

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 15 DE JULIO DE 1890.

4.ª Serie.

Tomo 8.º

Número 13.

AÑO XXXVIII DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Estudio sobre aprovechamiento de aguas en el valle del Ebro, por D. Ramón García.—Carreteras provinciales de Barcelona, por D. Melchor de Palau.—Memoria descriptiva del servicio de vías públicas correspondiente á los trabajos ejecutados en los meses de Enero, Febrero y Marzo de 1890, presentada al Excmo. Ayuntamiento por el Ingeniero-Director de dicho ramo, D. Vicente Rodríguez Intilini.

ESTUDIO SOBRE APROVECHAMIENTO DE AGUAS EN EL VALLE DEL EBRO

INUNDACIONES

(Continuación.)

LOS PANTANOS COMO MEDIO DE EVITAR SUS EFECTOS

XI

Uno de los medios propuestos por los Ingenieros para mitigar, al menos, los daños producidos por las grandes avenidas de los ríos, es la creación de embalses donde se acumula el agua durante las grandes lluvias, para darle salida gradualmente después que aquéllas han cesado.

Problema es este muy complejo y no exento de verdaderas dificultades, y por lo mismo, antes de estudiarle será forzoso dejar consignados algunos hechos en que hemos de apoyarnos con alguna frecuencia.

Escasos son los datos que posee esta División hidrológica acerca de los caracteres que revisten las grandes avenidas de los ríos en la cuenca del Ebro, y esto obliga á echar mano de hipótesis que, aun cuando basadas en los hechos observados, tienen que ser en algún modo deficientes para asentar sobre ellas soluciones definitivas prácticamente consideradas.

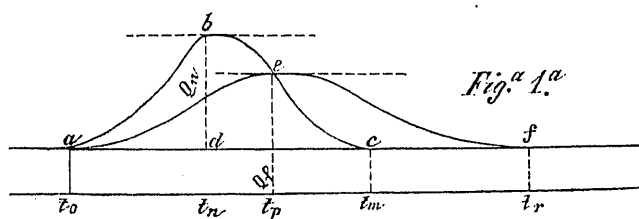
Esto sentado, si suponemos una sección de río en el que no haya afluencia alguna notable y en estado de avenida, ésta formará una especie de onda de longitud determinada, cuya anchura y altura serán variables con

el punto del río en donde se hace la observación y con el momento en que se hace.

Elegido un punto cualquiera del cauce, y observando allí las alturas que toma el agua en todo el tiempo que pasa la avenida, si en una línea horizontal se toman longitudes proporcionales á los tiempos y en la vertical correspondiente se toma la altura del agua, se obtendrá una curva que expresará gráficamente la ley de variación de la altura de las aguas en función del tiempo.

Además, si de antemano se hubieran practicado en este punto aforos de la corriente en sus diversos estados, pudiera haberse construido otra curva semejante á la anterior, y en la cual las abscisas representarían las alturas del agua en el río y las ordenadas los volúmenes correspondientes; la combinación de estas dos curvas permitiría la construcción de una tercera, en la que las abscisas representasen los tiempos y las ordenadas los volúmenes de agua del río durante toda la avenida; sea la ley de variación de ésta con el tiempo.

Sea ésta la *abec*.



Si at_0 y ct_m representan el caudal del río en su estado normal en el principio y fin de la avenida, el área t_0abect_m expresará su volumen, que podrá descomponerse en el t_0abt_n correspondiente al periodo de crecimiento, y el t_nbect_m al de descenso. Todo procedimiento capaz de aumentar el primer volumen producirá la disminución del segundo, y por consiguiente, de su cota máxima; luego el almacenamiento de agua durante el ascenso de la avenida dará lugar á la reducción de su gasto máximo.

Supongamos que en la cuenca de un río se han construido obras que sean capaces de segregar grandes volúmenes de agua durante el periodo de crecimiento de la avenida, y hallemos por el procedimiento indicado la curva de sus gastos t_0abct_n en un punto situado aguas arriba é inmediato á las obras, y la t_0aefct_r de los gastos de la misma en otro punto inferior y también inmediato. Claro es que si las obras segregar agua en el periodo de crecimiento, la segunda curva tiene que ser, en su primera parte, infe-

rior á la primera; pero las áreas de ambas curvas, representando la misma avenida, tienen que ser iguales; deberán, pues, cortarse en su punto e , en el cual, siendo iguales los gastos, cesa el almacenamiento de agua y el crecimiento de la avenida transformada, y por consiguiente, la segunda curva tiene en este punto su altura máxima ó una tangente horizontal.

