

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA 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.

SERVICIO CENTRAL DE TRABAJOS HIDRAULICOS

EXPERIMENTOS SOBRE VERTEDEROS

EXPERIMENTOS DE MR. BAZIN

INTRODUCCIÓN

Los experimentos realizados por el Inspector general de Puentes y Calzadas, Mr. H. Bazin, en Dijon, desde 1886 á 1895, descritos en seis artículos publicados en los *Annales des Ponts et Chaussées* de los años 1888, 1890, 1891, 1894, 1896 y 1898, fueron condensados en un volumen publicado por dicho Ingeniero con el título de *Experiences nouvelles sur l'écoulement en diversoir*.

Nos limitaremos aquí á extractar tan sólo la parte necesaria para poder aplicar los resultados obtenidos por Mr. Bazin en la práctica de aforos por medio de vertederos.

La teoría de éstos constituye, indudablemente, la parte menos adelantada de la hidráulica; los coeficientes usados en la práctica varían entre límites muy dilatados, sin que sea fácil, de ordinario, hacer una elección razonada entre los numerosos valores numéricos que se les asigna.

El problema es muy complicado; por una parte se enlaza con la teoría del derrame por orificios y por otra con la de los canales descubiertos. El valor del coeficiente en cada caso está influido por numerosos elementos. En efecto, se debe considerar:

1.º La velocidad de llegada en el canal, aguas arriba del vertedero, velocidad cuyo efecto no puede despreciarse en los vertederos de poca altura.

2.º La contracción lateral, poco apreciable en los vertederos de gran longitud, pero muy importante en los vertederos estrechos.

3.º La contracción en el plano vertical perpendicular al vertedero, contracción cuyo valor depende de su altura y de la forma del umbral.

Por último, hace notar Mr. Bazin que cuando el canal de aguas abajo tiene de ancho la longitud del vertedero, la lámina de agua que pasa por éste estando en contacto con las paredes laterales del canal no permite la libre entrada del aire por debajo de la misma, produciéndose fenómenos especiales que modifican notablemente el gasto.

Diversas formas de láminas que se producen en un vertedero.

Cuando el agua vierte por un orificio es sabido que el gasto L varía con su forma debiendo determinarse el coeficiente m de la fórmula $L = m \omega \sqrt{2gh}$ para cada caso particular; este coe-

ficiente, sin embargo, no oscila sino entre límites relativamente restringidos.

Las condiciones son más complejas en un vertedero; la influencia de la disposición del mismo (anchura del umbral, pendiente de sus taludes de aguas arriba y aguas abajo, etc., etc.), subsiste siempre; pero existen otras causas que intervienen para hacer variar entre límites mucho más extensos el coeficiente de la fórmula clásica $L = m l h \sqrt{2gh}$. La superficie fluida aguas arriba del vertedero, no estando sostenida por una pared fija, queda libre de tomar un perfil cualquiera; por otra parte, los niveles del agua, aguas arriba y aguas abajo del vertedero, son á veces solidarios, aun cuando este último sea algo inferior al del umbral, en cuyo caso cualquiera modificación aguas abajo influye en la forma del perfil de aguas arriba.

La lámina de agua difiere en esto de la vena que sale por un orificio, pudiendo tomar formas muy diversas; estas formas constituyen en realidad otros tantos casos especiales que es preciso estudiar separadamente pudiendo, al confundirlos, exponerse á errores de importancia. Es, pues, necesario ante todo clasificar esas diferentes formas y dar á conocer sus caracteres distintivos.

Láminas libres.—El caso más sencillo y el mejor definido es el de un vertedero en pared delgada, sin contracción lateral, en el cual la lámina vierte libremente en el aire, quedando siempre su superficie inferior sometida á la presión atmosférica. Se suprime la contracción lateral, dando al vertedero una longitud igual al ancho del canal de llegada, que suponemos con paredes verticales; inmediatamente aguas abajo del umbral, esas paredes deben estar dispuestas de manera que permitan el libre acceso del aire debajo de la lámina. El fenómeno así definido es perfectamente constante; esas láminas libres, independientes de toda influencia de aguas abajo, se prestan á una determinación precisa del coeficiente m .

