

## UNA CUESTION DE HIDRÁULICA PRÁCTICA

### RELATIVA A LOS REMANSOS

(Conclusion.)

Se puede, pues, con certeza asegurar que los autores de hidráulica, aun cuando convencidos de la dificultad é incertidumbre en que está envuelta la cuestion de los remansos, han tenido por seguro, que éstos se deben extender mucho más arriba del encuentro de la horizontal tirada por su punto más alto con la superficie natural de la corriente. Aun el profesor Turazza, en el pár. 358 de su áureo *Tratado de Hidráulica* (T. III, edicion de 1880), observó que, teóricamente hablando, la longitud del remanso es infinita: Saint Guilhem indica una fórmula empírica (contenida en el párrafo 361 de dicho tratado), para fijar la longitud y perfil del remanso, de la cual resulta tambien que dicha longitud es infinita; y asimismo Masetti (obra citada, párs. 208 y 209), tratando el caso de un álveo de seccion rectangular y uniforme, cuya anchura sea tal que con relacion á ella la altura sea muy pequeña, despues de calcular la ecuacion de la curva perfil de la superficie remansada, deduce que la longitud del remanso es matemáticamente indefinida. De las fórmulas empíricas de Pareto y de Funk, se deduce que la longitud del remanso es vez y media ó dos veces la de la longitud hidrostática, aplicando este nombre á la distancia horizontal comprendida entre la seccion de mayor altura y el punto de encuentro de la superficie libre superior con la horizontal tirada por el punto más alto del remanso. Merece especial observacion la circunstancia de que la regla de considerar la longitud del remanso *doble de la hidrostática* coincide con cuanto expone Zendrini al tratar del caso práctico del Pó ántes citado.

Volviendo al exámen de los casos especiales tratados por algunos autores, Colombani (*Manual práctico de hidrodinámica*, segunda edicion, párrafos 109 y 113) considera, como Venturoli, la altura del remanso producido por una presa ó por un estrechamiento de seccion (y especialmente por las pilas de un puente), y las determina del mismo modo, fundándose en la condicion de que, sobre la presa ó por la seccion estrechada, debe pasar toda el agua del canal. Considera además la pérdida de altura producida por la boca de entrada de un sifon.

El profesor Turazza, en su *Tratado de hidráulica* ya citado, trata con mucha extension, y con arreglo al mencionado criterio, la teoria de los remansos. En el pár. 359 indica un método de cálculo nuevo, muy racional y conveniente para determinar la longitud del remanso; dados la pendiente

de la superficie libre, la seccion y el perimetro mojado de ésta en su estado natural, y por lo tanto el gasto, así como la altura del remanso. El autor propone la aplicacion de este método en el caso de que el cáuce sea muy regular y la pendiente no muy grande. Este método, en su esencia, se reduce al cálculo de las elevaciones de la superficie, ó más bien de las diferencias de altura, que al fin de cada uno de los trozos (en que se considera dividido el canal aguas arriba del obstáculo) se producen entre las superficies de la corriente en su régimen natural y despues de remansada; teniendo en cuenta que la influencia del remanso llegará hasta el punto en que la diferencia de altura, calculada de esta manera, sea nula ó prácticamente insensible. Finalmente, por este método se compara tambien la superficie natural del agua en la parte inferior de la presa ú obstáculo, en donde empieza el primer trozo, con la superficie del agua remansada que se ha calculado.

Creemos dudoso el que dé un buen resultado práctico la comparacion de las pendientes de las superficies libre y remansada, por la razon de que para conocer ésta es preciso calcularla, y ambas entran en la fórmula (3) del citado pár. 359 (que dá el valor de la elevacion de la superficie en el límite superior de cada trozo), expresadas de idéntico modo por medio de la misma fórmula de Bazin, con los mismos valores para los coeficientes de dicha fórmula, en funcion de la misma longitud, y respectivamente tambien en funcion de las secciones y perimetros mojados correspondientes á la superficie libre (constante) y á la remansada (variable). Puesto que, por hipótesis, el álveo es muy regular y sus elementos constantes, es mejor y más fácil calcular directamente por las fórmulas (2) y (3) del pár. 359 los valores sucesivos de las elevaciones en el límite superior de cada trozo, empleando para cada uno de éstos los calculados para el anterior, tomando como punto de partida la primera elevacion, ó sea la correspondiente al extremo inferior del primer trozo, que es igual á la máxima elevacion del remanso.

