

Memorias acerca de los trabajos más recientes realizados en los principales puertos marítimos.

El tiempo que ha de transcurrir hasta la reunión del Congreso, permitirá á algunos de nuestros compañeros preparar trabajos acerca de los varios puntos que han de tratarse, de interés para España, y noticias referentes á las importantes obras que se realizan en nuestros puertos, haciendo á este fin presente que el plazo para su admisión termina, según el Reglamento de la Asociación revisado en el corriente año, ocho meses antes de la fecha de apertura del Congreso.

SERVICIO CENTRAL DE TRABAJOS HIDRAULICOS

EXPERIMENTOS SOBRE VERTEDEROS

(CONCLUSIÓN)

EXPERIMENTOS EN LA UNIVERSIDAD DE CORNELL (ESTADOS UNIDOS)

El Ingeniero americano Mr. Rafter después de estudiar los trabajos de Mr. Bazin, juzgó que los coeficientes definidos por éste podían extenderse sin error apreciable hasta una carga sobre el umbral del vertedero de unos 4 pies (1^m,22), y sobre esta base construyó un cierto número de curvas de derrame. Un estudio ulterior indicó la probabilidad de que algunas de las series de Bazin, en especial las números 130 y 135 y algunas otras, podían algunas veces dar valores demasiado altos para los coeficientes, en corrientes profundas, por la razón de que para cargas sobre el umbral comprendidas entre 0 y 0^m,18 á 0^m,30 las láminas eran deprimidas y adherentes, y desde 0^m,18 á 0^m,30 en adelante eran anegadas por debajo, lo que indicaba que en las condiciones en que se realizaron los experimentos, no estaba bien asegurada la libre admisión del aire por debajo de las láminas. Por otra parte, el mismo Mr. Bazin señaló el hecho de que en sus experimentos no había alcanzado el perfecto desprendimiento de la lámina.

Además, los vertederos de Mr. Bazin se construyen con los frentes planos, lo que ofrece gran facilidad para la adherencia de las láminas, mientras que los de Mr. Rafter presentaban un reborde saliente, de modo que la lámina de agua caía libremente en el aire.

En Abril de 1899 visitó Mr. Rafter el laboratorio hidráulico de la Universidad de Cornell y observó, que, por sus condiciones, ofrecía una oportunidad para realizar experimentos sobre vertederos con cargas muy elevadas, como hasta entonces no había sido posible hacerlo.

Habiendo comunicado sus impresiones á la «United States Board of Engineers on Deep Waterways» fué autorizado para emprender una serie de experimentos en cooperación con la citada Universidad. El canal en que se hicieron los experimentos tenía los costados y el fondo de hormigón. Media 418 pies (127^m,41) de longitud, 16 pies (4^m,88) de ancho y 10 pies (3^m,05) de profundidad. La pendiente del fondo del canal era de 1 : 500. Una mampara formada con maderos encuadrados y situada á unos 60 pies (18^m,29) del extremo superior, dividía el caudal en dos cámaras. Sobre esta mampara se ha dispuesto un vertedero tipo, son umbral en arista viva, de 16 pies (4^m,88) de longitud. La Cámara superior tiene paredes laterales más altas que la inferior, pudiendo admitir una profundidad de agua de 17,7 pies

(5^m,36). En el extremo inferior del canal se dispuso otra mampara ó presa que cerraba la cámara inferior, en la que se construyeron los vertederos que se habían de experimentar. Esta presa medía, aproximadamente, una altura de 4,8 pies (1^m,42) sobre el fondo del canal. Las alturas varían ligeramente para cada vertedero que se experimenta. En las tablas donde se consignan los resultados, figura al lado de cada serie de experimentos la sección transversal del vertedero.

Para poder obtener cargas sobre el umbral de 5 pies (1^m,52) en el vertedero inferior, los 16 pies (4^m,88) del canal se reducen á un ancho de 6,56 pies (2 m.), por medio de una canal formada con maderos dentro del canal de fábrica. Esta canal tiene el ancho de 6,56 pies (2 m.) en una longitud de 48 pies (14^m,63) por encima del vertedero, y á partir de esa distancia se ensancha en forma de embudo hasta tomar el ancho normal de 16 pies (4^m,88). Este embudo tiene una longitud de 8,3 pies (2^m,51). La caída vertical del agua desde el umbral del vertedero en que se practicaban los experimentos hasta la roca inferior, era próximamente de unos 12,2 pies (3^m,71).

Había un estanque encima del depósito principal, cuyo nivel se elevaba sobre el de éste cerca de 1,7 pies (0^m,43) por medio de tablas que obstruían el canal de desagüe. La superficie del agua así obtenida alcanza una altura de 5,4 pies (1^m,63) sobre el umbral del vertedero tipo. La admisión del agua en la cámara superior se hacía por medio de seis compuertas de madera, manejadas por medio de cremalleras.

La arista aguda del vertedero tipo estaba constituida por un hierro en ángulo de 3,5 pies (1^m,04) de longitud por 5 pulgadas (0^m,18) de altura, sujeto por medio de tornillos á un madero de roble de 6 por 12 pulgadas (0^m,15 X 0^m,30) de escuadria. Los extremos del vertedero estaban dispuestos de un modo análogo al adoptado por Mr. Bazin, á fin de permitir la entrada libre del aire por debajo de la lámina. La altura de caída del agua desde el umbral del vertedero tipo á la superficie del agua en la cámara inferior, variaba de 3 á 8 pies (0^m,915 á 2^m,438), según el caudal de la corriente.

Á continuación se exponen los resultados obtenidos por Rafter en 21 series de experimentos, de los que dedujo los coeficientes que se expresan. Al lado de cada serie se representa la sección transversal del vertedero correspondiente á la misma.

Carga h en milímetros.	Coefficiente m del gasto.	Valores de $m \sqrt{2g}$
--------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

Serie núm. 1.
Corresponde á la serie de Bazin
núm. 130.
Número de experimentos: 7.

