

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.

CAPACIDAD DE LOS ALIVIADEROS DE LOS PANTANOS

Uno de los puntos más importantes que tiene que resolver el Ingeniero que proyecta un pantano, sobre todo cuando la obra ha de servir para regular las crecidas, es el de la fijación de la capacidad de los evacuadores, bien se encomiende esta misión al aliviadero de superficie, bien se combine su acción con la de desagüe de fondo. La dificultad principal para resolver el problema estriba en la carencia de datos para la construcción de la curva representativa de las máximas avenidas, no siendo raro el caso de que ni aun se pueda llegar á un conocimiento aproximado del máximo de esta curva.

Parece lógico en este caso recurrir al uso de coeficientes deducidos de la relación entre la superficie de las cuencas y los caudales máximos de las corrientes respectivas ó la capacidad de los evacuadores en obras construídas, adoptando para la que se proyecte un coeficiente análogo al de otra corriente ú obra que haya sido experimentada suficiente tiempo, ó bien, cuando se quiera pecar de previsor, el que da entre ellos las mayores garantías. Este procedimiento, aceptable cuando las obras consultadas estén en región próxima y en condiciones climatológicas y topográficas análogas, no es admisible cuando así no sucede; y en demostración de ello voy á reseñar, por si algún valor tiene á los ojos de los Ingenieros españoles, la enseñanza que se desprende de la avenida del río Guadalmedina que en la noche de 24 de Septiembre de 1907 tantas víctimas y daños materiales causó en Málaga.

M. Bellet en su obra *Barrages en maçonnerie*, recomienda que, á falta de datos, se adopte un desagüe de 10 á 20 litros por segundo y hectárea de cuenca receptora, citando en apoyo de estas cifras que en los vertederos del canal de Neste, donde afluyen las aguas de las landas desnudas de Lannemezan (1.500 ha), la lluvia más torrencial correspondió á 17 l-ha-1'', y en la presa de Avignonet, en el Drac (1.800 kilómetros cuadrados), en la que se ha supuesto 7 l-ha-1'' (*).

Los Sres. Nicolau y Puig, en su descripción de «Las obras de riego de los Estados Unidos», dicen que en aquel

país los aliviaderos más amplios sólo dan salida á 25 l-ha-1'', citando el pantano nuevo de Croton, para el que se ha previsto un desagüe máximo de 13,70 l-ha-1''; el de Wachusset, en el que este coeficiente es 24,3; el de Indian River, que sólo admite 3,8; y otros varios, en los que por tenerse en cuenta la regularización que sus inmensos embalses producirán en las crecidas se ha reducido todavía más el coeficiente.

Si se extiende este estudio á las observaciones generales de aforos efectuadas en los cursos de agua, se sabe que Lombardini dedujo de las experiencias efectuadas durante trece años en el Pò que la mayor avenida de este río fué de 5.150 m³ por 1'', lo que, dada su cuenca de 70.000 kilómetros cuadrados, arroja un coeficiente de 0,7 l-ha-1''; es más, este Ingeniero calcula que en el supuesto de que hubieran coincidido las avenidas de todos los afluentes con las de dicho río principal (con lo que parece se asimilaría el fenómeno á lo que ocurre en las cuencas reducidas), el gasto máximo sería de 14.480 m³ por 1'', ó sea un coeficiente de 2 l-ha-1''.

En resumen, que si para proyectar un pantano en España utilizara el Ingeniero los datos que se desprenden de las observaciones y obras de Francia, Italia y América del Norte, podría estar tranquilo respecto á la eficacia de los desagües dándoles una capacidad de 25 ó 30 litros por segundo por cada hectárea de cuenca alimentadora.

Veamos ahora lo que se desprende de la observación directa de nuestros cursos de agua, sobre todo de las ramblas torrenciales características de esta región meridional. Para hacer el cálculo respecto al Guadalmedina levanté dos perfiles transversales en un tramo recto y muy regularizado, cuyos elementos eran los siguientes:

Pendiente media.....	0,0092
$S_1 = 231,32 \text{ m}^2$	$P_1 = 57,20 \text{ m.}$
$S_2 = 244,80 \text{ »}$	$P_2 = 59,00 \text{ »}$

Lecho de guijarro y laderas con monte bajo, tomando para altura del agua en la avenida la que indicaron los habitantes del contorno, cuyos rastros todavía se observaban en las márgenes.

De dichos datos se deducen para valores medios:

$$\left. \begin{array}{l} S = 238,06 \text{ m}^2. \\ P = 58,10 \text{ m. l.} \end{array} \right\} R = \frac{S}{P} = 4,10.$$

(*) Por error, sin duda, dice Bellet que el coeficiente es de 15 l-ha-1'', pues la capacidad de aliviadero es de 1.200 m³ — 1''.

Aplicando la fórmula nueva de Bazin, tomando para coeficiente n' el que corresponde á paredes que ofrecen gran resistencia, se tiene:

$$v = \frac{87}{1 + \frac{1,15}{\sqrt{4,10}}} \sqrt{Ri} = 46,5 \sqrt{0,0377} = 9,08 \text{ m. por } 1''$$

y aplicando la de Ganguillet y Kutter, dando á n el valor 0,025 que corresponde á paredes de grava y cantos

$$v = \frac{23 + 40 + \frac{0,0155}{0,0012}}{1 + \left(23 + \frac{0,0155}{0,0092}\right) \frac{0,025}{\sqrt{4,10}}} \sqrt{Ri} = 49,4 \sqrt{0,0377} = 9,58 \text{ m. por } 1''.$$

Ahora bien; por tratarse de aguas cargadas de acarreo, esta velocidad debe reducirse, adoptando la fórmula propuesta por Thiery (Restaurativa des montagnes) habría que multiplicarla por el coeficiente

$$K = \frac{1.000}{1.000 + p(d - 1.000)} = \frac{1.000}{1.000 + 0,15(2.400 - 1.000)} = 0,82$$

si se supone que la proporción de los arrastres en esta avenida tan extraordinaria fué de 15 por 100 (en las ordinarias se ha observado que es de 10 á 12 por 100) y que la densidad de estos acarreos (limo y cantos dioríticos) es de 2.400.