Láminas deprimidas.—Cuando las paredes del canal de desagüe, aguas abajo del vertedero, no están dispuestas para permitir el libre acceso del aire debajo de la lámina, el fenómeno se complica mucho. El agua de aguas abajo se eleva por debajo de la lámina, cuya forma, notablemente constante en el caso de la lámina libre, se modifica esta vez según el gasto. En tanto que la carga no pasa de cierto límite, la lámina queda separada de la presa, conteniendo debajo de ella un volumen de aire cuya presión es inferior á la de la atmósfera; así se ve elevarse el agua por debajo de la lámina á un nivel superior al de aguas abajo. Se tiene así una especie de lámina libre, modificada y deprimida por el exceso de la presión exterior. Su gasto es, á igualdad de carga, un poco superior al de la verdadera lámina libre; esta diferencia va en aumento á medida que el volumen

de aire encerrado disminuye, y puede alcanzar cerca del 10 por 100 en el momento en que el aire está á punto de ser por completo eliminado, á consecuencia de un aumento suficiente de la carga.

Las láminas deprimidas no son muy estables: de cuando en cuando se producen entradas accidentales de aire debajo de la lámina, que hacen variar á la vez la presión interior y el coeficiente de gasto m .

Láminas anegadas por debajo.—En cuanto el aire ha desaparecido por completo, la lámina toma una forma mejor definida, que se presenta muy frecuentemente. Debajo de la parte viva de la lámina, en la que se opera el gasto, se encuentra una pequeña masa de agua animada de movimientos confusos, produciéndose un torbellino que no participa del movimiento de traslación de la lámina propiamente dicha.

La lámina anegada por debajo puede ser independiente del nivel de aguas abajo, ó, por el contrario, puede estar influida por dicho nivel, en cuyo caso, cualquier modificación aguas abajo reacciona sobre el derrame aguas arriba del vertedero.

Láminas onduladas.—Cuando se eleva el nivel de aguas abajo por encima del umbral del vertedero, la lámina anegada conserva todavía su forma, en tanto que la diferencia de los niveles de aguas arriba y aguas abajo no desciende de cierto límite. Su perfil característico subsiste, oculto en parte por su inmersión en el tramo de aguas abajo; pero cuando disminuye progresivamente la caída llega un momento en que la lámina se traslada súbitamente á la superficie, afectando un perfil ondulado.

Este cambio, si bien muy aparente, no tiene gran influencia en el valor del coeficiente del gasto.

Láminas adherentes.—Las formas de láminas á que se pasó revista, son las que se encuentran más generalmente; existe, sin embargo, otra que aparece cuando se adoptan ciertas disposiciones. La lámina en lugar de cubrir, como en la forma anegada por debajo, una pequeña masa de agua sin movimiento de traslación, se aplica exactamente sobre la presa, á la que queda adherida.

Este caso notable, al que corresponde un aumento enorme del coeficiente del gasto m , puede considerarse como algo excepcional; pero cuando el paramento de aguas abajo del vertedero, en lugar de ser vertical, es inclinado, la forma adherente más estable se presenta de un modo normal.

Procedimiento de experimentación.

El procedimiento seguido por Mr. Bazin consistía en comparar todos los vertederos con uno tipo para el que se determinaba el valor del coeficiente numérico m , de una vez para siempre, con la mayor precisión. Si se establecen sobre un mismo canal, de anchura constante, varios vertederos sucesivos en condiciones diversas, y si se deja en seguida correr por el canal un cierto volumen de agua, las cargas variarán de un vertedero á otro; su comparación dará á conocer inmediatamente la relación de los coeficientes aplicables á cada uno de ellos y, por consiguiente, el valor absoluto de esos coeficientes, si uno de esos vertederos, el de aguas arriba por ejemplo, es el vertedero tipo.

El canalillo de experimentación estaba situado en la margen derecha del canal de Borgoña (tramo núm. 57), en las cercanías de Dijon. La toma de agua del canal se efectuaba por medio de un sistema de tres orificios de forma rectangular de 0^m,30 de altura por 1 m. de anchura, con sus correspondientes compuertas. El agua derivada por estos orificios caía primero en una cámara de fábrica de 15 metros de longitud por 4 de anchura, donde perdía su velocidad y pasaba en seguida á un canal en cuyo extremo estaba instalado el vertedero tipo. Este canal tenía 15 metros de longitud, 2 de anchura y 1^m,60 de profundidad; inmediatamente aguas abajo de éste empezaba el canalillo de experimentación propiamente dicho, cuyo ancho y longitud eran también de 2 metros; sus paredes, así como las de la cámara y del canal antes citados, estaban revestidas de un enlucido de cemento; el fondo tenía una pendiente de 0,001.