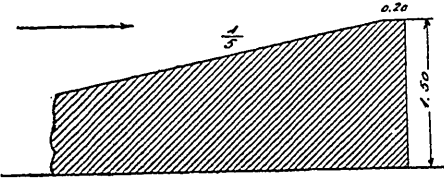
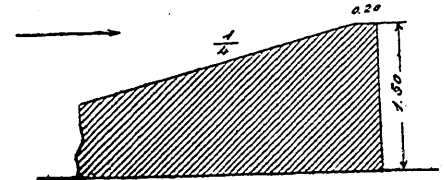
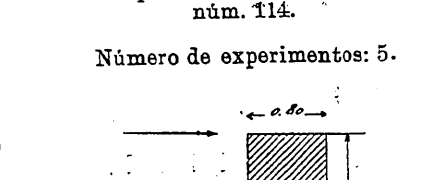
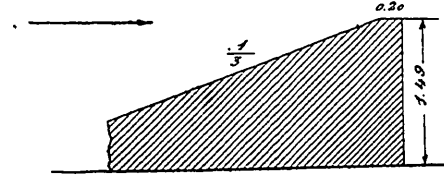
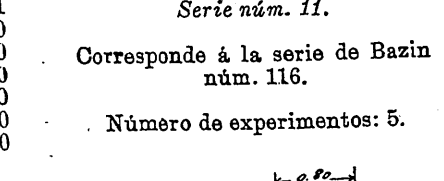
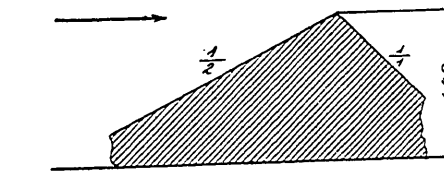
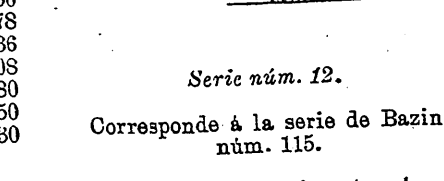
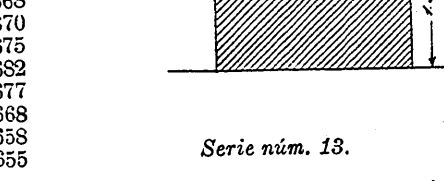
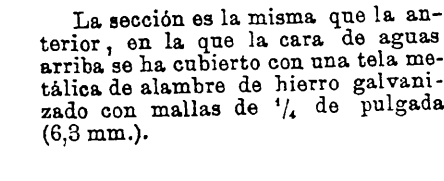


152	0,4180	3,355
305	0,4285	3,440
457	0,4473	3,590
610	0,4698	3,770
762	0,4593	3,690
914	0,4585	3,680
1.087	0,4598	3,690
1.219	0,4616	3,705
1.372	0,4625	3,710
1.524	0,4625	3,710
1.676	0,4625	3,710
1.829	0,4625	3,710

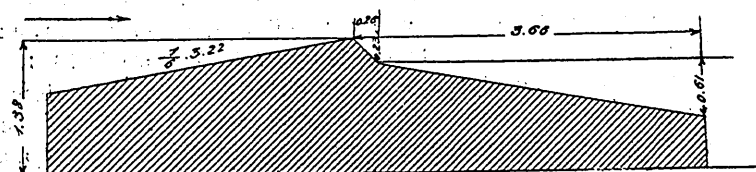
Serie núm. 2.
Corresponde á la serie de Bazin
núm. 130.
Número de experimentos: 7.



152	0,4012	3,220
305	0,4235	3,440
457	0,4474	3,590
610	0,4564	3,663
762	0,4593	3,690
914	0,4535	3,680
1.067	0,4598	3,690
1.219	0,4615	3,705
1.372	0,4625	3,710
1.524	0,4625	3,710
1.676	0,4625	3,710
1.829	0,4625	3,710

