

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.

Sobre la influencia de la arcilla

EN LA ARENA DE LOS MORTEROS

Aquellas condiciones de las arenas que los antiguos tratados de materiales prescribían como primordiales (y llamo tratados antiguos á los que servían de texto en nuestras Escuelas hace pocos años), cuales eran la *ausencia de sustancias extrañas* y la *igualdad de los granos*, han recibido en estos últimos tiempos rudísimos golpes, hasta el punto de que la segunda se tiene hoy por completamente errónea, después de las admirables y minuciosas investigaciones de Feret, demostrativas de que, á igualdad de las demás circunstancias, las arenas de granos desiguales proporcionan morteros más resistentes.

En cuanto á la primera condición, ha sido también negada por varios Ingenieros, algunos de ellos españoles, en virtud de experiencias realizadas; pero se comprende que no pueda combatírsela con tanta facilidad, pues el asunto es de imposible generalización, dada la diversidad de casos que se presentan en la práctica: composición de las arenas, calidad de las arcillas, modo de venir mezclada una con otra, etcétera, etc. Sin embargo, una saludable duda ha invadido los espíritus, y hoy ningún tratadista se atrevería á incluir entre las cualidades precisas de las arenas el que estén desprovistas de arcilla.

La cuestión es de gran importancia en la práctica: el que esto escribe ha llegado á gastar 6 pesetas en el lavado del metro cúbico de arena, por exigirle un especialista de hormigón armado que éstas se le entregaran limpias en absoluto de arcillas. Pero sin llegar á este extremo, suponiendo que el lavado sólo cueste 3 ó 4 pesetas por metro cúbico, su influencia puede ser de entidad en el presupuesto de una obra de importancia: por ejemplo, en la presa de un pantano que cubique 100.000 metros cúbicos el lavado de las arenas supondría un sobrepeso de más de 100.000 pesetas.

En el pasado año, y con motivo de un concurso de maquinaria para fabricar el hormigón necesario en los muros de encauzamiento del río Guadalmedina, hice unos ensayos ligeros, pues el apremio del tiempo no permitía otra cosa, á consecuencia de los cuales propuse, y así fué aceptado, que se prescindiera de adquirir máquinas lavadoras, empleándose la arena del citado río en estado natural, ya que de los

citados ensayos resultaba que los morteros así fabricados tenían tanta ó más resistencia al cabo de veintiocho días, que los fabricados con arena limpia.

La importancia que esta cuestión podía entrañar para el pantano del Agujero, emplazado en el mismo río y en cuyas obras habrían de emplearse las propias arenas, me impulsaron á efectuar experiencias más detalladas y á más largo plazo, cuyo resultado paso á exponer, á los lectores de esta REVISTA.

**

Los ensayos han versado sobre cuatro muestras recogidas en los siguientes sitios:

- Muestra A.... Puente de Tetuán, á 800 metros de la desembocadura del Guadalmedina en el Mediterráneo, altitud 4 metros sobre el nivel del mar, pendiente del lecho 0,004.
Muestra B.... Martiricos, á 2 kilómetros de la desembocadura, altitud 9 metros, pendiente 0,008.
Muestra C y D. Agujero, emplazamiento del futuro pantano, á 7 kilómetros de la desembocadura, altitud 80 metros, pendiente 0,01.

Las cualidades principales de estas arenas eran las siguientes:

Cuadro núm. 1.

		A	B	C	D	Medias.
<i>Composición granulométrica de la arena sucia.....</i>	Gruesa...	26,98 %	37,49 %	40,52 %	65,55 %	42,88 %
	Media....	51,04 %	44,85 %	48,89 %	31,44 %	44,06 %
	Fina.....	21,98 %	17,66 %	10,59 %	2,01 %	13,06 %
<i>Densidad aparente (Peso en gr. de un litro).....</i>	Gruesa...	1.385 gr.	1.436 gr.	1.328 gr.	1.381 gr.	1.382 gr.
	Media....	1.370 gr.	1.431 gr.	1.337 gr.	1.373 gr.	1.378 gr.
	Fina.....	1.307 gr.	1.272 gr.	»	»	1.290 gr.
<i>Proporción de arcilla contenida.....</i>	Gruesa...	1,02 %	2,46 %	10,07 %	2,30 %	3,96 %
	Media....	7,43 %	7,99 %	8,60 %	2,81 %	6,71 %
	Fina.....	20,30 %	16,93 %	12,00 %	15,00 %	16,06 %
	(Conjunto.	8,53 %	7,47 %	9,55 %	2,71 %	7,06 %
<i>Composición granulométrica de la arena lavada.....</i>	Gruesa...	29,19 %	39,54 %	40,30 %	66,84 %	43,97 %
	Media....	51,66 %	44,60 %	49,40 %	31,40 %	44,26 %
	Fina.....	19,15 %	15,86 %	10,30 %	1,76 %	11,77 %

La clasificación en arena gruesa, media y fina corresponde á los granos obtenidos bajo cedazos de palastro perforado con agujeros circulares de 5, 2 y $\frac{1}{2}$ milímetros respectivamente. No se pudo determinar la densidad de las arenas finas en las muestras C y D por no arrojar cantidad suficiente para llenar dos veces el litro. El lavado de la are-

na se hizo hasta que el agua tuvo la translucidez de la de limón y se determinó la arcilla por la pérdida de peso después de la desecación.