La forma de la curva transformada será, por tanto, la aef ; el área abe será igual á efc , y la ordenada et_p menor que bt_n , ó lo que es lo mismo, la altura máxima de la avenida habrá disminuido.

Compréndese fácilmente que entre el caso extremo de que no haya obra alguna en el río, en el cual las dos anteriores curvas se reducen á la primera, y aquel en que las obras puedan almacenar el total de la avenida, y entonces la curva aef se convierte en la recta af , hay infinitas curvas con sus infinitos máximos, de lo cual se deduce la posibilidad de reducir el máximo de una avenida á los límites que se desee.

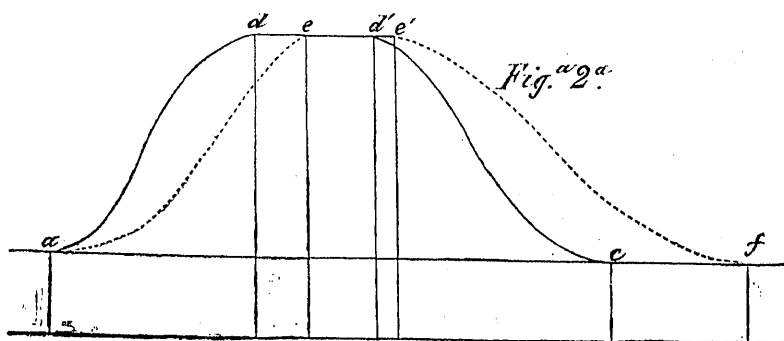
Para fijar más estas ideas, supongamos que las obras son una elevada presa construida en el desfiladero de un río, aguas arriba del cual haya un vaso muy capaz, y también que á los costados de la obra se abre en la roca uno ó dos portillos, desagües de superficie cuyo fondo se sitúa á una profundidad h por debajo de la coronación.

Si todos los demás orificios están cerrados, el agua del río, en su estado normal, se irá depositando en el vaso y su nivel ascendiendo hasta llegar al fondo del vertedero, en cuyo momento saldrá por él el agua, sin que su nivel deje de elevarse hasta que el gasto por el vertedero sea igual al caudal del río.

Después de esto, y en tanto no varíe el volumen afluente en el vaso, se establecerá un régimen exactamente igual que si la presa no existiera; pero principia una avenida, crecen el gasto del río y el del vertedero, pero este último no puede crecer sin que se eleve el nivel del agua en el depósito, es decir, sin que una parte del agua afluente se haya detenido en el vaso, y por tanto, la curva aef de gastos del vertedero tiene que ser, en su origen, interior á la abc de los gastos del río.

Para que el gasto del vertedero (ordenadas de la curva aef) siga creciendo, es necesario y suficiente que la lámina que vierte tenga mayor altura, es decir, que el nivel del depósito suba, ó, lo que es lo mismo, que haya almacenamiento; luego seguirá creciendo en tanto que la curva aef sea interior á la abc ; mas en el instante que corresponde al punto e , en que se cortan, el agua que sale es la misma que la que entra en el vaso; no crece ya el nivel del depósito ni la lámina que vierte; luego el gasto et_p del vertedero ha llegado á su máximo y corresponde á un tiempo posterior al t_n , pues sólo así pueden ser iguales las áreas abe y efc .

Sólo en el caso de que la avenida se estacionara en el máximo durante un tiempo considerable, lo cual no sucede sino en los ríos de cierta magnitud, pudiera acontecer que la ordenada máxima de la curva $ae'e'f$ se igualase á la de la $add'e$, y entonces la reducción sería nula.