Carga h Coeficiente m Valores				Carga h Coeficiente m Valores			
en		del	de	en		del	de
milímetros.		gasto.	$m\sqrt{2g}$	milímetros.		gasto.	$m\sqrt{2g}$
<i>Serie núm. 3.</i> Número de experimentos: 3. 				<i>Serie núm. 9.</i> Corresponde a la serie de Bazin núm. 173. Número de experimentos: 4. 			
	152	0,412	3,810		152	0,4112	3,800
	305	0,415	3,880		305	0,4450	3,570
	457	0,416	3,840		457	0,4480	3,595
	610	0,418	3,851		610	0,4374	3,510
	762	0,420	3,870		762	0,4355	3,495
	914	0,421	3,880		914	0,4356	3,496
	1.067	0,422	3,888		1.067	0,4375	3,510
	1.219	0,422	3,890		1.219	0,4410	3,537
	1.372	0,422	3,890		1.372	0,4436	3,560
	1.524	0,422	3,890		1.524	0,4446	3,568
	1.676	0,422	3,890		1.676	0,4446	3,568
	1.829	0,422	3,890		1.829	0,4446	3,568
<i>Serie núm. 4.</i> Número de experimentos: 6. 				<i>Serie núm. 10.</i> Corresponde a la serie de Bazin núm. 114. Número de experimentos: 5. 			
	152	n	n		152	0,324	2,600
	305	0,429	3,440		305	0,333	2,672
	457	0,432	3,405		457	0,343	2,750
	610	0,434	3,480		610	0,354	2,840
	762	0,434	3,480		762	0,365	2,928
	914	0,434	3,480		914	0,376	3,015
	1.067	0,434	3,480		1.067	0,388	3,113
	1.219	0,434	3,480		1.219	0,400	3,208
	1.372	0,434	3,480		1.372	0,411	3,297
	1.524	0,434	3,480		1.524	0,422	3,388
	1.676	0,434	3,480		1.676	0,426	3,420
	1.829	0,434	3,480		1.829	0,433	3,480
<i>Serie núm. 5.</i> Número de experimentos: 5. 				<i>Serie núm. 11.</i> Corresponde a la serie de Bazin núm. 116. Número de experimentos: 5. 			
	152	0,454	3,64		152	0,369	2,960
	305	0,476	3,82		305	0,375	3,008
	457	0,478	3,33		457	0,378	3,033
	610	0,4596	3,688		610	0,384	3,085
	762	0,4474	3,590		762	0,388	3,115
	914	0,4425	3,551		914	0,405	3,252
	1.067	0,4424	3,550		1.067	0,414	3,326
	1.219	0,4424	3,550		1.219	0,422	3,385
	1.372	0,4424	3,550		1.372	0,428	3,435
	1.524	0,4424	3,550		1.524	0,433	3,475
	1.676	0,4424	3,550		1.676	0,437	3,510
	1.829	0,4424	3,550		1.829	0,442	3,549
<i>Serie núm. 6.</i> Número de experimentos: b. 				<i>Serie núm. 12.</i> Corresponde a la serie de Bazin núm. 115. Número de experimentos: 4. 			
	152	0,5255	4,214		152	0,3117	2,502
	305	0,5283	4,211		305	0,3233	2,600
	457	0,5096	4,088		457	0,3170	2,545
	610	0,4949	3,970		610	0,3095	2,485
	762	0,4848	3,890		762	0,3088	2,480
	914	0,4773	3,830		914	0,3133	2,515
	1.067	0,4708	3,778		1.067	0,3193	2,563
	1.219	0,4661	3,736		1.219	0,3251	2,610
	1.372	0,4620	3,708		1.372	0,3307	2,655
	1.524	0,4585	3,680		1.524	0,3364	2,700
	1.676	0,4548	3,650		1.676	0,3414	2,740
	1.829	0,4525	3,630		1.829	0,3437	2,760
<i>Serie núm. 7.</i> Corresponde a la serie de Bazin núm. 178. Número de experimentos: 4. 				<i>Serie núm. 13.</i> Corresponde a la serie de Bazin núm. 117. Número de experimentos: 5. 			
	152	0,394	3,160		152	0,338	2,716
	305	0,428	3,435		305	0,352	2,828
	457	0,444	3,563		457	0,354	2,842
	610	0,452	3,630		610	0,354	2,844
	762	0,457	3,668		762	0,355	2,850
	914	0,457	3,670		914	0,356	2,860
	1.067	0,458	3,675		1.067	0,358	2,876
	1.219	0,459	3,682		1.219	0,360	2,896
	1.372	0,458	3,677		1.372	0,363	2,918
	1.524	0,457	3,668		1.524	0,367	2,945
	1.676	0,456	3,658		1.676	0,369	2,963
	1.829	0,455	3,655		1.829	0,370	2,975
<i>Serie núm. 8.</i> La sección es la misma que la anterior, en la que la cara de aguas arriba se ha cubierto con una tela metálica de alambre de hierro galvanizado con mallas de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6,3 mm.). 							
	152	0,391	3,140				
	305	0,426	3,422				
	457	0,442	3,548				
	610	0,450	3,612				
	762	0,453	3,640				
	914	0,456	3,658				
	1.067	0,457	3,668				
	1.219	0,456	3,662				
	1.372	0,455	3,653				
	1.524	0,454	3,644				
	1.676	0,453	3,636				
	1.829	0,452	3,630				

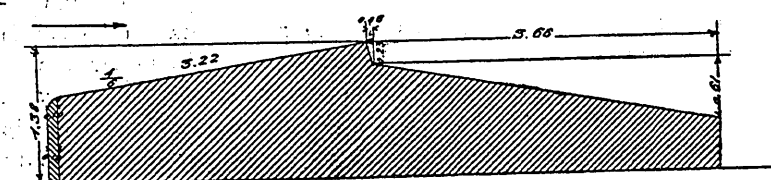
Carga h Coeficiente m Valores
en del de
milímetros. gasto. $m \sqrt{2g}$.



Serie núm. 14.

Número de experimentos: 6.

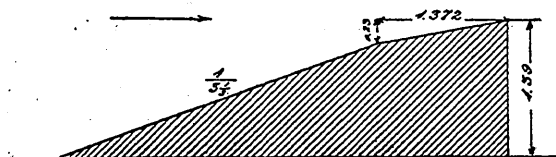
152	0,355	2,850
305	0,377	3,025
457	0,394	3,160
610	0,403	3,232
762	0,406	3,255
914	0,406	3,255
1.067	0,405	3,250
1.219	0,405	3,250
1.372	0,404	3,245
1.524	0,404	3,242
1.676	0,403	3,238
1.829	0,403	3,236



Serie núm. 15.

Número de experimentos: 4.

152	0,371	2,980
305	0,389	3,120
457	0,400	3,210
610	0,408	3,270
762	0,412	3,306
914	0,415	3,332
1.067	0,416	3,340
1.219	0,415	3,331
1.372	0,414	3,325
1.524	0,413	3,315
1.676	0,412	3,305
1.829	0,411	3,300



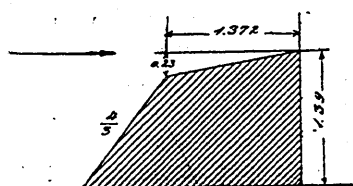
Serie núm. 16.

Número de experimentos: 4.

152	"	"
305	0,432	3,468
457	0,428	3,434
610	0,424	3,400
762	0,421	3,380
914	0,422	3,385
1.067	0,425	3,411
1.219	0,428	3,436
1.372	0,431	3,460
1.524	0,433	3,478
1.676	0,435	3,490
1.829	0,436	3,500

Serie núm. 17.

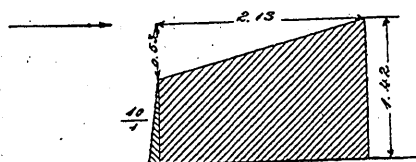
Número de experimentos: 5.



152	"	"
305	0,415	3,380
457	0,425	3,403
610	0,430	3,450
762	0,432	3,465
914	0,432	3,470
1.067	0,432	3,465
1.219	0,432	3,465
1.372	0,432	3,465
1.524	0,432	3,465
1.676	0,432	3,465
1.829	0,432	3,465

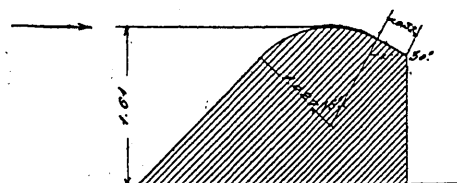
Serie núm. 18.

Número de experimentos: 5.



Serie núm. 19.

Número de experimentos: 8.



Carga h Coeficiente m Valores
en del de
milímetros. gasto. $m \sqrt{2g}$.

