

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

7 AGOSTO 1902

SUMARIO

	Páginas.
Puerto de Bilbao (conclusión) . . . . .	629
Puerto de Alicante (continuación). . . . .	629
Información. . . . .	633
Navegación aérea (conclusión). . . . .	- 285 -
Revista extranjera . . . . .	- 286 -
Proyecto de las obras de defensa de Sevilla contra las inundaciones (continuación). . . . .	- 288 -
Noticias industriales y personal de obras públicas. . . . .	637

## NAVEGACION AEREA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

### NOTICIA

acerca de la Memoria del Sr. D. Leonardo Torres sobre la estabilidad de los globos.

(Conclusión.)

#### NOTA

SOBRE LA INTEGRACIÓN DE LA ECUACIÓN

$$r = \frac{Pz + C'}{Az + C - P \operatorname{sen} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{dx}{dz}}$$

El valor del radio de curvatura  $r$  tiene por expresión

$$r = \frac{\left[1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2x}{dz^2}}$$

De suerte que la ecuación propuesta, poniendo en ella por el seno su valor en función de  $\frac{dx}{dz}$ , se transforma en esta otra

$$\frac{\left[1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2x}{dz^2}} = \frac{Pz + C'}{Az + C - P \frac{dx}{dz} \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2}}$$

ó en la que sigue, representando por  $\alpha$  el ángulo de la tangente á la curva con el eje de la  $z$ :

$$\frac{(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)^{\frac{3}{2}}}{\frac{d \operatorname{tg} \alpha}{dz}} = \frac{Pz + C'}{Az + C - P \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$$

ó finalmente

$$\frac{1}{\cos \alpha} \frac{d \alpha}{dz} = \frac{Pz + C'}{Az + C - P \operatorname{sen} \alpha}$$

De donde, sucesivamente, se deduce que

$$\frac{Az + C - P \operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} = (Pz + C') \frac{d \alpha}{dz};$$

$$(Az + C - P \operatorname{sen} \alpha) dz = (Pz + C') \cos \alpha \cdot d \alpha;$$

$$(Az + C) dz - P (\operatorname{sen} \alpha \cdot dz + z \cos \alpha \cdot d \alpha) = C' \cos \alpha \cdot d \alpha;$$

$$(Az + C) dz - P d(z \operatorname{sen} \alpha) = C' \cos \alpha \cdot d \alpha$$

Y como todos los términos de la última son integrables, designando por  $M$  una constante arbitraria, hállese que

$$\frac{1}{2} Az^2 + Cz - Pz \operatorname{sen} \alpha = C' \operatorname{sen} \alpha - M$$

La primera integral completa será, pues

$$\frac{1}{2} Az^2 + Cz - (Pz + C') \operatorname{sen} \alpha + M = 0.$$

Para integrarla segunda vez, basta poner en ella

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\frac{dx}{dz}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2}}$$

y encontraremos que

$$\frac{\frac{dx}{dz}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2}} = \frac{\frac{1}{2} Az^2 + Cz + M}{Pz + C'}$$

ó, elevando al cuadrado

$$\frac{\left(\frac{dx}{dz}\right)^2}{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2} = \frac{\left(\frac{1}{2} Az^2 + Cz + M\right)^2}{(Pz + C')^2}$$

de donde se desprende esta otra:

$$\frac{dx}{dz} = \pm \frac{\frac{1}{2} Az^2 + Cz + M}{\sqrt{(Pz + C')^2 - \left(\frac{1}{2} Az^2 + Cz + M\right)^2}}$$

integrable por *funciones elípticas*, puesto que el polinomio en  $z$ , que está bajo del radical, es de 4.º grado. Con la circunstancia favorable de que las cuatro raíces del polinomio se obtienen inmediatamente por descomponerse aquel polinomio en dos factores de este modo

$$\left(Pz + C' + \frac{1}{2} Az^2 + Cz + M\right) \left(Pz + C' - \frac{1}{2} Az^2 - Cz - M\right)$$



## REVISTA EXTRANJERA

### Método del Sr. Brinell para la determinación de la dureza de los cuerpos por penetración de una bola de acero en la substancia estudiada.