Vertedero tipo.—Para simplificar las condiciones del derrame sobre el vertedero tipo fué preciso: primero, darle la mayor altura posible; segundo, suprimir la contracción lateral; tercero, constituir el umbral con una arista viva; y cuarto, asegurar el acceso del aire debajo de la lámina de aire. Como el vertedero tiene el mismo ancho que el canal, la contracción lateral quedaba naturalmente suprimida; su altura era de 1^m,135 sobre el fondo. Estaba formado por viguetas de 0^m,10 de escuadría, cuidadosamente calafateadas; una hoja de palastro de 0^m,007 de espesor, en prolongación del plano del paramento vertical de aguas arriba de la presa, constituía el umbral; el derrame tenía lugar en pared delgada; la lámina de agua se desprendía francamente á partir de la arista de aguas arriba de la hoja de palastro.

La libre admisión del aire debajo de la lámina vertiente, estaba asegurada por dos ensanchamientos laterales, dispuestos inmediatamente aguas abajo del vertedero; el de la izquierda tenía 0^m,30 de profundidad, y el de la derecha 1 metro, á fin de poder observar la parte inferior de la lámina. Por consecuencia de este ensanchamiento de las paredes, la lámina hubiera podido extenderse lateralmente, lo que habría alterado ligeramente el gasto. Para obviar este inconveniente, las paredes de aguas arriba se prolongaron hacia aguas abajo, pero solamente por encima del nivel del umbral del vertedero, por medio de tablas dispuestas según el plano de esas paredes. La lámina quedaba de tal forma bien guiada, sin contracción aguas arriba y sin expansión aguas abajo.

La determinación de los valores del coeficiente m para el vertedero tipo se hizo en la siguiente forma: se anotaba con toda exactitud el tiempo que tardaba el agua que fluía del vertedero en llenar una capacidad conocida, midiéndose al mismo tiempo con gran cuidado el valor de la carga h . Substituyendo estos valores en la fórmula del gasto deduciase inmediatamente para cada caso el valor del coeficiente m .

Las operaciones fueron muy numerosas; después de haberse ejecutado 67 mediciones sobre el vertedero de 2 metros de largo, se redujo su longitud á un 1 metro y después á 0^m,50, á fin de poder operar con cargas más elevadas; se hicieron 38 operaciones con el vertedero de 1 metro de longitud y 48 con el 0^m,50. Estas operaciones constituyeron las tres primeras series de experimentos de Mr. Bazin. La discusión detallada de todos estos elementos condujo á establecer, para el coeficiente aplicable al vertedero tipo, los siguientes valores:

Carga	Coeficiente	Carga	Coeficiente	Carga	Coeficiente	Carga	Coeficiente
h .	m	h .	m .	h .	m .	h .	m .
Metros		Metros		Metros		Metros	
0,05	0,4485	0,19	0,4265	0,33	0,4271	0,47	0,4304
0,06	0,4432	0,20	0,4262	0,34	0,4273	0,48	0,4307
0,07	0,4398	0,21	0,4260	0,35	0,4275	0,49	0,4310
0,08	0,4372	0,22	0,4259	0,36	0,4277	0,50	0,4313
0,09	0,4352	0,23	0,4258	0,37	0,4279	0,51	0,4316
0,10	0,4336	0,24	0,4258	0,38	0,4281	0,52	0,4318
0,11	0,4322	0,25	0,4259	0,39	0,4284	0,53	0,4321
0,12	0,4310	0,26	0,4260	0,40	0,4286	0,54	0,4324
0,13	0,4300	0,27	0,4262	0,41	0,4288	0,55	0,4327
0,14	0,4292	0,28	0,4263	0,42	0,4291	0,56	0,4329
0,15	0,4284	0,29	0,4264	0,43	0,4294	0,57	0,4332
0,16	0,4278	0,30	0,4266	0,44	0,4297	0,58	0,4335
0,17	0,4273	0,31	0,4268	0,45	0,4299	0,59	0,4338
0,18	0,4269	0,32	0,4269	0,46	0,4302	0,60	0,4341

Recorriendo esta serie de valores, se observa que el coeficiente m empieza por decrecer á partir de las cargas pequeñas; este decrecimiento sigue hasta la carga 0^m,235 próximamente, donde se encuentra un mínimo, empezando en seguida un aumento gradual. Esta marcha, de apariencia complicada, obedece á dos causas diferentes. Varios experimentadores han observado que el coeficiente m es más elevado cuando la carga h es más peque-