152	"	"
305	0,476	3,820
457	0,460	3,695
610	0,458	3,675
762	0,435	3,488
914	0,429	3,445
1.067	0,427	3,430
1.219	0,428	3,434
1.372	0,429	3,440
1.524	0,429	3,440
1.676	0,429	3,440
1.829	0,429	3,440

152	0,367	2,945
305	0,394	3,165
457	0,412	3,305
610	0,430	3,454
762	0,439	3,520
914	0,443	3,558
1.067	0,447	3,585
1.219	0,450	3,610
1.372	0,452	3,630
1.524	0,455	3,650
1.676	0,457	3,665
1.829	0,458	3,675

30,5	0,4286	3,439
60,9	0,4268	3,426
91,4	0,4258	3,414
121,9	0,4242	3,404
152,4	0,4230	3,394
182,9	0,4215	3,384
213,3	0,4204	3,375
243,8	0,4194	3,366
273,5	0,4186	3,358
304,8	0,4174	3,350
335,3	0,4166	3,344
365,8	0,4158	3,337
396,2	0,4150	3,331
426,7	0,4145	3,325
457,2	0,4136	3,320
487,7	0,4129	3,314
518,2	0,4122	3,308
548,6	0,4115	3,303
579,1	0,4109	3,298
609,6	0,4106	3,296
640,1	0,4100	3,292
670,6	0,4097	3,289
701,0	0,4095	3,287
731,5	0,4094	3,285
762,0	0,4094	3,284
792,5	0,4094	3,284
823,0	0,4094	3,284
853,4	0,4094	3,284
883,9	0,4094	3,284
914,4	0,4094	3,285
944,9	0,4095	3,286
975,3	0,4095	3,287
1005,8	0,4095	3,288
1036,3	0,4098	3,290
1066,8	0,4099	3,291
1097,3	0,4102	3,293
1127,8	0,4105	3,295
1158,2	0,4107	3,297
1188,7	0,4109	3,298
1219,2	0,4112	3,300
1249,7	0,4113	3,302
1280,2	0,4116	3,304
1310,6	0,4118	3,306
1341,1	0,4122	3,308
1371,6	0,4125	3,311
1402,1	0,4126	3,312
1432,6	0,4129	3,314
1463,0	0,4130	3,315
1493,5	0,4131	3,316
1524,0	0,4133	3,317
1554,5	0,4133	3,317
1585,0	0,4133	3,317
1615,4	0,4134	3,318
1645,9	0,4134	3,318
1676,4	0,4135	3,319
1706,9	0,4135	3,319
1737,4	0,4135	3,319
1767,8	0,4136	3,320
1798,3	0,4136	3,320
1828,8	0,4136	3,320

Series números 20 y 21.

Número de experimentos: 13.

Vertedero en pared delgada de 1m,60 de altura sobre el fondo del canal, cayendo la lámina de agua libremente en la atmósfera.

Comparando los coeficientes de las series 1 y 2 de Mr. Rafter con los de Mr. Bazin números 130 y 135 en que las secciones de los vertederos son semejantes, se observa que son mayores los valores de los coeficientes de Mr. Bazin que los de Mr. Rafter. Esto es debido á que en los experimentos de aquél las láminas correspondientes á estas dos series eran deprimidas ó anegadas por debajo, mientras que en los del último estaba asegurada la libre admisión de aire por debajo de la lámina, merced á las disposiciones indicadas anteriormente.

Con las series de experimentos números 7 y 8 se ha intentado adquirir alguna idea sobre los efectos producidos por la aspereza ó rugosidad de la superficie de las prensas. En la serie número 7 se usó un vertedero de los corrientes construido con maderos de pino, según ya se ha descrito, mientras que en la serie núm. 8 la cara de aguas arriba del umbral se cubrió con una tela metálica, formada por alambres de hierro galvanizado, con mallas de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6,3 m.)

La comparación de estas dos series de experimentos es muy interesante. El límite superior de la carga sobre el umbral en la serie núm. 7 fué de 4,996 pies (1^m,52) y en la núm. 8 de 5,011 pies (1^m,53). Para una carga de 5 pies (1^m,524) resulta en la serie núm. 7 para valor de $m = 0,457$, mientras que en la serie número 8 para la misma carga el valor de m es de 0,454. El resultado de esta comparación para otras cargas sobre el umbral, demuestra que el efecto de la tela metálica es prácticamente despreciable.

CONCLUSIONES

Para la aplicación en la práctica de los resultados deducidos de los experimentos de Mr. Bazin y Mr. Rafter pueden adoptarse las siguientes conclusiones.

Cuando quiera aprovecharse para el aforo alguna presa ó vertedero ya construido, que reúna condiciones adecuadas ó las adquiera mediante modificaciones que en él se introduzcan, se buscará en los cuadros de Mr. Bazin ó de Mr. Rafter el tipo que más se aproxime al vertedero de que se trata, y teniendo cuidado de que el derrame de la lámina líquida se verifique en forma análoga á la del experimento, se aplicará el coeficiente que corresponda á la carga de agua sobre el umbral, para determinación del cual debe siempre tenerse en cuenta que el nivel del líquido, aguas arriba, debe tomarse á la distancia suficiente para que no sea influido por la contracción de la lámina sobre el umbral.

Si la carga medida no coincide ó está muy próxima á las cifras que figuran en los cuadros antes citados, se deducirá el valor del coeficiente por interpolación entre los dos más próximos.

En el caso de que no exista vertedero y sea necesario construirlo, éste debe hacerse adoptando con toda exactitud uno de los tipos que figuran en los cuadros y dándole la longitud suficiente para que la carga que resulte sobre el umbral esté comprendida dentro de los límites que traen los citados cuadros, y procurando adoptar el tipo que con más facilidad se amolde á las condiciones del terreno en cada caso.

Por último, siempre que sea fácilmente realizable debe adoptarse el vertedero en pared delgada con paramento vertical, según se indicó ya anteriormente, desaguando la lámina libremente en el aire, con lo que se suprimen la mayor parte de las causas de error. En estas condiciones y haciendo con mucho cuidado y previsión las operaciones del aforo puede apreciarse el gasto con un error de 1 por 100 aproximadamente.