La forma de los granos en todas las muestras era redondeada, lenticular ó fusiforme, siendo escasísima la aristada.

Su composición mineralógica es consecuencia de la estructura geológica ó, mejor dicho, petrográfica de la cuenca, constituida por dos grandes zonas: la superior, que comprende una tercera ó cuarta parte, contiene las rocas propias del terreno eoceno ó numulítico, y la inferior, de mucha mayor extensión, es una gran masa pizarrosa, atravesada por innumerables filones de diabasa ó diorita, perteneciente todo ello al cámbrico ó silúrico y al carbonífero inferior (*Kulm*), coronándose algunos cerros con pequeños manchones del triásico. Así, pues, la mayoría de los granos de las arenas son de diorita, una pequeña parte de caliza numulítica ó primitiva, y la arcilla y algunos de los granos finos proceden de la descomposición de las pizarras.

Conviene consignar todos estos detalles para que se comprenda la dificultad de deducir consecuencias generales del resultado de estos ensayos, pues sería raro que en otros casos coincidieran las características físicas y químicas ó mineralógicas de los elementos.

*
* *

Para hacer las pruebas de resistencia se utilizó un solo saco de cemento Asland, material ensayado previamente y que reunía buenas condiciones de fabricación y conservación y se hicieron con cada una de las muestras tres series de 18 probetas; ó sea en total 72 probetas en la siguiente forma:

- 1.^a serie: arena sucia natural ó sea con la composición granulométrica que consta al principio del cuadro anterior, en la cual va no solamente la arcilla mezclada con los granos finos, sino la que envuelve á todos ellos.
- 2.^a serie: arena lavada natural ó sea con la composición granulométrica del final del cuadro.
- 3.^a serie: arena lavada en proporciones ó sea con la primera composición granulométrica.

La razón de esta tercer serie es que, como según Feret, la resistencia depende directamente de la compacidad, y ésta, á su vez, de la proporción de granos finos, hasta tal punto, que al desaparecer éstos (para una cierta proporción de cemento), baja extraordinariamente la resistencia, quería comprobar si, en caso de que la 2.^a serie ofreciera menos resistencia, dependía esto de haber disminuído los granos finos, constituidos en parte por la arcilla como se deduce al comparar las composiciones granulométricas de la arena sucia y de la lavada.

Por último, se ha hecho otra cuarta serie de probetas que llamo de arena extrasucia, obtenida agregando á las arenas sucias de las muestras B y D la cantidad de arcilla pura de tejar necesaria para que este elemento entrara en la proporción de 12 por 100 y no sólo en polvo impalpable que envuelve los granos de arena, sino como elemento independiente, aunque sí reducido á polvo fino.

Las probetas se confeccionaron con 750 gramos de arena y 250 gramos de cemento, ó sea un mortero de 450 kilogramos por metro cúbico de arena, sumergiéndolas en agua á las veinticuatro horas de mantenerlas en una atmósfera húmeda, y se rompieron á los siete, veintiocho y ochenta y cuatro días, seis en cada ensayo, obteniendo las medias de

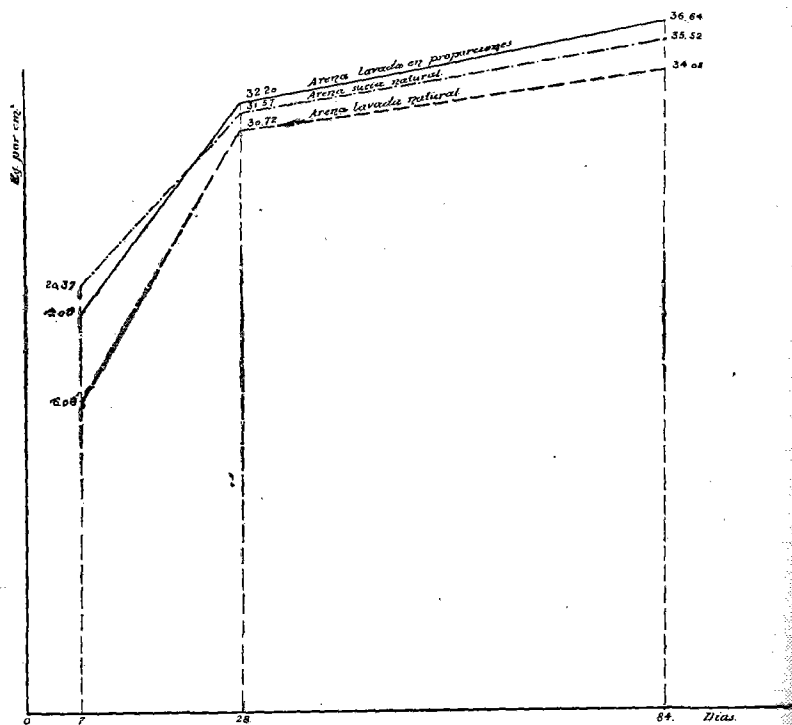
las 72 probetas; sólo una se rompió anormalmente, observándose en la fractura un defecto de amasado, desechándola, por lo tanto, para la obtención de la media.