La fig. 2.^a representa este caso: la avenida $add'e$, estacionada en su máximo durante un tiempo dd' , el gasto del vertedero seguiría creciendo hasta igualarse á él, estableciéndose entonces en el vaso el régimen mismo que si la presa no existiera; las dos curvas de gastos se confundirían con la horizontal dd' , y en este punto se separarían de nuevo, siendo exterior en adelante la que fué interior en el principio, sin cuya circunstancia no fuera posible la igualdad de las dos áreas $add'e$ y $ae'e'f$.

Este caso no suele presentarse sino en los ríos de gran cuenca ó en la parte baja de otros de más modestas afluencias; en todos éstos las parciales de sus tributarios llegan á su cauce en épocas diferentes, aun cuando sean debidas á un mismo fenómeno metereológico, y pueden mantener por algún tiempo la constancia de la avenida en su estado de máxima altura; mas no se verifica en la parte elevada de los ríos secundarios ni en los ríos de montaña, donde pueden y deben construirse los pantanos, y puede asegurarse que en todos los casos en que los emplazamientos hayan sido elegidos con discernimiento, los grandes embalses de que se trata reducen el máximo de las avenidas á límites tales, que en la mayoría de los casos pueden llegar á ser inofensivas.

Dejando por el momento estas consideraciones, seguiremos aportando los elementos necesarios para resolver el problema planteado, y entre ellos el estudio del régimen de un embalse situado en el cauce de un río, en el que entran sus aguas directamente y salen por aberturas de fondo ó de superficie, y aun combinadas.

Los tratados de hidráulica no resuelven este problema sino mediante hipótesis que no tienen aplicación á los pantanos, y deseando apreciar el

efecto que en las avenidas del río Guadope, afluente del Ebro, debía producir el pantano de San Tolea, que hace años tuvimos ocasión de proyectar, empleamos el procedimiento siguiente:

Suponiendo un vaso de esta especie, en el cual el nivel del agua llega hasta el suelo del vertedero de superficie, y en este estado, y con todos sus orificios cerrados, principia una avenida: el agua que afluye al vaso eleva su nivel, y esto produce la salida del agua por el vertedero, lo que no puede tener lugar sin que cierto volumen, medido por la elevación del nivel y el área de la curva horizontal del vaso que le corresponde, quede allí depositado. A medida que la avenida crece, tiene que salir más agua por el vertedero, lo cual lleva consigo un crecimiento en el nivel y un nuevo volumen depositado; por manera que, en cada momento, el agua entrada en el depósito tiene que ser en cantidad igual á la suma de la que sale por el vertedero, más la que se deposita.

De aquí, y llamando G al caudal del río y V al gasto del vertedero en el momento t , obtendremos que el volumen de agua entrado en el vaso en el instante dt , será Gdt ; el salido por el vertedero en aquel momento será Vdt , y el depositado en el vaso Adx , designando por A el área de la curva horizontal del depósito á la altura x sobre su nivel inicial.

La ecuación general, que expresa, por tanto, el régimen del embalse, será:

$$Gdt = Vdt + Adx,$$

en la que no siendo G función únicamente de t , sino también de otras cantidades imposibles de conocer *á priori*, y por tanto, no expresables analíticamente, sólo es integrable en general cuando G fuese una cantidad constante.

A esta hipótesis y, más explícitamente expresado, á la de que el gasto del río fuese constante é igual á su máximo durante toda la avenida, recurrimos entonces, para resolver el problema especial que nos habíamos propuesto, reducido á encontrar el número de horas que debería durar la avenida en su máxima altura, para que el pantano dejase de producir sobre ella el papel de moderador que caracteriza á estas obras.

El Ingeniero Graeff ha dado una teoría, mediante la cual y con la exactitud conveniente en la práctica, puede conocerse el régimen de un embalse de esta especie: de ella se ha tomado gran parte de lo que aquí se expone, aun cuando el problema principal le resolvamos bajo un punto de vista algo distinto y más apropiado al objeto que en el país deben tener los pantanos.