Es decir, que la velocidad media de la avenida fué (tomando un promedio entre los resultados de las dos fórmulas):

$$V' = 9,33 \times 0,82 = 7,65 \text{ m. por } 1''$$

y el caudal

$$Q = 7,65 \times 238,06 = 1.820 \text{ m}^3 \text{ por } 1''$$

Comparando ahora esta cifra con el área de la cuenca, que es sólo de 165 kilómetros cuadrados, resulta un coeficiente de 11,7 m³ por kilómetro cuadrado, ó sean 117 litros por hectárea, es decir, cuatro veces mayor que el indicado anteriormente como de máxima garantía.

Esta consecuencia, sin embargo, podría tacharse de inexacta y exagerada, pues para deducirla se han utilizado fórmulas que sólo la necesidad hace que puedan utilizarse en estas crecidas tan extraordinarias; se han dado como buenas las alturas que fijaron los habitantes de la localidad, gente siempre aficionada á la exageración; se ha supuesto la misma pendiente á la superficie del agua que al fondo del lecho, y, por último, es probable que los acarreos sean mayores y los cuerpos flotantes originen remolinos que alteren las condiciones normales. Todas estas razones ó sólo algunas de ellas podrán hacer que el caudal máximo descienda á 1.600 ó 1.500 m³ (*), en cuyo caso el coeficiente sería sólo de 103 á 97 l-ha-1'', existiendo, para no reducirlo más, la siguiente consideración: en el encauzamiento que atraviesa Málaga, que tiene sección rectangular de unos 40 metros de latitud y 3 de altura, son perfectamente aplicables las fórmulas anteriores, resultando de ello una capacidad de 700 á 750 m³ por 1'', y todos los que presen-

ciaron la avenida del citado día, en que las aguas rebasaron de los muros más de un metro, convienen en que su caudal total excedió al doble de la capacidad del canal.

Pero aunque fuera posible no tener en cuenta crecidas tan extraordinarias, que quizá pasen siglos sin reproducirse (lo que no es prudente cuando el vertido por la presa es peligroso) avenidas que ocupen todo el canal del Guadalmedina y aun rebasen algo de sus muros, ocurren frecuentemente (ha habido tres ó cuatro en estos últimos treinta años), y ellas suponen un coeficiente de 50 l-ha-1'', muy superior al admitido en el extranjero, según se ha dicho.

Resulta, por tanto, evidente cuando los apremios del tiempo impidan hacer los aforos de avenidas, el coeficiente de 25 l-ha-1'' no es admisible para obras que se construyan en el Mediodía de España.

MANUEL JIMÉNEZ LOMBARDO.

Málaga 10 Febrero 1910.

PUERTO DE SEVILLA Y DE LA RÍA DEL GUADALQUIVIR

XIV

Carácter de las obras.—Las obras en el indicado puerto y ría, consisten principalmente en dragados y en el encauzamiento, para alcanzar con los primeros los calados necesarios para la navegación, y para conseguir con el segundo la creación de márgenes artificiales, y obtener así la línea definitiva, para que en cada región de la ría exista el ancho necesario y conveniente para mantener los fondos creados por los dragados.

Con los expresados trabajos, que luego detallaremos (aun cuando procurando la concisión), se ha conseguido, desde Enero de 1896, en un período de catorce años, la ejecución del plan total de encauzamiento de la ría, de tal suerte, que antes se tardaban más de veintitrés horas en realizar la navegación y recorrer los 119 kilómetros desde Sevilla hasta el mar libre, y en la actualidad únicamente se tardan trece horas con buques de 22 pies ingleses (6,706 metros) en mareas vivas.

El puerto.—El fondeadero del puerto de Sevilla se extiende desde la Punta de los Remedios hasta el puente de Triana, en la margen izquierda de la Ría (en dicha margen se halla situada la gran Ciudad); en una longitud de 1.850 metros, y con ancho medio de 125 metros.

Calado.—Es en dicho fondeadero de 20 pies ingleses (6,096 metros) en bajamar en la banda de Sevilla, y menor del lado de Triana.

Muelles.—La longitud total de los muelles del puerto es de 1.850 metros, variando su latitud entre 22 y 47 metros, de lo que resulta una superficie de zona de servicio, utilizable para depósito y movimiento de mercancías de más de 43.000 metros cuadrados.

La altura de los muelles desde la bajamar es de 6 metros, excepto en una extensión de 204 metros, destinada á buques pequeños, que sólo tiene una altura de 3,16 metros.

Atraveses.—Los barcos atracan á lo largo del paramento del muelle, quedando á 3 ó 4 metros de distancia del mismo; amarrando á los norays ó argollas, y tan sólo en caso de avenidas se permite la colocación de anclas empotradas en los muelles.

(*) Á raíz de la inundación, el Ingeniero Sr. Valcarlos dedujo que su intensidad máxima fué de 1.600 m³, y el Sr. Gómez Díaz de 1.200 m³.