Los anales del *Jernkontor*, revista sueca de minas y metalurgia han reproducido una Memoria del Sr. Axel Wahlberg, del laboratorio de ensayos de la Real escuela técnica de Stokolmo, acerca de los estudios del Sr. Brinell, Ingeniero Jefe de las fábricas de Fagersta, sobre las propiedades de los hierros y de los aceros.

La primera parte de este trabajo está consagrada á consideraciones generales sobre los métodos de estudio de la dureza de los cuerpos, á la descripción del método indicado por el Sr. Brinell para el estudio de esta propiedad de la materia y á la exposición de las investigaciones empezadas y de los primeros resultados obtenidos.

Este método de ensayar ha sido objeto de Memorias presentadas en los Congresos internacionales de ensayos de materiales celebrados en París en 1900 y en Budapest en 1901.

Hé aquí la parte de la Memoria de Wahlberg relativa á las consideraciones generales sobre la dureza de los cuerpos y sobre el método Brinell considerado en general.

*Consideraciones generales sobre los métodos empleados hasta ahora para el estudio de la dureza de los cuerpos.*—En los ensayos de materiales, la determinación de la dureza ha tropezado siempre en dificultades de naturaleza tanto teórica como práctica, y se puede decir con algo de razón que los métodos basados en consideraciones teóricas son en general muy difíciles de llevar á la práctica, mientras que los que de más provechó han sido en la práctica no han sido consecuencia de consideraciones teóricas preliminares y fundamentales.

Habría que buscar el origen de esta dificultad en varios hechos, entre los cuales se debe citar la falta de acuerdo en la noción de dureza, mientras que es fácil entenderse cuando se trata, por ejemplo, de las nociones de resistencia á la rotura, de alargamiento, etc. Estas últimas nociones presentan carácter absoluto, mientras que la noción de dureza tiene carácter relativo como las nociones de calor y frío.

Es probable, sin embargo, que se pueda adoptar de un modo general la definición siguiente: *la dureza de un cuerpo es la resistencia que ofrece á la penetración de otro cuerpo.*

Los diferentes métodos que se han empleado para la determinación de la dureza de los cuerpos pueden clasificarse en los tres grupos siguientes:

- 1.º Medición de la dureza de los cuerpos por la penetración de un cuerpo más duro.
- 2.º Por las propiedades de resistencia propia de la materia ensayada.
- 3.º Por un ensayo de la materia sobre sí misma (método Föppl).

Todo método para determinar la dureza de los cuerpos basado en sus propiedades de resistencia, supone que existe una relación constante entre estas últimas y la dureza, relación que puede existir entre ciertos límites. Fuera de estos límites que en los metales pueden depender de su composición química, del sistema de fabricación, etc., este método puede ser inaplicable; además, se deberían preparar siempre para los ensayos probetas de naturaleza conveniente, cosa por lo menos muy difícil si no imposible.

En consecuencia, la mayor parte de los métodos para la determinación de la dureza corresponden á la primera categoría, pero todos presentan, por lo menos, un punto débil: suponen un *cuerpo tipo*. Cuando se determina la dureza de un cuerpo por la penetración de otro cuerpo más duro, se debe considerar que éste no ha sufrido cambio alguno durante los ensayos, en el caso de que se quiera poder establecer comparación entre los resultados obtenidos. Esta invariabilidad, tanto en la forma como en la dureza del cuerpo tipo, será posible para cierta disposición de los ensayos, pero los métodos de este género difícilmente permiten hacer comparaciones directas entre los resultados obtenidos con dos disposiciones diferentes, y esto es, incontestablemente, un punto flaco que hay que tener en cuenta. Por lo tanto, el conjunto de estos métodos se resiente de la dificultad de hallar un modo de operar que permita obtener resultados concordantes, é independientes de la concepción propia de cada uno de los métodos.

Para evitar estos inconvenientes, el sabio alemán Herz propuso un método para la determinación de la dureza por comparación del cuerpo consigo mismo. Herz no terminó el estudio de este método, que siguió después el profesor Föppl, de Munich.