Con el método propuesto por el profesor Turazza se podrá, pues, resolver los siguientes problemas: *«Dados un álveo ó corriente muy regulares y cuyos elementos (seccion y perimetro mojado) sean conocidos, y en los que por efecto de un obstáculo se haya producido la máxima elevacion de la superficie dada, se pregunta: conocida la pendiente natural de la corriente, ¿cuál será la longitud del remanso? ó bien ¿cuáles serán las alturas del remanso en puntos tomados ú distancias dadas de aquel á que corresponde la mayor?»* En estos casos se supone que el obstáculo no existe realmente, es decir, que la obra atravesada en el cáuce no está aún construida, suponiéndose, sin embargo, que se conoce la máxima altura del remanso que producirá la obra, y se desea saber

hasta dónde se podrá extender su influencia. Es evidente que si el obstáculo estuviese ya en accion, es decir, si la obra estuviese ya construida, la resolución del problema no exigiría apenas cálculo alguno y sería muy sencilla. Bastaría levantar el perfil del remanso, que ya existiría, nivelándole con precaucion, y compararle con el de la superficie libre que, por hipótesis, es conocido.

Al que suscribe se le ha presentado recientemente un caso práctico que, de una manera general, se puede exponer como sigue: «Una corriente ó *álveo no muy regular y compuesto de trozos en los cuales el gasto es variable, está atravesado por una presa fija irremovable que produce una elevacion conocida de la superficie, y se trata de saber cuáles serán las alturas del remanso en puntos situados á distancias dadas de dicha presa.*» En este caso el obstáculo está obrando, y por lo tanto el perfil del remanso se obtiene por medio de una nivelacion; pero el otro término de comparacion, ó sea la superficie natural de la corriente (la que tendria ésta si la presa no existiese) no es conocido, ni puede de modo alguno serlo directamente removiendo el obstáculo ó sea la presa (que está ya construida); es preciso, pues, calcular dicho perfil independientemente, no sólo de los elementos del cáuce, que son variables, sino del gasto tambien variable por la influencia de los riegos y desagües en el trozo remansado. Finalmente, las secciones, variables tambien, se tienen que tomar hasta la superficie remansada, puesto que la presa existe, mientras que para el cálculo de la pendiente natural deberían ser tomadas únicamente hasta la superficie libre, y para reducir aquellas secciones á éstas, sería preciso conocer previamente las respectivas elevaciones producidas por el remanso ó sea precisamente el objeto del problema.

En el caso anterior se suponía el cáuce tan regular, que pudieran ser consideradas en toda su longitud como constantes la pendiente y la seccion, y era desconocida la superficie del remanso. En el presente, por el contrario, es conocido el perfil del remanso; y para la parte del cáuce que éste ocupa, no se puede admitir la pendiente por unidad del resto de dicho cáuce, porque éste no es regular, y variable tambien el gasto en los trozos en que se puede suponer dividida la longitud remansada.

Aun cuando por las precedentes consideraciones no se puedan aplicar materialmente las fórmulas dadas en el pár. 359 del Tratado de Turazza, puesto que son diferentes las condiciones de este caso concreto, es sin embargo necesario adoptar la idea primera, el concepto fundamental del excelente método propuesto por dicho profesor. Por lo tanto, *las alturas pedidas de las diversas secciones del remanso se obtendrán comparando la superficie remansada, que es conocida, con la libre, que es preciso calcular.* Una diferencia esencial existe, sin embargo, entre los cálculos correspon-

dientes al caso del pár. 359 mencionado, y los que se deben hacer en el caso presente. En efecto, miéntras en el primero con la expresada fórmula se valúa directa y sucesivamente la superficie remansada sobre la libre en cada seccion, en el segundo, por el contrario, para las diversas secciones, es preciso deducir la pendiente de la superficie libre de cada trozo de la media entre dos secciones sucesivas, tambien á superficie libre; y para calcular el área y rádio medio de la seccion superior de cada trozo es necesario conocer precisamente la elevacion, que es la incógnita del problema. Es claro, por lo tanto, que en este segundo caso el cálculo será mucho más laborioso, pues habrá que aplicar el método de falsa posicion, ó sea el de sustituciones sucesivas. Sentado esto, el método para la resolucion del problema propuesto será el siguiente:

