desembocando en un cilindro que contiene un émbolo *b*, cuya varilla está cargada, en su extremidad superior, por medio de una palanca *f* y de un peso *e*. El agua eleva este émbolo y se escapa en forma de surtidor muy rápido, por un tubo adicional dispuesto en un bloque *d* y al que un punzón *d*, solidario de la mitad inferior de la varilla del émbolo *b*, obtura cuando el aparato no funciona. El surtidor, brotando por el tubo adicional, viene á chocar con una punta cónica, dispuesta según su eje y que se puede separar ó aproximar á voluntad, sobre la cual se abre en un cono, formado de partículas sumamente finas y animadas de un movimiento muy rápido de translación.

Cada vez que el aparato suspende su funcionamiento, á consecuencia del cierre de la compuerta que regula la llegada del agua por *a*, por ejemplo, el peso *e* impulsa al émbolo *b* en su cilindro y expulsa á través del orificio de *d* el líquido contenido todavía en este cilindro. Además, cuando este émbolo llega al fin de su carrera inferior, el punzón *d*, penetra en el tubo adicional *d* y expulsa las materias sólidas que hayan podido depositarse en él. Esta operación se repite normalmente, por lo menos dos veces al día, al medio día y por la tarde, cuando se detiene la máquina de vapor y, por lo tanto también, la bomba de compresión que abastece al pulverizador.

La figura 2.^a representa al conjunto del ventilador dispuesto para humedecer y hacer circular el aire del taller, sin renovarlo. El cono de agua pulverizada se forma en el interior de un envoltorio *a* fijada á los soportes laterales *b* del aparato. Esta envoltorio se ensancha hacia abajo por encima de un platillo *c*, contra el cual se proyecta normalmente la mezcla de aire y de agua.

El aire húmedo se escapa lateralmente, en tanto que las gotitas quedan sobre el platillo *c* y vuelven, por un orificio central de este último y por un tubo de retorno, al depósito de agua de la bomba de compresión.

Para utilizar igualmente el aparato como ventilador, basta unir la envoltorio *a* á una toma de aire fresco, por medio de una cañería horizontal ó vertical, según la altura disponible y la disposición del local; en esta cañería se puede, además, intercalar un registro de regulación que permita hacer variar á voluntad la proporción de aire fresco y de aire tomado en el taller, que recorre este aparato. El consumo del ventilador-humedecedor de aire descrito es de 1.000 á 1.300 metros cúbicos por hora, para un gasto de fuerza de 0,1 á 0,15 caballo. La temperatura del aire consumido por él, es, según parece, con diferencia de algunos grados, la misma que la del agua inyectada en el pulverizador.