ña, y disminuye á medida que ésta aumenta. Pero esta tendencia de m á la disminución se ve pronto compensada por la influencia creciente de la velocidad de llegada, la cual se toma en cuenta implícitamente en el valor del coeficiente m de la fórmula $Q = m l h \sqrt{2 g h}$; este coeficiente no tarda, pues, en crecer con la carga, y esto explica la existencia de un mínimo. Operando sobre un vertedero de altura diferente, se obtendría una serie análoga, pero el mínimo no correspondería á la misma carga; su posición depende, en efecto, de la velocidad de llegada, tanto más sensible cuanto menor sea la altura del vertedero.

Como ya se ha indicado, el procedimiento seguido por Mr. Bazin, consistía en comparar todos los vertederos con el vertedero tipo que se acaba de describir.

Si se conviene en que H y h representen respectivamente las cargas sobre el vertedero tipo y sobre el vertedero que se trata de estudiar, L y l sus longitudes correspondientes, y M y m los coeficientes del gasto, y se hace pasar la misma cantidad de agua sobre los dos vertederos, tendremos, llamando Q el gasto,

$$Q = M L H \sqrt{2 g H} \quad (1)$$

$$Q = m l h \sqrt{2 g h} \quad (2)$$

Igualando los valores de Q se tiene

$$M L H \sqrt{2 g H} = m l h \sqrt{2 g h}$$

6

$$M L H^{\frac{3}{2}} = m l h^{\frac{3}{2}},$$

de donde se deduce

$$m = M \left(\frac{L}{l} \right) \times \left(\frac{H}{h} \right)^{\frac{3}{2}}.$$

Las operaciones á que se ha hecho referencia dieron los valores del coeficiente M del vertedero tipo, correspondientes á diferentes valores de H . La relación $\frac{L}{l}$, muy próxima á la uni-

dad, era invariable para todos los experimentos de una misma serie; bastaba por lo tanto medir las cargas correspondientes H y h para obtener el coeficiente m .

Mr. Bazin ejecutó así siete series de experimentos sobre vertederos en pared delgada con las alturas siguientes:

2 series números 4 y 5 sobre vertedero de 0^m,75 de altura.

2 ídem números 6 y 7 ídem id. de 0^m,50 de ídem.

2 ídem números 8 y 9 ídem id. de 0^m,35 de ídem.

1 ídem número 10 ídem id. de 0^m,24 de ídem.

Después de explicar detalladamente estos experimentos, halló y agrupó en el siguiente cuadro los valores de m para las cargas y alturas de vertederos que se encuentran más comúnmente en la práctica.

VERTEDERO EN PARED DELGADA SIN CONTRACCIÓN LATERAL

Láminas libres sometidas por su parte inferior á la presión atmosférica.