Ante todo, convendrá tambien subdividir el trozo remansado en otros limitados por secciones elegidas en los sitios más oportunos. Serán éstas, aquéllas en que se observe las diferencias más notables en el cauce, sea en anchura ó en profundidad, de modo que pueda, despues de esta division, ser considerado cada trozo como regular y continuo entre dos secciones consecutivas, y la media entre éstas corresponda á todas las condiciones de dicho trozo en cuanto es posible y suficiente en la práctica. Se deberá tambien tener en cuenta, para la division, los puntos en que afluyen otras corrientes y en que existan tomas ó desagües. Finalmente, no se deberá olvidar tomar secciones en los puntos en donde se quiere averiguar, como incógnita del problema, la altura del remanso. La primera seccion inferior se deberá tomar en el primer punto, aguas abajo del obstáculo, en el que se pueda considerar que ya no ejerce influencia la presa sobre la superficie del agua. Este primer punto será el de partida para las pendientes de la superficie libre (ó sea las que tendria la corriente si no existiese la presa).

En segundó lugar, se deberá calcular el *gasto*  $Q$  de la corriente en los diferentes trozos en que se la haya dividido; teniendo en cuenta ó calculando el de los afluentes, tomas y desagües que existan en cada uno; empleando al efecto siempre la misma fórmula (por ejemplo, la de Bazin, como más sencilla), que ha de servir despues para el cálculo de la pendiente de la superficie libre.

En dicha fórmula

$$p = \frac{v^2}{R^2}(R\alpha + \beta)$$

$p$  es la pendiente por metro de la superficie,  $v$  la velocidad media de la seccion,  $R$  el rádio medio de ésta, y  $\alpha$  y  $\beta$  dos coeficientes de la fórmula. Para obtener el valor de  $p$  en cada trozo, conocido el *gasto*, y por lo tanto,  $v$ , bastará conocer  $R$ .

La primera seccion inferior es la medida directamente, por lo cual conocemos todos sus elementos (que son los mismos de la corriente libre, pues, como queda dicho, se debe tomar en el punto primero en el que ya no ejerce influencia la presa); conocemos, por lo tanto, en dicha seccion  $S$  (seccion flúida)  $C$ , (perímetro mojado), y por consiguiente,  $R$ ; pero esta seccion debe ser comparada con la segunda (aguas arriba), la cual ha sido tomada con la superficie remansada, y se debe reducir á la que en el mismo punto corresponderia si no existiese la presa. Para hacer esta reduccion, ó sea para calcular la elevacion producida por el remanso en esta segunda seccion, se supone conocida la elevacion buscada, señalando en el dibujo una línea arbitraria más baja que la que indica la superficie remansada; se calculan despues todos los elementos  $S$ ,  $C$  y  $R$  de la seccion reducida de este modo, y se determina los valores medios de  $S$  y  $R$  para el primer trozo. Del valor de  $S$  y de  $Q$  (conocido), se deduce  $v$ ; y sustituyendo  $v$  y  $R$  en la fórmula, se obtiene  $p$ . Multiplicando este valor de la pendiente por la longitud del primer trozo, se obtiene la altura de la superficie libre en la segunda seccion, ó sea en el extremo superior de dicho trozo. Si este nivel coincide con el supuesto, quedará éste comprobado y la elevacion producida por el remanso en esta segunda seccion, será igual á la que arbitrariamente se señaló en el dibujo.

Si no coincide, se deberá repetir el cálculo, suponiendo una elevacion distinta, y se continuará tanteando hasta que la elevacion calculada y la supuesta, resulten iguales. Obtenida de este modo la segunda seccion, reducida ya á superficie libre, se buscará por el mismo procedimiento, ó sea suponiendo una elevacion determinada á la tercera, la elevacion efectiva en el extremo superior del segundo trozo, y así sucesivamente, haciendo siempre, como hemos dicho, las hipótesis de la elevacion para la seccion superior de las que limitan cada trozo.

Resulta, pues, evidente, que repitiendo el cálculo sucesiva y regularmente para todos los trozos, corriente arriba, se obtendrá la altura del remanso en cada una de las secciones cuyo perfil se ha tomado y que limitan los trozos en que se ha dividido el cáuce, y por consiguiente, tambien las alturas de dicho remanso en los puntos en que se debían determinar con arreglo á la solucion pedida del problema propuesto. Finalmente, continuando el cálculo, siguiendo aguas arriba, se encontrará del mismo modo la longitud del remanso, que terminará donde la elevacion resulte nula.

---

MADRID: 1884.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE

Calle de Pizarro, número 45, bajo.