Se preparan dos placas de 15 mm de ancho por 25 mm de largo y se torneá uno de los lados menores con un diámetro de 40 mm. La superficie cilíndrica así obtenida se pulimenta cuidadosamente.

Las dos placas se colocan cruzadas y con las partes cilíndricas en contacto y se comprimen una contra otra.

A partir de cierta carga se producen huellas permanentes, redondas, cuya extensión, suponiendo la carga constante, es indirectamente proporcional á la dureza del cuerpo ensayado. Para un mismo cuerpo la extensión de estas huellas es directamente proporcional á la presión.

Este método, considerado desde el punto de vista teórico, podría satisfacer todas las exigencias que puede haber en un método de ensayo, pero desgraciadamente sólo por excepción puede ser satisfactorio en la práctica. En efecto, por una parte es muy difícil preparar las probetas sin que precisamente la parte cuya dureza se quiere medir no experimente ciertas modificaciones por el trabajo á que su superficie se ha sometido, de suerte que se mide la dureza de algo que no es lo que se quiere estudiar; por otra parte, el ensayo es por sí mismo muy difícil de ejecutar, puesto que se admite que la presión exactamente se ejerce normalmente al plano tangente en los puntos de contacto, lo cual exige el empleo de máquinas especiales.

La necesidad de un método conveniente se impone siempre, especialmente en la industria de metales, del hierro sobre todo.

*Exposición del método Brinell y consideraciones generales sobre este método.*—Entre los que han trabajado buscando una solución, hay que citar al Sr. Brinell, de las fábricas de Fagersta, en el Westmanland (Suecia). La primera razón que impulsó al Sr. Brinell para hacer este estudio fué la necesidad de encontrar un medio sencillo y satisfactorio de comprobar en la fabricación de aceros los ensayos de forja que sirven principalmente para dar una idea de la dureza del material.

Como el método Föppl no era satisfactorio en la práctica, el señor Brinell creyó que era imposible prescindir del cuerpo tipo para el estudio de la dureza de los cuerpos y estimó que para obtener resultados satisfactorios era preciso, en primer lugar, hallar un cuerpo tipo conveniente. Respecto á la forma de este cuerpo, reconoció que la forma esférica tenía superioridad incontestable sobre las formas usadas hasta hoy, cónicas, cortantes ó piramidales, porque la esférica es la más fácil de obtener siempre igual en todas las condiciones de tiempo y de lugar. Faltaba encontrar una substancia conveniente que poseyera dureza extraordinaria, que fuera fácil de adquirir y que fuera de invariabilidad casi perfecta en sus propiedades mecánicas. El Sr. Brinell pensó en las esferas de acero templado que se usan en los cojinetes de bolas. Estas se fabrican con materiales de calidad excepcional y constante, de una manera esmerada y racional, y se someten, después del temple, á una selección tal que se separan las bolas de dureza y elasticidad diferentes.

Las bolas empleadas por el Sr. Brinell han sido fabricadas en la «Deutsche Gusstahlkugelfabrik», en Schweinfurt, han resultado excelentes, pues muy pocas de ellas se han aplastado en los ensayos de aceros templados para herramientas y en los de fundiciones blancas con 5 por 100 de manganeso.

Según Brinell, para que un método sea conveniente en la práctica debe de cumplir con las siguientes condiciones:

- 1.º Debe dar resultados seguros;
- 2.º Debe ser fácil de aprender y de ejecutar;
- 3.º El cuerpo que se va á ensayar no debe tener necesidad de ser
- 4.º El cuerpo que penetre en la substancia que se ensaya, ha de ser barato, fácil de obtener, de forma siempre idéntica y de dureza suficiente y constante;
- 5.º Los productos acabados, como blindajes, proyectiles, etc, deben poder ser ensayados sin estropearlos;
- 6.º Los resultados obtenidos deben poder dar una expresión de las propiedades absolutas de los cuerpos y no sólo de su dureza relativa.

El Sr. Brinell espera que, después de profundos estudios, responderá á todas estas exigencias el método por él inventado.