INSTRUCCIONES GENERALES

Importancia de los aforos.

El aprovechamiento de las aguas públicas para los diferentes usos urbanos, industriales y agrícolas se basa en el conocimiento de los caudales que las corrientes conducen en las dis-

tintas épocas del año. De igual manera el establecimiento de puentes, de presas de derivación y de embalse, de defensas de márgenes y de terrenos inundables, de regularización de corrientes y de cauces naturales, etc., se ha de fundar también en el conocimiento del régimen y caudales de las corrientes, indispensable igualmente para la previsión de las crecidas. De aquí dimana la importancia de los aforos reconocida desde hace tiempo por nuestra Administración en repetidas ocasiones y muy explícitamente al dictar la Real orden de 7 de Octubre de 1903.

Debenotarse que la necesidad de aforos es en nuestro país mayor que en aquellos que disfrutan de un régimen de lluvias regular y abundante del que se deriva la existencia de cuencas bien guarnecidas de vegetación y de corrientes regulares y caudalosas, mientras que en la mayor parte de España las lluvias suelen ser, por el contrario, irregulares y escasas, dando lugar á cursos de agua de régimen muy variable, de carácter torrencial y naturalmente insuficientes de ordinario, al menos para atender á las necesidades de las comarcas que atraviesan: el conocimiento del régimen de las corrientes constituye, por tanto, elemento esencial para el estudio de los aprovechamientos y con frecuencia para el acertado proyecto de todo linaje de obras hidráulicas.

Por desgracia, los aforos hasta el presente realizados son muy incompletos, sin que la mayor parte hayan sido publicados, constituyendo todo esto una deficiencia grave que conviene remediar lo antes posible, pues no sólo representa un obstáculo serio para la acertada redacción de los proyectos de aprovechamientos y obras que tengan que formular los particulares y el Gobierno, sino que priva á la Administración pública de uno de los elementos más indispensables para realizar el importante cometido que las leyes le confieren en materia de concesiones de aguas públicas y de policía de sus cauces y corrientes.

Las precedentes consideraciones justifican el que deba recomendarse á los Ingenieros Jefes de los servicios hidráulicos que presten á la práctica de aforos de la corriente de sus demarcaciones respectivas la preferente atención, asiduidad y cuidado que reclaman su notoria importancia y la urgente necesidad de resumir y publicar, cuanto antes sea posible, los datos más importantes relativos al régimen de nuestros ríos y afluentes principales.

Las presentes Instrucciones, redactadas en virtud de lo que previene el Real decreto de 6 de Octubre de 1905, tienen principalmente por objeto dictar las reglas generales á que convendrá someter esta rama principalísima del servicio de trabajos hidráulicos, tanto en lo que hace referencia á su aspecto general y administrativo, que se trata en esta primera parte, como en todo lo que constituyen los métodos de aforo y operaciones y datos con éstos relacionados que se compendia en las dos subsiguientes.

Como complemento de la primera deben considerarse la Real orden citada de 7 de Octubre de 1903 y la circular redactada por la Comisión central de trabajos hidráulicos, en todo lo que no ha sido necesario derogar en la presente Instrucción, á la que se acompañan las dos disposiciones que se acaban de citar.

Plan de aforos.

Los aforos de las corrientes, para que presen la mayor utilidad posible y puedan dedicarse con el mínimo coste y trabajo, han de subordinarse á un meditado plan previamente fijado y sistemáticamente seguido, sin perjuicio de las adiciones y alteraciones que la experiencia ó las necesidades vayan reclamando. Para el conocimiento del régimen y caudales de las corrientes, los aforos aislados acaso practicados en las épocas menos interesantes, pueden tener escaso valor; sólo los que se realizan con asiduidad y método durante un número considerable de años, en puntos y épocas convenientemente elegidos, podrán proporcionar todos los datos que de ordinario se necesita conocer para llegar á fijar el régimen de las corrientes.

Actualmente existen aprobados ya por la Superioridad los

planes de aforos propuestos por las Divisiones y Jefatura de Levante; pero esta circunstancia no ha de ser obstáculo para que se consignen en esta Instrucción las reglas á que debe obedecer la formación de un Plan y que convendrá tener presente cuando haya necesidad de proponer la modificación ó ampliación de los que actualmente se hallan vigentes.

Los aforos que se deben realizar pueden agruparse en tres categorías: 1.º, aforos de carácter general, cuyo objeto es el conocimiento del régimen y caudales de los cursos de agua principales; 2.º, aforos que son requeridos por el estudio de los proyectos ó por la explotación de obras determinadas; y 3.º, aforos que pueden interesar al servicio de previsión de crecidas.

Cuando los de la segunda categoría no se hallen comprendidos en alguna de las otras dos, habrán de realizarse especialmente, empezando la operación tan pronto como se ordene el estudio de una obra, para lo cual se formulará desde luego el presupuesto de estudios en el que se incluirán las partidas necesarias para realizar aforos durante cinco años por lo menos. Podrá prescindirse de estos aforos especiales cuando se disponga de los que se hayan realizado con carácter general ó con motivo del servicio de previsión de crecidas; pero si éstos faltasen por una circunstancia cualquiera, deberían practicarse en la forma indicada con cargo al presupuesto de la obra. En esta categoría deben comprenderse además los aforos que de ordinario convendrá realizar en las corrientes alimentadoras de canales ó pantanos durante el período de construcción de estas obras, pues semejantes datos casi siempre serán de una utilidad incontestable para la explotación ulterior de aquéllas y con frecuencia para la misma construcción.

En el plan que se formule ha de tenerse principalmente en cuenta los aforos de la primera categoría; pero es evidente que si pueden situarse las estaciones en puntos á la vez convenientes para dar á conocer el régimen de los ríos y para el servicio de previsión de crecidas, se obtendría de esta suerte una economía muy recomendable.

Los aforos deben realizarse, en general, siempre en los mismos puntos, al menos durante un número considerable de años, que permita conocer las curvas de niveles y las curvas anuales de caudales; tales puntos constituyen las *estaciones permanentes de aforo*. Pero á más de los que en éstas se realizan, convendría también efectuar otros en parajes diversos, estableciendo ó no estaciones provisionales, con objeto de comprobar los que se hagan en las estaciones permanentes, de estudiar las pérdidas que en los cauces puedan existir por filtraciones y evaporación, de medir el caudal de las derivaciones, de determinar la proporción de aguas reproducidas, con relación á los caudales derivados, etc.

