

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente..... Ilmo. Sr. D. Federico Rivero O'Neale, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Toribio Cáceres, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

INSTRUCCION

PARA LOS ENSAYOS DE CEMENTOS Y CALES HIDRÁULICAS

practicados en el Laboratorio de Cudillero.

I

CONSIDERACIONES GENERALES

Aprobado por la Superioridad el presupuesto de adquisición de los instrumentos y enseres más necesarios para los ensayos de cales y cementos con destino al puerto de Cudillero, complementados con los muebles aparatos y útiles indispensables e instalados en local elegido cerca de las obras, se realiza en principio la creación de un Laboratorio de ensayos, mediante el cual puede el servicio de Obras públicas de la provincia, disponer de un criterio equitativo para la recepción de cales y cementos y de una base segura de apreciación para el estudio de los materiales de procedencia diversa que á diario emplea.

Pero antes de pasar adelante creemos oportuno justificar las razones que lo han motivado, alcance que se asigna á los trabajos de Laboratorio y condiciones de su autorización, bastando á tal propósito reproducir los párrafos de la Memoria justificativa del presupuesto de adquisición de aparatos presentado por el que suscribe y orden concediendo los créditos pedidos.

MEMORIA JUSTIFICATIVA DEL PRESUPUESTO DE ADQUISICION

Antecedentes.

El extraordinario desarrollo que han adquirido de algún tiempo á esta parte las obras de hormigón y cemento armado, así en la provincia como en el resto de España, ha determinado un incremento de fabricación en los productos que hasta hace poco eran procedencias exclusivas de contadas casas industriales, las cuales monopolizaban los mercados con la excelencia de sus materiales y esmerada elaboración.

Necesidad de los ensayos de cementos.

Desde el punto de vista de las obras públicas, resulta de ese aumento creciente de centros productores una necesidad de atender con más esmero á los ensayos prescriptos para la recepción de los cementos, porque, tanto en las obras por administración como en las destinadas á contratas pueden los Ingenieros recurrir á fábricas distintas que las consagradas hasta ahora por la experiencia, ó sustituirlas por completo si las pruebas practicadas acusasen en las primeras resultados más satisfactorios. Análogamente pueden tolerarse al contratista expediciones procedentes de casas distintas que las señaladas en los pliegos de condiciones, cuando la economía de tiempo y la práctica adquirida en otras obras de duración y resistencia se sumasen á la mejora del cemento que los ensayos pudiesen de relieve.

Otros inconvenientes se derivan del aumento de producción. No siempre la rivalidad entre los fabricantes se traduce en beneficio de los materiales que elaboran; atentos á expedir rápidamente las partidas encargadas, sacrifican la finura del molido y el grado de coadura distinto para cada caliza, mientras que, obligados por las necesidades de la producción, cuyo equilibrio con el consumo no pueden regularizar, acopian existencias, á las que dan salida después de un almacenaje prolongado que debilita notablemente las cualidades esenciales del producto. De aquí también la conveniencia de prevenirse contra cementos acreditados sometiénolos á ensayos escrupulosos en el momento de la recepción.

Necesidad de aparatos para ensayos.

Pero es evidente que sin material completamente apropiado para ensayos no cabe pensar en ningún género de resultados dignos de confianza.

El Ingeniero que suscribe, encargado del puerto de Cudillero, no ha podido, por falta absoluta de aquéllos, llevar á cabo pruebas de resistencia durante el primer año de las obras, pues no merecen aquel nombre las efectuadas con briquetas, en cuya preparación se emplearon cementos sin tamizar, arenas de volumen heterogéneo y cantidades de agua variables que fueron desmoldadas antes de tiempo por carecer de moldes en número suficiente y sometidas á la tensión en días arbitrarios, cuando se disponía de la máquina de prueba, perteneciente á otros contratistas de la provincia.

Aparatos cuya adquisición se propone.

Dada la importancia relativamente pequeña del puerto de Cudillero, no cabe, aun contraviniendo las disposiciones que rigen hoy sobre la materia, esperar á que el tiempo sancione los resultados de los cementos Portland y Zumaya, puestos en obra, para exigir al contratista el cambio de materiales; pero menos todavía procede esa exigencia sin otra base de reclamaciones que ensayos groseros practicados sin sujeción á método alguno.