El principio de este método es el siguiente: Una bola de acero duro se hunde, con una presión suficiente, en la materia que se trata de ensayar, se mide el diámetro de la huella, se determina la superficie de la cavidad esférica en milímetros cuadrados, y por este número se divide la presión ejercida medida en kilogramos. Al cociente que se obtiene lo llama el Sr. Brinell *índice de dureza*, é indica, según él, que presión en kilogramos por milímetro cuadrado puede resistir la substancia ensayada.

La definición del Sr. Brinell del índice de dureza no es absolutamente exacta. Si el ensayo se hiciera empleando un disco circular plano, absolutamente indeformable, lo sería, pero no lo es empleando un cuerpo esférico. Además, hay que tener en cuenta la deformación acci-

dental de la bola, por ligera que sea; por otra parte, la materia es rechazada en parte alrededor de la bola en el momento de la penetración. A pesar de esto, es cierto que si se divide la presión por la superficie del casquete esférico se obtiene para la dureza valor más exacto que dividiendo por la superficie del círculo de base del casquete.

El objeto de esta Memoria no es hacer un estudio completo del asunto, lo cual exigiría ensayos más completos que los que hasta aquí se han hecho, sino exponer los trabajos del Sr. Brinell, haciendo con él la reserva de que el método se halla en su primera fase de estudios; no se podrá hacer estudio teórico más profundo sino después que se terminen los ensayos que en el laboratorio de la Real Escuela teórica de Stokolmo se están ejecutando, gracias a la subvención del *Jernkontor*.

Hay que notar, sin embargo, que la definición del índice de dureza, tal como la da el Sr. Brinell, aunque inexacta tomándola al pie de la letra, parece justificada. En efecto, tomando como divisor la superficie del casquete en lugar de la superficie de su círculo de base, se tiene en cuenta, hasta cierto punto, la modificación en la dureza que por la penetración de la bola experimenta la materia ensayada. Por consecuencia de esta penetración, la materia sufre un trabajo en frío, tanto más enérgico cuanto más profunda es la penetración de la bola. Lo cual quiere decir que la materia dará índices de dureza diferentes según la profundidad mayor ó menor de la huella. La definición del señor Brinell tiene en cuenta este hecho, porque la superficie del casquete aumenta más rápidamente que la superficie del círculo de subbase, y, por lo tanto, el cociente de la carga por el área del casquete aumenta menos rápidamente que tomándolo como divisor el círculo de la base.

*Modo operar para el ensayo por el método de Brinell.*—Se emplea un fragmento de la materia que se quiere ensayar capaz de dar una placa cuadrada de 10 milímetros de espesor y de 30 milímetros de lado. Entre ciertos límites las dimensiones de la probeta son indiferentes, puesto que el Sr. Brinell ha demostrado experimentalmente que a partir del momento en que el espesor llegaba á 2 milímetros y medio, sus variaciones no tenían influencia alguna sobre el resultado de los ensayos, y lo mismo sucede con la longitud ó anchura de la probeta, que basta que sea lo suficiente para que sus lados no experimenten variación alguna en su forma por consecuencia de la compresión; esta última condición se cumple si la anchura no baja de 30 milímetros. Finalmente, no es necesario dar á la probeta una forma particular; únicamente conviene que dos de sus lados sean paralelos y que su superficie sea plana; no es preciso que esta superficie esté pulimentada, si bien es incontestable que la precisión en la lectura de las dimensiones de la huella será mayor cuanto mejor preparada esté la superficie; este trabajo de la superficie se subordinará á la precisión con que quiera hacerse el ensayo.

Para la ejecución del ensayo las disposiciones variarán según el material de que se pueda disponer. Se pueden emplear prensas especiales para este ensayo. La bola se coloca en una cavidad hecha en un cilindro de acero templado y sobre ella se pone la probeta.

Hasta ahora no se ha estudiado la influencia que pueda tener sobre el resultado del ensayo la duración de la precisión; esta investigación figura en el programa de los ensayos emprendidos en el laboratorio de Stokolmo.