Para la elección más conveniente de los puntos en que hayan de situarse las estaciones permanentes será casi siempre de la mayor utilidad el conocimiento de la cuenca y cauce de la corriente que trate de aforarse, así como el de los aprovechamientos existentes y aun de los aprovechamientos posibles y probables. Fijado aproximadamente el tramo en que haya de hacerse la instalación, el reconocimiento detenido del cauce permitirá escoger finalmente el paraje más ventajoso; para la instalación de la escala de niveles del agua y del tramo de la corriente en que se haya de realizar el aforo, cuando éste no se haga por vertedero.

En la formación del Plan general deben además tenerse en cuenta otras consideraciones. Cabe estudiar desde luego, y esto es indudablemente lo mejor, un plan completo, atendiendo á todas las circunstancias y necesidades de la demarcación que comprende, á reserva de formular luego, en visto de éste y de los fondos y personal disponibles para el servicio de aforos, un segundo plan más reducido, que sea el que haya de realizarse y que convendrá ir modificando y ampliando, á medida que sea posible, para llegar á la realización del Plan completo, ya sea por ampliaciones sucesivas, ya fragmentariamente por etapas, ya empleando ambos medios á la vez, según aconsejen las necesidades y permitan los recursos.

Los Planes deben responder, ante todo, á un criterio utilitario, debiendo estudiarse primero y más completamente el régimen de aquellos cursos de agua en que mayores sean los aprovechamientos existentes, ó que sean susceptibles de mayor desarrollo, ó que por otras circunstancias puedan considerarse como de mayor utilidad. Fuera de esto, convendrá dar la preferencia al estudio de las corrientes principales.

El número de estaciones nunca habrá de ser mayor del estrictamente necesario, situando una en cada punto de cambio de régimen; pero con frecuencia será preciso contentarse con un número menor del preciso; esto conducirá, generalmente, á establecerlas á distancias considerables unas de otras.

En varias Divisiones hay datos relativos á estaciones anteriormente establecidas; siempre que no existan motivos que puedan aconsejar lo contrario, se dará la preferencia para establecer las nuevas estaciones á los puntos en que estuvieren instaladas las antiguas.

Las condiciones favorables que pueden concurrir en puntos determinados de los cauces, ya para la instalación y conservación de escalas y fluviómetros, ya para la facilidad ó exactitud de los aforos, ya para efectuar las observaciones, deberán considerarse como motivos de preferencia justificada para la elección de las estaciones.

Mientras resulte posible convendrá que se sitúen éstas en las corrientes principales en puntos tales que no sean influidas por el remanso que produzcan los afluentes, las escalas y tramos de aforo. Por el mismo motivo no deberán instalarse estaciones en la parte á que alcance el remanso de presas ó puentes, del mar ó sus mareas, de lagos, etc.

Es muy importante que las estaciones se hallen en puntos que permitan el aforo con suficiente exactitud en todos los estados de la corriente, pero especialmente, si no se trata de la previsión de crecidas, en aguas medias y bajas. De aquí que, de ordinario, convenga hacer en épocas de aguas bajas los reconocimientos para elección de estaciones.

Antes de decidir la elección de un punto determinado para estación, convendrá realizar un aforo. Con esto podrán apreciarse las condiciones que ofrezca, decidiendo, en vista de ellas, con pleno conocimiento de causa.

En los ríos que desaguan en el mar ó que atraviesan la frontera nacional, será útil establecer estaciones antes de su desembocadura ó de su paso por la frontera.

Finalmente, habrá de concederse una atención preferente al régimen sub-álveo, sobre todo en los cursos de agua poco importantes, lo que obligará á conceder la preferencia para establecer las estaciones en puntos donde no existan corrientes subterráneas ó en que sea posible medirlas con bastante facilidad y relativa exactitud, si fuesen de relativa importancia, recurriendo, si fuese indispensable, á estudios especiales. La existencia de corrientes sub-álveas puede, en efecto, dar lugar á fenómenos y anomalías aparentemente inexplicables ó á suponer infundadamente la desaparición por filtraciones de una parte del caudal; su conocimiento y medición más ó menos aproximados constituirá casi siempre un dato de la mayor importancia.

Anotación y archivo de datos sobre aforos.

Aprobado el Plan de aforos, los Ingenieros Jefes de las Divisiones ordenarán se fije la situación de las estaciones en un mapa hidrográfico en escala de 1/ que comprenda el territorio de aquéllas, marcando con una circunferencia gruesa de carmín, de unos cuatro milímetros de diámetro, con un número á su derecha del mismo color, las estaciones que no afecten al servicio de previsión de crecidas y con un círculo lleno y un número también de carmín, las estaciones que sirvan á las que se destinan á la vez para los aforos generales y para la previsión de crecidas. En las márgenes del mapa se escribirán por orden correlativo los números de las estaciones seguidas del nombre que se adopte, á más de este número, para designarla y que debe por sí indicar su situación aproximada, tomándolo del pueblo,

molino ó accidente del curso del río que se halle más inmediato.

Además, en una libreta que se archivará en la Jefatura, se hará una reseña de cada estación, indicando su número, nombre, kilómetro del itinerario del río en que se halle, si fuere conocido, situación y desnivel de los puntos de referencia de la escala, situación y datos del tramo de aforo ó del vertedero, etcétera.

Los mapas, una vez formados, se remitirán al Servicio Central, quedando una copia, por lo menos, archivada en la Jefatura de la División; las alteraciones que se introduzcan en el número ó situación de las estaciones se realizarán en esta copia y se comunicarán á aquel Servicio.

Las observaciones de las alturas de niveles en las escalas de las estaciones de aforos, se consignarán en libros foliados y encuadernados, con las casillas necesarias, que los observadores guardarán en su poder; dichos observadores remitirán, además, al Ingeniero encargado del servicio, un estado diario ó semanal (según se considere más conveniente), que formarán llenando los huecos de estados impresos que con las casillas y observaciones necesarias se pondrán oportunamente á su disposición. También convendrá facilitar á los observadores sobres impresos, con la dirección que deban llevar, para la remisión de los estados.

