

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

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

Redactor-Presidente... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 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.

ARENAS NORMALES PARA LOS ENSAYOS DE CEMENTOS

Cuando el Laboratorio central anexo á la Escuela de Ingenieros de Caminos estaba próximo á empezar sus trabajos, una de las primeras decisiones que tuvieron que tomar los profesores encargados de la dirección de los referentes á pruebas de cementos, fué la elección de una arena normal que pudiera servir, no sólo para comparar entre sí los obtenidos en el citado establecimiento, sino para relacionarlos con el mayor número posible de los practicados en otros laboratorios y que más directamente interesasen á los constructores españoles. No voy á ocuparme ahora de los razonamientos que, después de maduro examen, condujeron á adoptar como tipo la arena normal procedente de las playas de Leucate, propuesta en 1891 por la Comisión francesa de los métodos de ensayo de los materiales de construcción; únicamente apuntaré que la discusión quedó reducida después del primer examen, á pesar las ventajas y los inconvenientes que podían presentar las cuatro arenas siguientes: la adoptada, la francesa de Cherburgo, la prusiana de Freienwalde y una arena de origen y preparación españoles, que tendría sobre las otras la ventaja de que su precio permitiría á las obras de puentes, á las del Canal de Isabel II y demás dependencias del ramo de Obras públicas que hoy practican ensayos con arenas diferentes, adoptar como tipo la del Laboratorio y poder unificar los procedimientos y aprovechar en beneficio mutuo todos los resultados obtenidos.

Esta última ventaja hubiera sido decisiva si se hubiese podido encontrar una arena cuyos resultados fuesen iguales ó fáciles de relacionar con los de alguna de las tres anteriormente citadas, pues el Laboratorio no puede prescindir de establecer las bases de sus procedimientos de modo que los resultados obtenidos puedan compararse con los que continuamente se practican en otros países.

Hoy por hoy no existe una arena verdaderamente internacional, y aun cuando en las conferencias de Munich, Dresde, Berlín y Viena para unificación de los métodos de ensayos de materiales de construcción se estableció como tipo la arena prusiana de Freienwalde, ni es ésta la universalmente adoptada, ni siquiera la única empleada en Alemania, ni los trabajos para relacionar los resultados obtenidos con ella con los que suministran las demás, han dado ningún resultado positivo, que yo sepa. Y el asunto es tanto más interesante, cuanto que la mayor parte de los ensayos que se practican fuera de los laboratorios especiales, se refieren únicamente á pruebas por tracción, en las cuales todos los elementos del ensayo, y principalmente la arena de las mezclas, influyen de un modo muy variable y que exigen, por consiguiente, para poder ser comparadas una absoluta uniformidad de procedimientos.

Es muy importante, ya que no se puede llegar á la unificación absoluta de los métodos de ensayo, averiguar cómo y cuánto influyen en los resultados las variaciones posibles, y como preparación á otra serie más extensa (que se emprende actualmente),

el Laboratorio ha llevado á cabo una serie de ensayos comparativos entre arenas españolas y la de Leucate. No me corresponde á mí publicar los resultados obtenidos, pero no creo que sea una indiscreción grave, ya que los conozco, aprovechar los que convengan á mi propósito, que no es otro que dar un extracto comentado del trabajo que Herr M. Gary ha publicado en el cuaderno 3.º, correspondiente al año 1898, de las comunicaciones del Real Laboratorio técnico de Berlín, acerca de la comparación de arenas normales de distintas naciones.

Peró antes de entrar en materia, creo conveniente recordar que los números obtenidos en las pruebas de resistencia con los morteros normales de cemento, no pueden tomarse como coeficientes de resistencia para los proyectos; pues ni su elaboración, ni, por lo general, los esfuerzos á que se les somete, tienen analogía con los de la práctica. Sólo se trata de comparar la energía de los cementos, sin pretender siquiera obtener números proporcionales á ella, sino sólo números que sean mayores cuando los cementos sean mejores; y aun hay que confesar que ni esta modesta aspiración se llena de un modo absoluto, pues se ha dado el caso de que dos cementos poco diferentes, mezclados con la misma arena, aparezcan en un orden en las pruebas por tracción y en el inverso en las por compresión; y muy frecuentemente se presenta el de que un mismo cemento, probado con arenas de distinta procedencia, pero preparadas de modo idéntico, presente una variación radical en el orden de las resistencias obtenidas por tracción y por compresión.