El resultado de esta experiencia consta en el siguiente

Cuadro núm. 2.

Fechas de roturas.	Resistencia á la tracción en kg. por centímetro cuadrado.				
	Muestras.	1. ^a serie. Arena sucia natural.	2. ^a serie. Arena lavada natural.	3. ^a serie. Arena lavada en proporciones de la sucia.	4. ^a serie. Arena extrasucia.
7 días.....	Tetuán A....	16,90	13,08	17,18	»
	Martiricos B..	22,31	13,93	18,91	19,42
	Pantano 1. ^a C.	19,27	17,49	20,68	»
	Idem 2. ^a D...	23,00	20,55	19,49	21,77
	SUMAS...	81,48	65,05	76,26	41,19
	Medias...	20,37	16,26	19,06	20,60
28 días.....	Tetuán A....	31,12	27,05	28,77	»
	Martiricos B..	28,13	27,55	29,02	19,67
	Pantano 1. ^a C.	31,93	32,36	34,53	»
	Idem 2. ^a D...	35,11	35,90	36,47	28,34
	SUMAS...	126,29	122,86	128,79	48,01
	Medias...	31,57	30,72	32,22	24,00
84 días.....	Tetuán A....	35,92	31,98	35,36	»
	Martiricos B..	32,55	32,05	32,91	33,06
	Pantano 1. ^a C.	36,92	34,42	36,77	»
	Idem 2. ^a D...	36,68	37,86	41,51	38,06
	SUMAS...	142,07	136,31	146,55	71,12
	Medias...	35,52	34,08	36,64	35,56

Los términos medios deducidos de estas cifras que, aunque de un modo grosero, pueden considerarse como los resultados de la resistencia á la tracción de morteros confeccionados con la arena media cuyas características constan en la última columna del cuadro núm. 1, se han traducido en el adjunto gráfico.



Ciñéndonos, por lo pronto, á este caso particular, á la arena del Guadalmedina, se puede sentar:

- 1.^o La arena sucia natural con arcilla en proporciones

entre 2,71 por 100 y 9,55 por 100 (término medio 7,06 por 100) da una resistencia á la tracción mayor que la arena lavada natural, cuya diferencia es notable al principio (siete días), y es de presumir subsista permanentemente á juzgar por el resultado á los ochenta y cuatro días.

2.º Que esta diferencia, aunque en menor escala, subsiste á los siete días, cuando se prepara la arena lavada con las proporciones de la sucia: pero cambia de signo á plazos más largos, lo cual está conforme con las teorías de Feret, pues el lavado simple disminuye la proporción de granos finos, que ya eran algo escasos en la arena natural.

Consecuencia de ello es que no procede lavar las arenas del Guadalmedina, pues se disminuiría la resistencia de los morteros (1) y se encarecería la obra, y que de ningún modo sería procedente lavar las arenas, clasificarlas y dosificarlas luego en proporciones de la sucia, es decir, aumentarles los granos finos, pues el coste tan excesivo de todas estas operaciones sólo producen un aumento de resistencia de un 3 por 100 á los ochenta y cuatro días, que es de presumir disminuya con el tiempo.

* *

Como ya he dicho, la generalización de estas consecuencias á otras arenas de distinta composición granulométrica ó mineralógica sería aventurado; sin embargo, no creo que lo sea el asegurar que la condición de limpieza de las arenas no es indispensable y, sobre todo, que antes de proceder al lavado de arenas, tan recomendado hasta hace poco tiempo, debe ensayarse la influencia de la arcilla que contenga en la resistencia de los morteros, para no exponerse á hacer gastos de importancia con resultado negativo, cuya aseveración no la doy como novedad, sino como una confirmación más de lo aconsejado en estos últimos tiempos por distintos Ingenieros.

M. GIMÉNEZ LOMBARDO.

Málaga 2 Abril 1912.