El Ingeniero encargado remitirá á su vez al Ingeniero Jefe de la División, estados mensuales en que se consignen para cada escala las observaciones de alturas.

Cuando, en vez de escalas, se tomen las alturas por medio de aparatos registradores, los agentes encargados de éstos deberán remitir los gráficos, después de estampar en ellos un número correlativo, á los Ingenieros encargados, valiéndose del conducto más seguro, en los plazos y forma que éstos determinen, pero anotando antes de hacerlo en un libro foliado y encuadernado con las casillas convenientes, las alturas del nivel de la corriente acusadas por el gráfico, por lo menos en dos horas determinadas de cada día, así como el número de orden del gráfico y de la remisión. Esta precaución tiene por objeto prevenir, en parte, las consecuencias de las pérdidas de gráficos que por lo demás, deberán tratar de evitarse cuanto sea posible.

Los gráficos serán archivados por el Ingeniero encargado.

Este remitirá á su vez al Ingeniero Jefe estados mensuales, deducidos de los gráficos, en que se consignen para cada estación provista de fluviómetros las alturas de la corriente dos veces al día por lo menos.

Los resultados de los aforos directos de las corrientes se consignarán en estados autorizados por los Ingenieros encargados, que se sujetarán al modelo núm. 1 adjunto. Dichos Ingenieros remitirán el estado original al Jefe de la División, quedando en su poder el borrador del mismo. Estos estados llevarán para cada río un número de orden correlativo á fin de que el Ingeniero Jefe pueda notar el extravío de alguno ó su falta en la colección archivada, lo que será motivo para que se complete reclamándolo inmediatamente.

En idéntica forma se procederá con respecto á los aforos espectales é indirectos, cuyos resultados se consignarán análogamente en los estados modelo núm. 2.

Los datos principales consignados en los estados modelos números 1 y 2 se transcribirán por los Ingenieros Jefes á libros encuadernados y foliados con las casillas convenientes, con arreglo al modelo núm. 3.

Con las observaciones sobre alturas y los aforos se formarán para cada estación las curvas de régimen anual valiéndose de las curvas de gastos formadas previamente. Cuando se hayan reunido un número suficiente de curvas anuales se establecerán las de régimen medio. El ejemplar original de todas estas curvas se remitirá por los Ingenieros encargados al respectivo Ingeniero Jefe, quedando en poder de aquéllos los borradores debidamente autorizados.

Los Ingenieros Jefes de las Divisiones remitirán trimestral-

mente al Servicio Central de trabajos hidráulicos copias de los estados modelo núm. 3. Remitirán también anualmente copias de las curvas de régimen anual; y cada cinco años, empezando en 1910, copias de las curvas de régimen medio anual.

Los Ingenieros encargados de todo ó parte del servicio de aforos, así como los Ingenieros Jefes de las Divisiones, deberán realizar el archivo de estos datos con particular esmero, transmitiéndose su custodia de unos á otros, cuando deba tener lugar por efecto de traslaciones del personal, mediante un inventario especial debidamente autorizado, en que se hagan constar las faltas que se noten en los archivos. Estos inventarios, cuando se trate de Ingenieros subalternos, se remitirán al Jefe de la División, y cuando se formulen por los Jefes, al Servicio Central. Los libros de los observadores de las escalas, y una vez llenos por completo deberán ser remitidos al Ingeniero Jefe para su archivo.

Tanto los estados y gráficos, como las curvas de niveles y caudales se archivarán convenientemente clasificados en carpetas de cartón, hechas *ad hoc*, fuertes y debidamente rotuladas, que se colocarán en unión de todos los demás datos sobre aforos, en cajas y armarios que habrán de estar normalmente cerrados para evitar extravíos.

Los Ingenieros subalternos y Jefes habrán de cuidar de que no falten estados y gráficos en las colecciones, lo que les será fácil comprobar, completándolos en caso necesario.

Á todos se recomienda muy encarecidamente la fiel observancia de estas prescripciones, pues sólo de esta suerte, consignando los datos repetidamente y guardándolos en puntos diversos, podrá conseguirse que, con el transcurso de los años, no se pierdan los que no se publiquen. Las precauciones que se aconsejan tienden á evitar que pueda ocurrir tan sensible como frecuente é irreparable contingencia.

Los Ingenieros Jefes redactarán anualmente una Memoria, todo lo sucinta que sea posible, en que se consigne la marcha del servicio, dificultades principales con que se ha tropezado, mejora que convendría introducir y demás circunstancias que convenga poner en conocimiento del Servicio Central, al que se remitirá este trabajo.

Datos antiguos sobre aforos.

Los Ingenieros Jefes, á medida que las demás atenciones del Servicio se lo consientan, ordenarán la revisión minuciosa de todos los datos que relacionados con los aforos puedan encontrar en los archivos de las Divisiones á su cargo. Verificada aquella operación y separados los datos que por los caracteres de autenticidad que revelen pueden merecer alguna confianza, se formarán estados semejantes á los que trimestralmente deben remitir al Servicio Central, según se ha consignado anteriormente, y una vez completos los enviarán al Jefe de este servicio con las observaciones que estimen convenientes.

Cuando lo permitan los datos antiguos de que se disponga se formarán las curvas de régimen anual, que se remitirán también al Servicio Central en forma de copia.

Los datos antiguos, una vez revisados y clasificados, deberán archivar en forma análoga, en cuanto sea posible, á la que se emplee para los datos corrientes; con ellos se archivarán también los borradores, debidamente autorizados, de los estados y curvas que con tales datos se hubiesen formado.

Reglas de contabilidad.

Para la práctica de este servicio habrán de observarse, como es natural, las reglas de contabilidad que rigen en los de obras públicas.

Los gastos de todas clases que se efectúen con cargo á los conceptos que figuren en el presupuesto del Estado deberán reunirse mensualmente en cuentas que comprendan los de toda la División, las cuales se remitirán á la Dirección general dentro de los plazos prevenidos. Los gastos que se realicen con cargo á los presupuestos de estudios, explotación ó construcción

de una obra determinada, figurarán aparte de los anteriores incluidos entre los de estudio, explotación, conservación ó construcción de esta obra.