Al justificar en la presente Memoria el presupuesto de adquisición de aparatos, que tenemos el honor de presentar á la Superioridad, descartamos de nuestro propósito dedicarnos á investigaciones, más teóricas que prácticas, sobre cuestiones complejas de dosificación de morteros, composición granulométrica de arenas, influencia de huecos, etc., etc., ni son necesarias para recordar conclusiones sabidas de todos, y en las que nos fundamos para nuestro objeto, á saber: que con arenas del mismo yacimiento, aunque de distintos bancos, se obtienen resultados discordantes para un mismo cemento; que la diversa plasticidad de las pastas hace variar las resistencias; que la densidad aparente de los cementos, que constituye un dato útil á falta de otros, no puede precisarse sin los medios uniformes que se emplean para medirla; de aquélla se deduce la innegable utilidad de que el material comprenda, no sólo la máquina de prue-

bas llamada Michaelis, sino aparatos para la preparación de pasta normal de cementos, aguja Vicat para medir la duración del fraguado, aparatos con su molde para ensayos de deformación y entumecimiento, balanzas, tamices para cementos y preparación de arena normal, densímetros, probetas graduadas, embudo con litro especial para medir densidades aparentes, á las cuales se pueden añadir accesorios de poco coste que, aplicados á la máquina de tensión, sirven para pruebas de flexión y adherencia.

Conclusión.

En todo caso, terminadas las obras con motivo de las cuales se gestiona el material completo de ensayos, tendrá éste ventajosa aplicación en las oficinas de la Jefatura, como Laboratorio, de que hoy se carece, y en donde se podrá, por idénticos procedimientos, comparar los materiales de las diversas y numerosas contrataciones, unificando los resultados y hasta pudiendo servir éstos de base para proyectos pendientes de redacción.

Réstanos decir que los precios están tomados de los Catálogos de las casas de Madrid, y que los aparatos que proponemos son idénticos á los empleados en Francia por la Comisión oficial de métodos de ensayo de materiales de construcción.

Justificado, á nuestro juicio, el presupuesto que tenemos el honor de presentar á la Superioridad, terminamos esta Memoria, creyendo haber cumplido con el deber que el celo por las obras confiadas á su cargo impone al que suscribe.

La Dirección general de Obras públicas, en 8 de Agosto del año próximo pasado, manifestó á la Jefatura de esta provincia lo que sigue:

«Justificada la necesidad de atender con gran esmero á los ensayos de cementos y cales hidráulicas que en las obras públicas se emplean; en atención á que el creciente aumento de centros productores excita el celo del constructor, á fin de persuadirse por todos cuantos medios puede disponer, de la bondad de los materiales que emplea en sus obras, esta Dirección general ha dispuesto aprobar por su importe, que asciende á la suma de 925 pesetas 87 céntimos, el presupuesto presentado por esa Jefatura para adquirir los aparatos y enseres con destino á ensayos de cales hidráulicas y cementos que se empleen en las obras del puerto de Cudillero, en particular, y en general en todas las obras hidráulicas de esa provincia, para cuya adquisición por gestión directa y á justificar en forma, se autoriza á V. S., la cual realizará con cargo á la cifra de 40.000 pesetas consignada para estudios en el art. 1.º del capítulo 12 del presupuesto vigente.»

Con arreglo á la orden transcrita, se procedió á adquirir el

Material.

La adquisición del material se ha verificado dentro de una bien entendida economía, prescindiendo de lo superfluo á expensas de mejorar lo indispensable y recurriendo al presupuesto de conservación del puerto para aquellos gastos que por su índole caen dentro de la consignación otorgada y redundan en beneficio directo ó indirecto de las obras allí construidas y sujetas á periódicas reparaciones. Más adelante se reseña en inventario el total de la instalación.

Algunos aparatos como el de compresión, cuya adquisición por su elevado coste no propusimos, no figura todavía; esperamos que, á causa de su utilidad, será en breve adquirido.

Ensayos que pueden practicarse.

Los ensayos físicos, químicos y mecánicos, constituyen la totalidad de los que hoy se practican para conocer las cualidades de un cemento.

A causa de la incertidumbre que hoy todavía reina sobre el carácter verdadero que en la resistencia y fraguado desempeñan las proporciones y los elementos constitutivos de los aglomera-

mientos hidráulicos, los ensayos químicos carecen de la eficacia que tienen los físicos, y sobre todo los mecánicos, considerados los ensayos por excelencia. De aquí que no se hayan organizado todavía los análisis cualitativos y cuantitativos que como complemento habrán, sin embargo, de figurar más adelante.

Los trabajos que se realicen por ahora se reducirán á

- 1.º Determinar las propiedades de un cemento.
- 2.º Comparar varios de distintas procedencias.
- 3.º Comprobar si cumplen las condiciones del pliego en las obras contratadas y estudiar las que se pueden imponer en las proyectadas á fin de garantizar el empleo de un material previamente ensayado, y
- 4.º Investigar en un mismo material el modo como varían la resistencia, permeabilidad, porosidad, rendimiento, agrietamiento de un mortero, cuando varían la densidad finura del molido, dosificación, apisonado, etc., etc., y cualidades de las arenas que se empleen.