Cuando ha cesado la presión, lo más práctico es medir el diámetro del hoyo por medio de un microscopio con retículo, y se divide la presión máxima por la superficie del casquete. Para facilitar el trabajo y reemplazarlo en los ensayos por una simple lectura, se hacen cuadros para cada uno de los diámetros de bolas que se empleen. He aquí un cuadro para bola de 10 mm:

CUADRO I.—Diámetro de los casquetes esféricos, superficie de los mismos y presión en kg por mm<sup>2</sup> (Tabla para bola de 10 mm de diámetro.)

Diámetro en milímetros.	Superficie del casquete esférico en mm <sup>2</sup>	ÍNDICES DE DUREZA				
		5.000	3.000	1.000	50	200
		A	A	A	A	A
1,60	2,0232	2.480	1.487	495	248	99
1,80	2,5761	1.940	1.164	388	194	77,5
2,00	3,1762	1.577	946	316	158	63
2,20	3,8485	1.304	782	261	130	52
2,40	4,5930	1.090	652	217	109	44
2,60	5,4086	955	555	185	93	37
2,80	6,2832	798	477	159	80	32
3,00	7,1880	696	418	140	70	28
3,20	8,2624	606	364	121	61	24
3,40	9,3588	535	321	117	54	21,4
3,60	10,5339	476	286	95	48	19
3,80	11,7196	425	255	85	43	17
4,00	13,1162	382	228	76	38	15,2
4,20	14,5236	335	207	69	34,5	13,8
4,40	16,0253	312	187	63	31,2	12,5
4,60	17,6087	284	170	57	28,4	11,4
4,80	19,2768	254	156	52	25,9	10,4
5,00	21,0455	238	143	48	23,8	9,5
5,20	22,9035	218	131	44	21,8	8,7
5,40	24,8720	201	121	40	21	8
5,60	26,9392	186	112	37	18,6	7,4
5,80	29,1163	172	103	34,4	17,2	6,9
6,00	31,4160	159	95	32	15,9	6,4
6,20	33,8350	148	89	29,6	14,8	5,9
6,40	36,3828	138	82	27,5	13,8	5,5
6,60	39,0720	128	77	25,5	12,8	5,1
6,80	41,9058	119	71,5	23,8	11,9	4,8
7,00	44,9028	111	67	22	11,1	4,4

Si, por ejemplo, con una carga de 3.000 kilogramos el diámetro de la huella es de 4,20 mm, el índice de dureza es 207.

Cuando se quiere formar idea del método Brinell, la cuestión que desde luego se presenta es la de saber qué influencia puede tener sobre los resultados el hecho de emplear cargas variables con diámetro de bola constante ó carga constante con diámetros de bolas variables.

Para dilucidar esta cuestión el Sr. Brinell ha ejecutado tres series de ensayos, de las cuales sólo reproduciremos en esta Memoria la tercera que es la más completa.

En esta serie se emplearon tres especies de acero cuya composición era la indicada en el cuadro II:

CUADRO II.—Análisis de los aceros empleados.

Número del acero.	CUERPOS DIFERENTES DEL HIERRO				
	C.	Si.	Mn.	S.	P.h.
1	0,16	0,007	0,10	0,020	0,026
5	0,45	0,27	0,45	0,018	0,028
12	1,25	0,60	0,20	0,010	0,027

Los resultados de los ensayos hechos con los aceros núm. 1, muy dulce; núm. 5, medianamente duro, y núm. 12, muy duro, para determinar la influencia de la variación del diámetro de las bolas y de la variación de la presión, se consignan en el cuadro III:

CUADRO III

Diámetro de la bola. mm	Carga en kilogramos.	ACERO NÚM. 1			ACERO NÚM. 5			ACERO NÚM. 12		
		CASQUETE ESFERICO		Indice de dureza.	CASQUETE ESFERICO		Indice de dureza.	CASQUETE ESFERICO		Indice de dureza.
		Diámetro. mm	Superficie. mm <sup>2</sup>		Diámetro. mm	Superficie. mm <sup>2</sup>		Diámetro. mm	Superficie. mm <sup>2</sup>	
5	500	2,45	5,0375	99	1,80	2,6327	191	1,40	1,5708	317
	1.000	3,25	9,4264	106	2,40	4,8192	207	1,90	2,9468	338
	1.500	—	—	—	2,85	7,0042	214	2,30	4,4014	340
7,5	1.000	3,45	9,9031	101	2,45	4,8467	206	2,05	3,3646	298
	1.500	4,15	14,7592	101	3,00	7,3772	226	2,50	5,0540	300
	2.000	4,60	18,5716	107	3,40	9,6015	208	2,80	6,3877	315
15	1.500	4,20	14,5236	103	3,05	7,4629	201	2,50	4,9889	300
	2.000	4,90	20,1502	99	3,50	9,9369	201	2,85	9,5172	306
	3.000	5,90	30,2536	99	4,25	14,8943	201	3,45	6,6178	311
15	2.000	5,10	21,0550	95	3,75	11,2249	178	3,05	7,3796	272
	3.000	6,10	30,5458	98	4,40	15,5509	193	3,65	10,5888	284
	5.000	7,85	52,2615	96	5,60	25,5506	196	4,45	15,9064	315

De estas investigaciones resulta incontestablemente que *para la misma carga* aumenta el índice de dureza cuando el diámetro de la bola disminuye; para la carga de 2.000 kilogramos, por ejemplo, los índices de dureza son:

Con bola de	Acero 1.	Acero 5.	Acero 12.
15 mm	95	178	272
10	99	201	306
7,5	107	208	315

que *para el mismo diámetro de bola*, el índice de dureza aumenta con la carga; en el cuadro hay una excepción de esta regla en la serie de ensayos del acero núm. 1 con la bola de 10 mm; y que *esta misma influencia es más sensible cuanto menor es el diámetro de la bola*.

Se ha indicado anteriormente que estos aumentos del índice de dureza provienen del trabajo en frío que experimenta la materia por la penetración de la bola y se ha indicado también que la influencia de este trabajo en frío estaba compensada hasta cierto punto por la manera de proceder del Sr. Brinell, que consiste en emplear como divisor, para el cálculo del índice de dureza, la superficie del casquete esférico del hoyo en lugar de la superficie del círculo de su base. El autor de la Memoria consigna en un cuadro gráfico y en otro numérico, que omitimos, los resultados obtenidos en este segundo caso, y en ellos se ve que las variaciones de los índices al variar las cargas son menores en el primero que en el segundo.

A pesar del procedimiento empleado por el Sr. Brinell para corregir el efecto del trabajo en frío de la materia estudiada, es, sin embargo, cierto que el resultado obtenido depende en parte de los detalles de ejecución del ensayo.

En lo relativo al diámetro de la bola, el Sr. Brinell cree que el de 10 mm es el más conveniente. Si se emplean bolas de diámetro superior se debe operar con una presión más elevada, á fin de que el contorno de la huella sea suficientemente limpio, y, por lo tanto, se deben emplear probetas de mayores dimensiones para que sus contornos no experimenten ninguna deformación. Si, por el contrario, se emplean bolas de menos de 10 mm, el modo de operar con presión determinada y con dimensiones de huella diferentes según el material, resulta defectuoso, porque cuanto menor es la bola mayores son los errores por consecuencia de la diferente profundidad á que llega la bola.

Pero aun cuando se emplearan siempre bolas de la misma dimensión, los resultados dependen en parte de la dimensión del hoyo obtenido. Para huir de este inconveniente, la única manera sería operar con *huella constante*, porque entonces la carga correspondiente á esta huella constante sería proporcional á la dureza, puesto que la importancia del trabajo en frío que experimenta el material sería próximamente la misma en todos los ensayos. En este caso se pueden imaginar dos modos de operar. Consiste el uno en ejecutar varios ensayos con un mismo cuerpo, todos con cargas diferentes escogidas de tal modo que las huellas obtenidas sean unas menores y otras mayores que la huella normal en cuestión; por interpolación se obtendrá entonces el índice de pureza correspondiente á esta huella normal. El otro modo de operar consiste en construir una máquina que permita un desplazamiento recíproco de la sustancia ensayada y de la bola, al mismo tiempo que la presión que se ejerza, partiendo de un máximo, sufra una disminución continua ó inversamente, y de tal manera que á cada posición de la bola con relación á la probeta, corresponda una presión conocida; en esta operación se tropezaría con dificultades que provenirían de la falta de homogeneidad de la materia.