El presupuesto de gastos necesarios para llevar á efecto los aforos durante un año deberán comprender, interin no varien los conceptos que figuran en el actual presupuesto del Estado, lo siguiente:

1.º (a) Los jornales de operarios necesarios para realizar, reparar y conservar las instalaciones de escalas, fluviógrafos ú otras que requiera la práctica de aforos; los jornales de auxiliares en las operaciones de aforos directos ó indirectos, reconocimientos, etc.

(b) La retribución ó gratificación que tenga que darse á las personas que efectúen las lecturas de las escalas hidrométricas, se hallen al cuidado de los fluviógrafos ó presten servicios temporales ó permanentes de vigilancia ó comprobación.

(c) Los jornales que en casos en que esto sea indispensable se asignen á agentes especiales encargados de fluviógrafos ó de varias escalas muy importantes y no muy distantes entre sí para que puedan ser atendidas por un mismo agente.

2.º Los gastos de adquisición de materiales de todas clases, reparación y reposición de instrumentos, escalas, barcas y efectos, el alquiler de barcas, adquisición de impresos y libros, sellos de correos y telégrafos (donde se ofrezcan dificultades para obtener franquicia postal ó telegráfica y mientras tales dificultades no se venzan), gastos de transportes de materiales y efectos, etc.

Observaciones relativas á la práctica del servicio.

Los Ingenieros Directores de obras de canales de riegos ó pantanos que se realicen con el concurso de Juntas deberán practicar aforos en las corrientes alimentadoras siempre que sean necesarios para la construcción, conservación ó explotación de la obra ó, cuando sin serlo por completo, sea fácil realizar las observaciones correspondientes. Dichos Ingenieros se considerarán, para los efectos de esta Instrucción, como Ingenieros encargados del servicio de aforos en la parte que corresponda á las obras á su cargo.

Convendrá que los trabajos y las instalaciones que se realicen para obtener el aforo de las corrientes se sometan á una prudente economía, pues dado las grandes deficiencias que existen con respecto á este servicio, que han de requerir aforos considerables, es de temer que durante mucho tiempo los créditos disponibles resulten deficientes con relación á las necesidades, siendo, por lo tanto, indispensable sacrificar algo la perfección de los procedimientos y suprimir todo lujo, para que con un mínimo de gastos se obtenga el mayor número posible de datos suficientemente fidedignos.

Es de la mayor importancia la comprobación de los datos que se reunan, mientras esto sea factible sin gastos crecidos. Los datos relativos á los niveles de las corrientes podrán comprobarse:

1.º Por comparación unos con otros cuando se conozcan con mayor ó menor exactitud las relaciones que ligan los niveles de una misma corriente en distintos puntos.

2.º Por comparación con fluviógrafos cuando esto sea posible.

3.º Por observaciones especiales que independientemente de las que practiquen los observadores encargados verifiquen el personal de la División, agentes especiales destinados á este efecto ú otras personas que puedan prestar este servicio aunque no sea con carácter permanente. En ciertos casos no dejaría tampoco de ser útil el proveer á los observadores de relojes de sereno ó de bobinas, para comprobar que todos los días á la hora ú horas fijadas concurren á un punto determinado desde el cual puedan efectuar la operación.

Deberá reclamarse el concurso de las Autoridades para prevenir los desperfectos en las instalaciones existentes y para los demás fines en que aquél pueda ser necesario ó conveniente; igualmente se reclamará el concurso de otros agentes de la Administración pública, dirigiéndose al efecto á los Jefes de los mismos que tengan facultades para otorgarlas. En especial, podrá recurrirse á los distintos Jefes de Obras públicas, para obtener la vigilancia de peones camineros, capataces, etc., sobre instalaciones existentes y aun para practicar observaciones, concediendo en este último caso, á los que las realicen, una gratificación adecuada al trabajo que la observación requiera.

Cuando no se haya practicado la observación de la altura de una escala por una circunstancia cualquiera, deberá el observador remitir un parte negativo. En todo caso, habrá de darse cuenta de ello, lo antes posible, al Ingeniero encargado, con el fin de que disponga, si es posible, lo necesario para que las observaciones no se interrumpan. Previsiones análogas deberán regir para las interrupciones de los fluviógrafos ó fluviómetros.

Á los observadores, agentes encargados de fluviógrafos ó escalas, á los que tengan el encargo de vigilar las instalaciones, de comprobar las observaciones, etc., se les entregarán instrucciones concretas, claras y concisas sobre su cometido y medios y forma de realizarlo.

El papel que se emplee en los estados y libros del servicio de aforos deberá ser fuerte y duradero, siendo preferible el de hilo. Todo escrito deberá estarlo con tinta que convendrá sea indeleble para evitar que con el tiempo desaparezca.

Para los efectos de estas instrucciones la Jefatura de obras contra las inundaciones en las provincias de Levante será considerada, con respecto al territorio que comprende, como una División de trabajos hidráulicos. Los epígrafes que aparecen en los modelos deberán ser convenientemente modificados.

Las prescripciones contenidas en la presente Instrucción deberán ser observadas fielmente en cuanto tienen de preceptivo. Las modificaciones que sea conveniente introducir en ellas, ya por efecto de las circunstancias especiales, ya por el mejor conocimiento y experiencia que alcancen en este servicio los Ingenieros, serán autorizadas por el Servicio Central, previa la correspondiente propuesta.

Hasta el presente, los varios intentos realizados para el aforo de las corrientes nacionales no han dado resultados bastante satisfactorios con relación á las necesidades sentidas. El Servicio Central de trabajos hidráulicos abraza la convicción de que para llenar esta deficiencia, dando eficacia á los trabajos que se realicen, precisa someterlos á un sistema, respondiendo á esta necesidad las presentes Instrucciones; pero hace falta, además, que se cuente con los fondos y personal indispensables, y, sobre todo, que se realicen las operaciones de aforos con constancia que impida la discontinuidad y con probidad profesional que haga imposible la compilación de datos insuficientemente exactos, que comprometen la reputación de los encargados de reunirlos y el crédito de la administración pública que los acepta.