Por esta razón, y por aproximarse mucho más á las condiciones del empleo en la práctica, merece particular atención el método propuesto hace ya algún tiempo por Mr. Férret (y del cual ha dado cuenta el Sr. García Arenal en los números 1.200 y sucesivos de ésta REVISTA). Parece tal vez demasiado rotunda la afirmación de que para una edad dada, la resistencia á la compresión de un mortero de cemento, es sólo función (aparte de su energía, por supuesto) de la relación $\frac{e}{c + v}$ en que e , c y v , son

respectivamente los volúmenes verdaderos del cemento, agua y huecos que hay en un volumen de mortero recién hecho, sean las que quieran las proporciones de la mezcla y el tamaño y forma de los granos de la arena *inerte* que se emplea. En realidad, por lo que yo he visto, no se puede tener una confianza absoluta en el procedimiento; pero aun tomándolo sólo como algo aproximado, tiene gran valor para unificar los ensayos con morteros plásticos, y creo que ha de dar resultados más seguros que el procedimiento actualmente seguido de los morteros secos y comprimidos, siempre que, quitándole mucha de su pretendida generalidad, se adopten arena normal bien constante, y proporciones también bien definidas. Gracias á los estudios de Mr. Férret, se podrá deducir de los datos obtenidos así, no sólo si un cemento es mejor ó peor que otro, sino las resistencias que *aproximadamente* se pueden esperar del mortero tal como se ha de poner en obra.

Pasando ya al examen del trabajo del Ingeniero M. Gary, hago notar ante todo, que los números obtenidos por él en sus trabajos de comparación de varias arenas normales, han sido

obtenidos haciendo ensayos muy minuciosos pero con un solo cemento. No puede, por consiguiente, admitirse sin ulteriores trabajos, que sean ya conocidas las relaciones entre las resistencias que se obtienen con las arenas normales de distintos países; es más, tengo motivos para creer que no hay constancia en dichas relaciones, ni aun empleando cementos de igual naturaleza.

De todos modos, son interesantes los datos que cita, y que en su mayor parte no copiaré, limitándome á comentar las conclusiones bastante vagas á que llega y á poner de mi parte lo que pueda para precisarlas un poco.

Respecto al origen y preparación de las arenas ensayadas, dice lo que en extracto traduzco á continuación.

Número 1. *Arena prusiana de Freienwalde*.—Se saca de una mina abierta en una capa terciaria de arena de cuarzo puro, que ha sido excavada en la formación carbonífera gris del valle de Hammer por la razón social Henneberg y C.^a Se lava, seca y se para la parte que pasa por el tamiz de 60 mallas y queda en el de 120. El grueso del alambre es de 0,38 y 0,32 mm., respectivamente, y la abertura resultante de 0,87 y 0,59 mm.

2. *Arena del Rhin*.—Preparada del mismo modo que la prusiana. (Esta arena es la que se emplea más frecuentemente en la Alemania meridional, y dudo bastante si, como parece, no hay un sitio determinado para sacarla, que sea de propiedades constantes.)

3. *Arena normal austriaca*.—Se extrae de los cerros arenosos próximos á Lemberg, y se toma como normal la que queda después de separar la que pasa por el tamiz de 144 mallas y la que queda en el de 64. Los gruesos de los alambres son 0,30 y 0,40 mm. y la luz de las mallas es de 0,53 y 0,85.

4. *Arena normal suiza*.—La prepara la casa Robert Vigier y Compañía, de Luterbach (Solothurn), por trituración de rocas cuarzosas, y se lava y tamiza con tamices de 64 y 144 mallas con alambre de 0,4 y 0,3 mm. de diámetro. Con los granos de cuarzo van mezclados bastantes de caliza y otras materias. Parece ser que el profesor Tetmajer estudiaba, cuando remitió las muestras, la adopción de una arena normal importada.

5. *Arena normal rusa*.—Esta nos interesa tan poco, que no he tenido en cuenta los resultados obtenidos con ella por Herr Gary; por eso en los cuadros que aparecerán en lo sucesivo, se notará que del núm. 4 saltaré al 7, pues siendo las arenas rusa y noruega de una composición granulométrica, totalmente distinta de la de las otras, no creo prudente hacerlas entrar en las comparaciones. Sin embargo, extracto del trabajo de Gary la descripción de ambas.

Para acercarse á las circunstancias de la práctica, se emplea en Rusia una mezcla por partes iguales de la arena que queda entre los tamices de 64 y 144 mallas, y la que queda entre éste último y el de 225.

No dice la procedencia, pero por las fotografías á escala ¹⁰/₁, que aparecen al final de la monografía, parece que es una arena natural angulosa.