Sin someter el método Brinell para la determinación de la dureza de los cuerpos á estudios más profundos, será muy difícil por consideraciones teóricas fijar todos los detalles de ejecución.

Lo que acabamos de decir debe considerarse como un conjunto de reflexiones sugeridas por el examen de este método en conjunto, pero no como un estudio completo y definitivo del asunto.

## PROYECTO DE LAS OBRAS DE DEFENSA DE SEVILLA CONTRA LAS INUNDACIONES

POR

DON JAVIER SANZ Y LARUMBE

INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

(CONTINUACIÓN)

En cuanto al Tagarete, desviado éste y cerrada la comunicación con el Guadalquivir quedará el arroyo reducido á una cloaca que recogerá las aguas de la parte Sud y Este de la ciudad, á las que dará salida por medio del husillo que ha de construirse en los jardines de Cristina. Tanto este como el muro de cierre del Guadalquivir se dispondrán dentro de la alcantarilla por donde desagua actualmente el Tagarete. Construidas estas obras podrán suprimirse todos los husillos que vierten á este arroyo, dejando expeditas las cloacas de cuyo desagüe, aun en tiempos de crecidas, no hay que preocuparse; pues suponiendo que en el husillo de los jardines de Cristina no se pusiesen bombas para extraer el agua que se fuera almacenando en la grande alcantarilla del Tagarete, ésta en su largo trayecto de más de 1.000 metros y el prado de Santa Justa constituirían un pantano que daría salida á todas las aguas de lluvia caída durante la crecida, haciéndose el desagüe después de pasada. Con compuertas metálicas en los ocho husillos que vierten al Guadalquivir se vería libre Sevilla de inundaciones interiores debidas á la entrada del agua por roturas de aquéllos; y con bombas en todos ellos funcionando por medio del vapor ó la electricidad, se evitarían las producidas por el agua de lluvia y filtraciones del suelo.

En la hoja de planos núm. 78, presentamos el proyecto de la casa husillo que ha de construirse en los jardines de Cristina, sobre el Tagarete, para el desagüe de las cloacas que vierten en este arroyo: está tomado del levantado en el Barranco, entre la Pescadería y la fábrica de electricidad, después de la memorable inundación de Mayo de 1892, en sustitución del antiguo husillo de Trastamara, que tanto que hacer dió entonces por sus escapes de agua.

La obra se reduce á una casita de reducidas dimensiones (6<sup>m</sup>,80 por 3<sup>m</sup>,80 medidos interiormente), dentro de la cual está el husillo, que consiste en un pozo rectangular de 4<sup>m</sup>,80 por 1<sup>m</sup>,00, dividido en dos partes iguales de 2<sup>m</sup>,00 por 1<sup>m</sup>,00, por una pared vertical; los tres muros paralelos están atravesados en su parte inferior por un hueco á manera de alcantarilla, para dar paso á las aguas que vienen de la cloaca y siguen al río por la desagüe. El hueco del muro divisorio se cierra por medio de una compuerta metálica que se maneja desde la parte superior, subiéndola ó bajándola por medio de un vástago. Al presentarse la crecida se baja la compuerta para que el agua no penetre en la ciudad, y entonces á medida que sube el río van elevándose sus aguas al mismo nivel en el compartimiento del husillo que está en comunicación con él, como tubo de brazos comunicantes. Las aguas procedentes del interior de la ciudad, encontrando cerrada la salida al río, se van acumulando en la cloaca y van elevándose cada vez más, pero sin llegar á tomar la altura del río, sin que esto quiera decir que no pueda darse el caso de que se eleven á mayor altura.

En esta disposición, si se coloca una bomba, cuyo brazo aspirante esté en el pozo del lado de la ciudad y vierta las aguas absorbidas al lado que comunica con el río, se irá desahogando la cloaca á medida que las aguas van llegando, de modo que se evitará la inundación de las calles, cuyas aguas afluyen á la cloaca del husillo.

Para este funcionamiento basta una compuerta en el muro divisorio, pero se pone otra en el muro de la cloaca, ó sea el de