Si con la precisión debida se levanta el plano de un depósito mediante curvas de nivel suficientemente próximas, podrá hallarse, por los procedi-

mientos geométricos ordinarios, su volumen para todas las alturas, á partir del fondo; pero es más rápido y exacto el siguiente procedimiento:

Representando por D y D' los desarrollos de dos curvas de nivel que en el sentido vertical están distantes K metros y por D'' el de otra intermedia distante x metros de la inferior, tendremos:

$$D'' = x + \frac{D' - D}{K} \quad (1).$$

Del mismo modo si A , A' y A'' representan las áreas de dichas curvas y V el volumen comprendido entre dos de ellas, tendremos:

$$(2) \quad A'' = a + bx + cx^2 \quad y \quad V = ax + \frac{b}{2} x^2 + \frac{c}{3} x^3 \quad (3),$$

en cuyas fórmulas

$$a = A; \quad b = \frac{2D(A' - A)}{K(D' + D)} \quad y \quad c = \frac{(D' - D)(A' - A)}{K^2(D' + D)},$$

y con ellas podrá redactarse un estado en el que, variando las alturas x desde cero hasta la coronación de la presa, se obtendrán las áreas de todas las curvas del nivel del depósito y la capacidad del mismo para todas las alturas á que se encuentre el nivel del agua, datos indispensables para las aplicaciones de que más adelante nos ocuparemos.

El principal problema que debe estudiarse al tratar de las inundaciones puede enunciarse de la siguiente manera: dadas las condiciones de una avenida, ó sean los gastos del río en cada momento y durante todo su periodo, estudiar los medios de reducir su máximo á límites conocidos.

Traducido el problema sobre la fig. 1.^a, puede decirse que se trata de construir en la cuenca del río obras tales, que la curva abc de los gastos de su mayor avenida pueda transformarse en otra aef , que expresa los gastos de los orificios abiertos en la presa, si es éste el medio empleado; de esta manera la altura mayor de la avenida, que está representada por la ordenada bt_n , habrá quedado reducida á la et_p , cuya magnitud puede de antemano fijarse con la condición de evitar sus efectos destructores.

Mr. Greff consigue esto determinando la magnitud de los orificios, ó mejor dicho, la amplitud del portillo que se deja abierto constantemente en la presa; mas siendo esta clase de presas de portillo abierto impropias para los riegos, teniendo además graves inconvenientes bajo el aspecto de su estabilidad, y siendo en cierto modo independiente del coste la anchura del vertedero, toda vez que el desmonte es constantemente en roca aplicable á la construcción de la presa, no adoptamos en ningún caso el portillo

y si el vertedero, tomando por incógnita del problema la altura que debe tener la presa para que la reducción de la avenida alcance un límite dado, dato el más importante á que en definitiva debe llegarse.

Para transformar de la manera indicada la curva de los gastos, es forzoso segregar del período creciente de la avenida un volumen de agua V representada por la diferencia de las áreas $abet_p t_o$ y $anet_p t_o$, y este volumen deberá caber dentro del depósito en una capa de altura igual á la lámina de agua del vertedero cuando su gasto está representado por la ordenada et_p . Debe, pues, investigarse la altura á que se halla sobre el fondo del depósito aquella capa que, teniendo el espesor indicado, contenga el volumen V .

Esta es la cuestión que vamos á tratar, cuyo resultado, que medirá la altura de la presa, indicará hasta qué punto pueden reducirse las avenidas mediante los pantanos y los sacrificios que este procedimiento ha de exigir.

(Se continuará.)

CARRETERAS PROVINCIALES DE BARCELONA

ESTUDIO HISTÓRICO-CRÍTICO

(Continuación.)

ÉPOCA CUARTA

Era de urgencia suma dar término al desbarajuste técnico-administrativo en que se hallaban las obras provinciales y municipales, si habían de resultar complemento de las del Estado, lógicamente relacionadas con ellas.

La Ley general de Obras públicas de 13 de Abril de 1877 y el Reglamento para ejecución de la misma, fechado en 6 de Julio del mismo año, que honran al Conde de Toreno, cuya firma llevan, vinieron con sabio propósito á poner remedio al mal, y otra fuera la situación de tal linaje de obras, si sus disposiciones, haciendo frente al caciquismo, á la fuerza de la costumbre y al erróneo concepto que de su misión tienen no pocos Diputados y Concejales, hubiesen logrado total y continuado cumplimiento.

Son de cargo de las provincias, según el artículo 5.º de la expresada Ley:

1.º Los caminos incluidos en el plan de los que han de hacerse con fondos provinciales.