CARGAS h .	Valores del coeficiente m para las siguientes alturas p del vertedero sobre el fondo del canal.									Valor límite de m .
	0 ^m ,20	0 ^m ,30	0 ^m ,40	0 ^m ,50	0 ^m ,60	0 ^m ,80	1 ^m ,00	1 ^m ,50	2 ^m ,00	Coefficiente μ .
0,05	0,458	0,453	0,451	0,450	0,449	0,449	0,449	0,448	0,448	0,4481
0,06	0,456	0,450	0,447	0,445	0,445	0,444	0,443	0,443	0,443	0,4427
0,07	0,455	0,448	0,445	0,443	0,442	0,441	0,440	0,440	0,439	0,4391
0,08	0,456	0,447	0,443	0,441	0,440	0,438	0,438	0,437	0,437	0,4363
0,09	0,457	0,447	0,442	0,440	0,438	0,436	0,436	0,435	0,434	0,4340
0,10	0,459	0,447	0,442	0,439	0,437	0,435	0,434	0,433	0,433	0,4322
0,12	0,462	0,448	0,442	0,438	0,436	0,433	0,432	0,430	0,430	0,4291
0,14	0,466	0,450	0,443	0,438	0,435	0,432	0,430	0,428	0,428	0,4267
0,16	0,471	0,453	0,444	0,438	0,435	0,431	0,429	0,427	0,426	0,4246
0,18	0,475	0,456	0,445	0,439	0,435	0,431	0,428	0,425	0,425	0,4229
0,20	0,480	0,459	0,447	0,440	0,436	0,431	0,428	0,425	0,423	0,4215
0,22	0,484	0,462	0,449	0,442	0,437	0,431	0,428	0,424	0,423	0,4208
0,24	0,488	0,465	0,452	0,444	0,438	0,432	0,428	0,424	0,422	0,4194
0,26	0,492	0,468	0,455	0,446	0,440	0,432	0,429	0,424	0,422	0,4187
0,28	0,496	0,472	0,457	0,448	0,441	0,433	0,429	0,424	0,422	0,4181
0,30	0,500	0,475	0,460	0,450	0,443	0,434	0,430	0,424	0,421	0,4174
0,32	0,504	0,478	0,462	0,452	0,444	0,436	0,430	0,424	0,421	0,4168
0,34	0,507	0,481	0,464	0,454	0,446	0,437	0,431	0,424	0,421	0,4162
0,36	0,510	0,483	0,467	0,456	0,448	0,438	0,432	0,424	0,421	0,4156
0,38	0,513	0,486	0,469	0,458	0,449	0,439	0,432	0,424	0,421	0,4150
0,40	0,516	0,489	0,472	0,459	0,451	0,440	0,433	0,424	0,421	0,4144
0,42	"	0,491	0,474	0,461	0,452	0,441	0,434	0,425	0,421	0,4139
0,44	"	0,494	0,476	0,463	0,454	0,442	0,435	0,425	0,421	0,4134
0,46	"	0,496	0,478	0,465	0,456	0,443	0,435	0,425	0,421	0,4128
0,48	"	0,498	0,480	0,467	0,457	0,444	0,436	0,425	0,421	0,4122
0,50	"	0,500	0,482	0,468	0,459	0,445	0,437	0,426	0,421	0,4118
0,52	"	0,502	0,484	0,470	0,460	0,446	0,438	0,426	0,421	0,4113
0,54	"	0,504	0,485	0,472	0,461	0,447	0,439	0,427	0,421	0,4108
0,56	"	0,506	0,487	0,473	0,463	0,449	0,439	0,427	0,421	0,4103
0,58	"	0,508	0,489	0,475	0,464	0,450	0,440	0,427	0,421	0,4099
0,60	"	0,510	0,491	0,476	0,466	0,451	0,441	0,428	0,421	0,4095
0,62	"	"	0,492	0,478	0,467	0,452	0,442	0,428	0,422	0,4091
0,64	"	"	0,494	0,480	0,469	0,453	0,443	0,429	0,422	0,4087
0,66	"	"	0,495	0,481	0,470	0,454	0,444	0,429	0,422	0,4084
0,68	"	"	0,497	0,483	0,471	0,455	0,445	0,430	0,422	0,4080
0,70	"	"	0,498	0,484	0,473	0,456	0,446	0,430	0,423	0,4077

La última columna da á los valores límites μ de m , que corresponden en las formulas de Mr. Bazin á vertederos de altura infinita.

Respecto á la exactitud de los coeficientes dados por este cuadro, observe aquél que, excepto en el caso excepcional de un vertedero de muy poca altura, que debe evitarse siempre que sea posible, pueden obtenerse los valores de m con una aproximación de un 1 por 100, con tal de que las disposiciones adoptadas en el vertedero tipo se reproduzcan con toda exactitud. Es de suma importancia que la admisión del aire por debajo de la lámina líquida esté perfectamente asegurada, pues de lo contrario los valores de m pueden oscilar entre límites bastantes extensos.

Los coeficientes de gasto de la lámina libre, perfectamente determinados por la carga h y la altura p del vertedero, servirán de término de comparación en lo sucesivo; en lugar de considerar, en los demás vertederos, los valores absolutos de los coeficientes m que les correspondían, Mr. Bazin los comparaba al coeficiente m' de la lámina libre, que se produciría bajo la misma carga sobre un vertedero en pared delgada de la misma altura. Estas substituciones de las relaciones $\frac{m}{m'}$ á los valores absolutos m , eliminando, al menos en parte, la influencia de la velocidad de llegada, facilitaron la discusión de los diversos resultados á que se va á pasar revista.

Vertederos en pared delgada.—Láminas deprimidas y láminas anegadas por debajo.

Cuando la disposición de las paredes del canal, aguas abajo del vertedero, no permite la libre entrada del aire por debajo de la lámina, el fenómeno se complica, y la lámina, como ya se ha indicado, puede tomar varias formas diferentes.