Instrucción para efectuar los ensayos.

Para llenar este complejo programa es necesario imprimir á los trabajos una marcha especial y una conveniente organización.

A nuestro juicio, basta con que nos ajustemos á las conclusiones formuladas por la Comisión oficial de métodos de ensayos de materiales de construcción, las que se hallan contenidas en la Memoria redactada por orden del Ministerio de Obras públicas de Francia y con arreglo á las cuales se practican los ensayos en numerosos Laboratorios.

Conocida es la gran autoridad que aún revisten los estudios de aquella Asamblea constituida por Ingenieros eminentes, peritísimos representantes de los grandes centros de producción y consumo de materiales de construcción, y sabios profesores de los Centros docentes de aquel país.

Los estudios encaminados á unificar los métodos de ensayos y elegir las unidades comunes destinadas á expresar los diversos resultados, se han condensado, por lo que se refiere á los materiales de enlace de las mamposterías que constituyen el objeto de nuestro trabajo, alrededor de un solo punto de vista que es: determinar para cada producto y aun para cada aplicación del mismo, un ensayo tipo que sirviese de término de comparación bien definido, que pudiera, á ser posible, ejecutarse siempre y en todas partes de igual manera y en idénticas condiciones, y que sirviendo de punto de partida para comparar con él los resultados de los ensayos más ó menos concordantes debidos á la iniciativa individual ó del Estado y realizados en Laboratorios nacionales ó extranjeros, evidenciase el modo de variar los diversos efectos en su relación con las diferentes causas. De esta manera, sin fijar reglas absolutas ni aconsejar tal ó cual propiedad ó ensayo como más preferente para emitir juicio definitivo sobre la bondad de un producto, queda en libertad el constructor para elegir los materiales de acuerdo con el resultado que se persigue, al mismo tiempo que se encauzan las investigaciones dentro de un criterio racional apropiado para realizar experiencias y observaciones de carácter práctico, utilidad general y alto valor científico.

El conjunto de todos los diversos procedimientos constituye el sistema.

Las conclusiones que dejamos consignadas y de las cuales incluimos un resumen traducido al final de estas consideraciones son, por consiguiente, el resultado de una obra común en la que han colaborado productores y consumidores; aceptadas por particulares, contratistas, Empresas constructoras, industriales y el Estado, han recibido la sanción general; numerosos Laboratorios de España y del extranjero se atienen á ellas y á ellas se ajustan los certificados que los fabricantes se hacen expedir para la presentación de sus productos.

La carencia, por otra parte, de una base rigurosa técnica ó comercial para la clasificación de cales y cementos de tan va-

riada hidráulica como la industria actual fabrica, presta también mayor relieve á las conclusiones de que hablamos. La precisión, método y claridad con que están redactadas las hace casi innecesarias de toda explicación. No obstante, recomendamos la lectura del texto de la Memoria como documento digno de estudio si se ha de precisar la verdadera significación de ciertos ensayos, el perfeccionamiento aportado á los procedimientos y las definiciones de algunos conceptos propios del sistema.

Cuadros de resultados.

Los cuadros de resultados correspondientes á todos los ensayos se hallan agrupados y forman un tomo aparte que comprende los

Ensayos de ruptura por tracción.
 Id. de id. por comprensión.
 Id. de id. por flexión.
 Ensayo de adherencia.
 Id. de permeabilidad.
 Determinación de finura del molido.
 Id. del peso específico.
 Id. del peso aparente.
 Id. del rendimiento.
 Ensayo de fraguado.
 Id. de agrietamiento.
 Id. de deformación.
 Id. de homogeneidad.
 Id. de porosidad y
 Clasificación de arenas.

Los cuatro primeros vienen expresados para los cementos Portland, rápidos y cales hidráulicas, en pasta pura y en morteros de 750 gramos de arena y cinco dosificaciones distintas entre las cuales una de ellas, la correspondiente al mortero llamado normal, comprende el mortero normal seco y el plástico definido en la Instrucción. Las pruebas se hacen para estos cuatro ensayos, á los siete días, á los veintiocho, á los ochenta y cuatro, á los doce meses, á los dos años, tres años y cuatro años; cada casa se representa por un número y dispone de dos cuadros para cada ensayo correspondiente á dos clases, por lo menos, de cementos rápidos y á dos de lentos.