6. *Arena normal noruega*.—Procede del Dramen, tamizada dos veces, una antes y otra después de lavarla (supongo que el primer tamizado será para simplificar la operación del lavado).

Se obtiene como la rusa, por mezcla á partes iguales, de las que quedan entre los tamices de 76, 124 y 235 mallas.

7 y 8. *Arenas normales francesas*.—La normal de Cherburgo, procede de la trituración de las cuarcitas de la cantera de Roule, lavada y tamizada con los tamices de 64 y 144 mallas (alambre de 0,4 y 0,3).

La de la Comisión francesa es la de las playas de Leucate; procede de descomposición de rocas de los Pirineos. Las corrientes litorales la depositan perfectamente lavada en una extensa playa, siendo notable la igualdad y la constancia de la composición de esta arena, que, sin embargo, no es de cuarzo puro. Los vientos clasifican además la arena por tamaños de granos, pudiendo recogerse del que se quiera (dentro de ciertos límites poco distantes) con sólo acercarse más ó menos á la orilla.

La mayor parte es cuarzo translúcido, opalino ó rojizo, con

una fuerte mezcla de feldespato y algunos granos oscuros de un gris verdoso.

El conjunto es pardo rojizo. (Extraño mucho que no se cite la mica negra, abundante.) Contiene también granos calizos procedentes, en parte, de las conchas de los moluscos marinos. (En el Laboratorio central se ha conseguido preparar placas para el microscopio con granos previamente clasificados por orden de densidades, desgastados con asperones hasta hacerlos transparentes, y en algunos de los más densos se ha podido reconocer que existían los elementos esenciales de las rocas graníticas, feldespato, cuarzo y mica dentro del mismo grano.)

Se toma como arena normal la que pasa por un tamiz de chapa perforada, con orificios circulares de 1,5 mm. de diámetro y queda encima de otro de 1 mm.

No copio lo referente á arena mezclada; con más detalles puede verse en las publicaciones de la Comisión francesa.

9. *Arena normal inglesa*.—El profesor B. C. Unwin, á quien se dirigió el Laboratorio de Berlín pidiéndole noticias acerca de las arenas normales usadas en Inglaterra, contestó que allí no las había propiamente normales, por usarse poco las pruebas de cementos amasados con arena. Sin embargo, hace años había elegido Mr. Grat una arena de una colina de Leighton Buzzard para este objeto. Las normas inglesas prescriben que se ha de preparar esta arena del mismo modo que la alemana, con tamices de 60 y 140 mallas por cm.²

10. *Arena normal americana*.—Se obtiene de una roca cuarzosa muy dura del estado de Massachussets, por trituración y tamizado.

No dice, y es lástima, los procedimientos empleados para triturar las rocas compactas que suministran las arenas artificiales, pero de la de Cherburgo pueden verse todos los detalles en los trabajos de la Comisión francesa. Se emplean piedras ordinarias cuya distancia se va acercando y por las cuales y un tamiz giratorio pasan repetidas veces los detritus astillosos de las canteras de Roule, reducidos cada vez á granos de menor tamaño, y procediendo así se obtiene un mínimo de harina y los granos bastante redondeados.

La arena americana debe ser fabricada por compresión ó machaqueo, y más probablemente con máquina de mandíbulas; por lo menos, puede darse por seguro, juzgando por el aspecto francamente anguloso que muestra su fotografía, que no se fabrica con muelas de molino.

TORIBIO CÁCERES.

(Se continuará.)

GEOMETRÍAS IMAGINARIAS Ó NO EUCLIDIANAS

POR FEDERICO VILLARREAL

1. *Postulado de Euclides*.—Trescientos años antes de la era cristiana, en Alejandría y bajo el reinado de Ptolomeo I.º, el insigne matemático Euclides compuso sus célebres *Elementos de Geometría*, que hasta hoy sirven de texto con muy pequeñas transformaciones.

Tanto el criterio de igualdad por medio de la superposición, como sus definiciones y postulados, se han discutido por los geómetras de todos los tiempos; pero principalmente en este siglo la discusión del postulado V ha conducido á conclusiones inesperadas. Como se sabe, ese postulado lo enunció Euclides así: *Si una recta corta á dos rectas, formando los ángulos interiores del mismo lado, de manera que sumen menos que dos rectos, estas rectas prolongadas al infinito, se cortarán del lado en que los ángulos valen menos que dos rectos.*

De la discusión ha resultado, que no es posible modificar lo afirmado por Euclides y que tenía razón Newton de quejarse, por haberse dedicado á otras obras de matemáticas antes de haber estudiado y meditado los *Elementos* de Euclides; así como La-