Láminas deprimidas.—Las láminas deprimidas fueron estudiadas sobre tres vertederos de 0m,75, 0m,50 y 0m,35 de altura.

La transformación de la lámina deprimida en adherente se produce cuando la carga h alcanza próximamente los $\frac{3}{10}$ de la

altura p del vertedero; el punto de paso de una forma á otra no está perfectamente determinado, y al aproximarse á la carga límite la lámina se hace muy inestable. No debe esperarse, por lo tanto, encontrar en esta serie de coeficientes la misma regularidad que en los de la lámina libre. A continuación se extractan los resultados de las series de experimentos números 35 al 37.

SERIES NÚMEROS 35 Á 37

Láminas deprimidas.

Número del experimento.	h =carga sobre el umbral.	m =coeficiente del gasto.	Número del experimento.	h =carga sobre el umbral.	m =coeficiente del gasto.
Serie núm. 35.			Serie núm. 36.		
Vertedero de 0m,75 de altura.			Vertedero de 0m,50 de altura.		
1	0,0594	0,4479	1	0,0495	0,4584
2	0,0659	0,4415	2	0,0593	0,4571
3	0,0748	0,4451	3	0,0685	0,4559
4	0,0862	0,4466	4	0,0779	0,4556
5	0,0978	0,4427	5	0,0881	0,4514
6	0,1085	0,4420	6	0,0968	0,4500
7	0,1166	0,4437	7	0,1077	0,4509
8	0,1255	0,4434	8	0,1167	0,4527
9	0,1384	0,4438	9	0,1218	0,4599
10	0,1465	0,4439	10	0,1295	0,4701
11	0,1522	0,4483			
12	0,1643	0,4469			
13	0,1717	0,4484			
14	0,1827	0,4519			
15	0,1948	0,4555			
16	0,2001	0,4597			
17	0,2054	0,4645			
18	0,2110	0,4654			
19	0,2236	0,4668			
20	0,2327	0,4673			
			Serie núm. 37.		
			Vertedero de 0m,35 de altura.		
			1	0,0706	0,4654
			2	0,0748	0,4561
			3	0,0848	0,4717
			4	0,0864	0,4724
			5	0,0937	0,4732

Láminas anegadas por debajo.—Las láminas anegadas por debajo son más regulares; pero es preciso distinguir dos casos, según que el resalto que se produce después de la caída está alejado ó, por el contrario, cubre parte de la lámina.

Se considerará, por de pronto, el primer caso, que es el más sencillo. La existencia de la lámina anegada no es posible más que cuando la carga alcanza cierto límite, que es, próximamente, los $\frac{2}{5}$ de la altura p del umbral del vertedero sobre el fondo

del canal de aguas abajo. Cuando la carga descende por debajo de este límite, el aire penetra por la parte inferior de la lámina, que se separa de la presa y vuelve á la misma forma deprimida.

Los experimentos realizados sobre una serie de vertederos de alturas diferentes (1) demostraron que la relación $\frac{m}{m'}$ del coeficiente m propio de cada uno de ellos, al coeficiente m' de la lámina libre, con la misma carga h , no depende de h , sino más bien de $\frac{h}{p}$.

En el siguiente cuadro resumió Mr. Bazin el resultado de sus estudios y experimentos sobre esta forma de láminas. En él se expresan los valores del coeficiente m del gasto para vertederos en pared delgada, cuyas alturas varían entre 0m,20 y 1m,50, con cargas que oscilan entre 0m,08 y 0m,70.

Láminas anegadas por debajo.