Fabricación de briquetas.

La fabricación se ha organizado de modo que en dos días de trabajo puedan quedar terminadas todas las briquetas de cemento rápido de una casa cualquiera correspondientes á todas las dosificaciones y en número suficiente para todos los períodos de tiempo ó edades de aquéllas, bien entendido, que cada ensayo se lleva á cabo sobre seis briquetas distintas, anotando la media general de los resultados y la de los tres máximos. Cada cemento Portland requeriría ocho días para la partida de briquetas que evidencian, con el rigor compatible con estas pruebas, las propiedades todas y bondad de aquél.

La colocación de las briquetas de ensayo se efectúa sin confusión, que por otra parte no podría existir desde el momento en que cada una lleva impresa, con sellos especiales, la procedencia del cemento, clase y fecha de fabricación.

Concluida una serie de briquetas de una cierta dosificación se coloca en uno de los seis pisos formados por mallas metálicas horizontales de 26 cm. $\times$ 26 cm. en que se divide un entramado constituido por cuatro varillas de 0,65 metros de altura por 2 cm. $\times$ 2 cm. de escuadría. Cada grupo de cuatro entramados se coloca á su vez dentro de un tanque de madera de 70 cm. $\times$ 60 cm. $\times$ 60 cm. de capacidad.

Las mallas son de cobre ó hierro galvanizado, según se sumerjan los entramados en agua salada ó dulce.

Cada tanque se ha provisto de un sifón formado por un tubo doblemente acodado en ángulo recto, una de cuyas ramas entra

en el tanque hasta dos centímetros del fondo, y cuya otra se une al tubo horizontal de salida que atraviesa el muro y vierte el agua en las cunetas. Una fácil disposición de llaves y tapones permite encebar el sifón ó utilizarlo como vertedero cuando el agua alcanza cuatro centímetros por debajo del borde.

Esta disposición no ha sido una complicación inútil; merced á ella se aleja toda posibilidad de fugas por efecto del juego que por el frecuente uso tomarían las llaves unidas á la madera y del deterioro por causa del contacto de la madera y el metal.

Se evita también la posibilidad de que por descuido, falsa maniobra ó intencionadamente se dejase escapar el agua, con pérdida consiguiente de trabajo y dinero invertido, sin que quedara garantizada la inmersión durante toda la época del ensayo. Por último, se facilita el medio de llenar todos los tanques desde la calle usando mangueras sin abrir ni taladrar las tapas de aquéllos.

Depósitos de palastro para agua dulce y salada, armarios y cajas de zinc con cierre hermético para evitar que el cemento se airee, cajas de madera clasificadas y rotuladas para arenas y briquetas de cemento y mortero, y numeradas de igual modo que los entramados y mallas, completan la fabricación y facilitan el empleo de los registros que aparecen en el libro de pruebas.

Conclusión.

Concordantes los resultados de los ensayos merced á la uniformidad de los procedimientos, relectados los cuadros donde aquéllos se expresan con cierto espíritu de orden que permita agrupar los hechos observados, sintetizarlos, darles interpretación teórica y deducir consecuencias de carácter general de tanto mayor valor cuanto que, tratándose de ciencias en vías de formación, se carece de un cuerpo de doctrina por todos aceptado, la utilidad del Laboratorio instalado en Cullero, demostrada por sus aplicaciones prácticas, quedaría justificada por el sólo hecho del estudio más profundo que de las calles y cementos permite llevar á cabo al personal que lo maneje.

A continuación se inserta el resumen de la instrucción á que se ha hecho referencia.

TRANQUILINO FRASQUIERI.

Oviedo 8 de Mayo de Mayo de 1904.

II

INSTRUCCION

Informe de la Comisión acerca de los métodos de ensayo.

SÉPTIMA PARTE

Recapitulación de las conclusiones (1).

I

Observaciones generales.

Cuando se procede á hacer ensayos con los materiales que se utilizan para enlazar las manposterías, aunque no se pueden obtener resultados de una exactitud matemática, no deja de ser útil guardar todas las precauciones que se usan en las investigaciones de Laboratorio, sino se quiere añadir nuevas causas de error á las ya inevitables.

Estas precauciones son bastante conocidas para que sea necesario recordarlas en detalle; por lo tanto, la sección se limita á presentar algunas observaciones respecto á los aparatos que deben emplearse y á la selección de los nuestros.

Se ha dado en el curso de este informe una descripción completa de un cierto número de aparatos, y en cuanto á otros se han precisado las condiciones que deben reunir en armonía

(1) Véase la Memoria de la Comisión oficial.