Apuntes sobre Mecánica social

POR ANTONIO PORTUONDO Y BARCELÓ.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

II

Para intentar más adelante la exposición teórica de los principios y teoremas de *Estática social* y de *Dinámica social*, aplicando los de la Mecánica racional á los individuos y á las agrupaciones sociales, es indispensable recordar algunas nociones é ideas preliminares de la ciencia del movimiento y de las fuerzas.

Se sabe que la idea de movimiento es esencialmente *relativa*, y arranca de la experiencia muy antigua del hombre por los movimientos de los cuerpos *con relación* á su propio cuerpo (2). Pero Newton partió de la noción abstracta y metafísica de lo que él llamaba tiempo absoluto ó matemático,

(1) Con morteros menos ricos que los de las probetas es evidente que la compacidad y, por tanto, la resistencia sería menor en la arena lavada, pues todavía sería menor la proporción de granos finos (arena y cemento).

(2) Piensan algunos que la creencia en el movimiento *absoluto* proviene de haberse fijado hereditariamente, á través de millares de generaciones, aquella idea de movimiento, que ha tomado así el aspecto de absoluto. Los que así piensan aplican idéntica consideración á todas las nociones que el hombre tiene hoy como absolutas.

como transcurriendo siempre del mismo modo; y de la noción—también abstracta y metafísica—de espacio absoluto, que permanece siempre como inmóvil y semejante á sí mismo.

Estas nociones, y la consiguiente del movimiento absoluto, aunque careciendo de toda significación real, sirvieron á Newton de base para sus deducciones matemáticas, y para explicar el encadenamiento en la dependencia mutua de los fenómenos mecánicos. Así Galileo y Newton constituyeron definitivamente la Mecánica como ciencia. Sea lo que fuere de esas nociones metafísicas sobre las cuales nos abstengamos de filosofar, nos expresaremos por medio de ellas, como se expresa todo el mundo.

En la exposición newtoniana de la Mecánica, después de adoptar como base esas nociones, se admite como *primer Principio* el de la *inercia*, por el cual se afirma que, si no hubiera fuerza alguna, un punto material permanecería en reposo eternamente, ó se movería en el espacio absoluto uniformemente y en línea recta indefinida (1). Si como hecho físico se observa que en un punto pasa del reposo al movimiento ó se observa que existe alguna aceleración en el movimiento de un punto, es lógico inferir de ese hecho la existencia de alguna acción *exterior* que lo produce, y se llama *fuerza*. Por esto se dice, con razón, que la fuerza es una abstracción á que se llega por una inferencia lógica, si se admite el principio de la inercia (2). La hipótesis de la existencia de la fuerza envuelve, como se ve, algo que transciende del hecho mismo, y cuando en la *Mecánica racional* se hace la hipótesis para la acción á distancia, se introduce además algo que parece repugnar al sentido común. Para las aplicaciones en las ciencias físicas, el éter salva esta repugnancia; pero para la pura Mecánica racional se puede perfectamente admitir la acción á distancia como un símbolo, según dice Echegaray.

No es cosa de nuestro tiempo modernísimo el escrúpulo sobre las acciones á distancia, porque al mismo Newton (al introducirlas en la ciencia) le parecía absurdo que un cuerpo pudiera actuar sobre otro á través de un espacio vacío, sin intermediario. Newton desistió de hacer hipótesis para explicar el fenómeno de la gravitación universal, y por eso dijo clara y terminantemente que él no había encontrado la explicación del fenómeno. El no se ocupó en especulaciones

(1) La inercia debe de ser vista como *Postulado* que se refiere al punto material y no á los cuerpos, porque en éstos hay ya fuerzas interiores que están ejerciendo su acción, por pequeño que sea el cuerpo que se quiere concebir. Hay que admitir el principio de la inercia para la pura abstracción del *punto material*, de que parte la *Mecánica racional*. Hay quienes rechazan el principio de la inercia, porque supone las nociones metafísicas del espacio y del tiempo *absolutos*, que no son admisibles, y estudian la exposición de algunas leyes mecánicas sin el principio de la inercia. Ya dijimos en la *Introducción* que para la aplicación á los asuntos de carácter social seguiríamos el camino trillado de los cursos elementales de la Mecánica racional *clásica*.

(2) A propósito de la noción de fuerza, son de recordar las palabras de Cournot: "Si el hombre no tuviera conciencia de su propio esfuerzo (por el sentido muscular), el espectáculo de la naturaleza habría podido despertar en él las nociones de espacio, de tiempo y otras, pero no la de fuerza."

Sobre la génesis de la noción de espacio, Poincaré dice á su vez: "Para un ser completamente inmóvil no habría espacio; en vano se moverían á su alrededor los objetos exteriores; las variaciones que él notara en sus impresiones propias no serían atribuidas por ese ser á cambios de posición, sino á simples cambios de estado, porque él no tendría medio alguno de distinguir esas dos especies de cambios; esta distinción—capital para nosotros—carecería de sentido para él."