CARGAS h .	VALORES ABSOLUTOS DEL COEFICIENTE M para las siguientes alturas p del vertedero sobre el fondo del canal.							
	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,50
Metros.								
0,08	0,540	"	"	"	"	"	"	"
0,10	0,520	"	"	"	"	"	"	"
0,12	0,505	0,531	"	"	"	"	"	"
0,14	0,495	0,517	"	"	"	"	"	"
0,16	0,490	0,507	0,526	"	"	"	"	"
0,18	0,485	0,498	0,515	"	"	"	"	"
0,20	0,482	0,492	0,506	0,521	"	"	"	"
0,22	0,480	0,487	0,499	0,514	"	"	"	"
0,24	0,479	0,484	0,494	0,507	0,519	"	"	"
0,26	0,478	0,480	0,490	0,501	0,513	"	"	"
0,28	0,478	0,479	0,486	0,496	0,506	"	"	"
0,30	0,478	0,477	0,483	0,492	0,502	"	"	"
0,32	0,478	0,476	0,480	0,489	0,497	0,517	"	"
0,34	0,478	0,475	0,478	0,485	0,493	0,511	"	"
0,36	0,478	0,474	0,476	0,482	0,490	0,507	"	"
0,38	0,479	0,473	0,475	0,480	0,486	0,502	"	"
0,40	0,479	0,473	0,474	0,477	0,483	0,499	0,513	"
0,42	"	0,473	0,473	0,475	0,480	0,495	0,509	"
0,44	"	0,473	0,472	0,474	0,479	0,492	0,506	"
0,46	"	0,473	0,471	0,472	0,477	0,487	0,501	"
0,48	"	0,473	0,471	0,471	0,475	0,485	0,498	"
0,50	"	0,473	0,470	0,470	0,474	0,483	0,495	"
0,52	"	0,472	0,469	0,470	0,473	0,480	0,492	"
0,54	"	0,473	0,469	0,46	0,470	0,478	0,489	"
0,56	"	0,473	0,469	0,468	0,470	0,476	0,486	"
0,58	"	0,473	0,469	0,468	0,468	0,474	0,484	"
0,60	"	0,474	0,468	0,467	0,468	0,474	0,482	0,506
0,62	"	"	0,468	0,467	0,467	0,472	0,480	0,504
0,64	"	"	0,468	0,467	0,466	0,471	0,479	0,501
0,66	"	"	0,468	0,466	0,466	0,470	0,477	0,498
0,68	"	"	0,468	0,466	0,465	0,469	0,476	0,497
0,70	"	"	0,468	0,466	0,465	0,467	0,474	0,494

Cuando el resalto que se produce después de la caída cubre parte de la lámina, es preciso tener en cuenta la altura h_1 del umbral del vertedero sobre el nivel de aguas abajo. Esta altura h_1 sólo puede oscilar entre ciertos límites. Si se aumenta la caída que existe entre los niveles de aguas arriba y aguas abajo, el resalto acaba por separarse del pie de la lámina, dejando por lo tanto de influir sobre el gasto del vertedero. La experiencia

(1) Véanse *Annales de Ponts et Chaussées*, 1891, primer semestre; series de experimentos números 53 á 56, pág. 251, y números 59 á 62, pág. 264.

demuestra que la separación del resalto se produce cuando la caída total $h + h_1$ es próximamente igual a $\frac{3}{4}p$. Por otra parte, si la carga h no es suficiente para producir la separación del resalto es preciso, sin embargo, que el nivel de aguas abajo sea bastante elevado para sostener el pie de la lámina; si ese nivel desciende demasiado, la lámina deja de ser anegada por debajo y vuelve a la forma deprimida, pudiendo también tomar la forma adherente con una disposición adecuada del umbral. Esta condición determina un límite inferior para h_1 .

Mr. Bazin calculó la siguiente tabla de doble entrada que da los valores de la relación $\frac{m}{m'}$ (ya se ha dicho que m representa el coeficiente del gasto en el vertedero que se estudia y m' el mismo coeficiente en un vertedero de la misma altura, pero con lámina libre), deducidos de las dos relaciones $\frac{h}{p}$ y $\frac{h_1}{p}$. Los huecos que se observan en las cabezas de las últimas columnas de la tabla, corresponden a láminas deprimidas o adherentes, que se producen cuando la altura h_1 del umbral del vertedero sobre el nivel de aguas abajo es demasiado grande.

Láminas anegadas por debajo influidas por el resalto de aguas abajo.

Valores de $\frac{h}{p}$	VALORES DE $\frac{m}{m'}$ PARA $\frac{h_1}{p} =$							
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
0,15	1,01	1,06	"	"	"	"	"	"
0,20	1,02	1,06	1,10	"	"	"	"	"
0,25	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	"	"	"
0,30	1,03	1,06	1,09	1,11	1,14	1,16	"	"
0,35	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,14	1,16	1,18
0,40	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,15	1,17
								B
0,45	1,04	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,14	1,16
0,50	1,04	1,06	1,08	1,09	1,11	1,12	1,13	1,13
0,55	1,05	1,06	1,08	1,09	1,11	1,11	1,11	1,11
0,60	1,05	1,06	1,07	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
0,65	1,05	1,06	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
0,70	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
	A							

para que la forma anegada por debajo pueda subsistir. Por debajo de la línea de separación A B, la caída $h + h_1$ excede de los $\frac{3}{4}p$ y la lámina cesa de estar influida por el resalto de aguas abajo.

(Se continuará.)

EL RIEGO Y LA PERMEABILIDAD DE LOS TERRENOS

Con este título han dirigido una comunicación a la Academia de Ciencias de París Mrs. A. Müntz y L. Faure que juzgamos interesante reproducir, no tanto por lo que se refiere a la impor-

tancia y medios de medir la permeabilidad de los terrenos, como por lo que se consigna a propósito de los riegos en Francia, donde van abriéndose paso las ideas que en España viene desde hace tiempo defendiendo la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, haciéndose eco de una feliz iniciativa del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, que supo presentar al país, en forma práctica y viable, después de nuestro fracaso colonial, nuevos derroteros a seguir para aumentar eficazmente nuestra productividad agrícola, asegurando y acrecentando la principal y más sólida de nuestras riquezas para llegar por tales medios al afianzamiento de la nacionalidad, profundamente conmovida como consecuencia de la derrota.

La intervención del Estado en materia de grandes empresas de riegos, proclamada por nosotros para España en virtud de un estudio atento de la realidad, practicada por Inglaterra primero en la India y el Sudán, luego en Australia y en los Estados Sud-africanos, aceptada y practicada también por Rusia en el Turquestán, emprendida en grande escala por el Gobierno federal de los Estados Unidos en la fertilización de sus estepas occidentales, empresa más vasta que cuantas hasta el presente ha acometido la poderosa República, constituye hoy un hecho que alcanza una universalidad de la que pocos estadistas españoles se han dado cuenta hasta el presente, reinando sobre el particular, más o menos confusamente, las anticuadas ideas librecambistas que durante muchos años han constituido poderoso obstáculo para el desarrollo de los riegos, levantado inconscientemente por el prejuicio de escuela. Esperemos, sin embargo, que iniciado en Francia el cambio de ideas en el sentido proclamado por nosotros al propio tiempo que algunos ilustres pensadores, no tardará en repercutir en España con una fuerza y eficacia que sería de otra suerte difícil de obtener, sobre todo en materias de esta índole, que no son políticas (en el sentido corriente de la palabra), ni artísticas, ni religiosas, ni jurídicas, y que, por tanto, no encajan bien en el cuadro de las que suele debatir y comentar la opinión ilustrada de nuestro país.

He aquí ahora la nota de referencia:

«El agua es el factor esencial de la producción vegetal. La prosperidad agrícola de un país guarda relación estrecha con su distribución, y donde quiera que falta los terrenos más ricos en principios nutritivos quedan condenados a la esterilidad. La que procede de las lluvias resulta con frecuencia insuficiente y más frecuentemente aún repartida en épocas en que la vegetación no puede aprovecharla. Los riegos tienen por objeto proporcionarla en cantidad suficiente en las épocas favorables. Se conocen los resultados que de esta suerte se obtienen: pueden duplicarse y aun triplicarse las cosechas y transformarse en campos fértiles los terrenos improductivos. No sólo se manifiesta su eficacia en los países meridionales; en el Norte se obtienen también ventajosos resultados.

Francia es uno de los países mejor dotados en recursos hidráulicos y donde los riegos dan los mayores beneficios; se halla, sin embargo, atrasada con relación a ciertas naciones vecinas. ¿A qué se debe esto? ¿Cuáles son los medios que deben emplearse para llevar nuestra agricultura por la vía fecunda de la utilización del agua? He aquí una de las más importantes cuestiones relativas al porvenir agrícola de nuestro país.

A gran número de causas háse atribuido la lentitud del desarrollo de los riegos en Francia. Se ha invocado en particular la ignorancia de los agricultores, su falta de disciplina, la complicación y lentitud de las formalidades administrativas, la insuficiencia de la legislación sobre las aguas y Sindicatos hidráulicos, la división exagerada de la propiedad, la falta de crédito hipotecario, etc. Todas estas causas existen ciertamente y las dificultades que representan se ofrecen, sobre todo, en la realización de pequeñas empresas acometidas por propietarios aislados o por asociaciones de propietarios cuando tratan de utilizar los cortos caudales que discurren por los valles secundarios. El espíritu de asociación, que tanto se ha desarrollado en otras ramas de la Agricultura, comienza ya a manifestarse en aquel