Determinación teórica del desagüe del vertedero oblicuo

Antonio Osuna Martínez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

RESUMEN

Los vertederos oblicuos no han merecido la atención de un tratamiento teórico para el cálculo del caudal desaguado. En esta nota se expone como calcularlo, basándose en hipótesis admitidas en la hidráulica de canales y en la ecuación del flujo de la cantidad de movimiento.

ABSTRACT

Oblique weirs have not being studied theoreticaly. In this note a theoretical approach is presented, using the usual assumptions in open channel flow and the momentum theorem.

El vertedero oblicuo se utiliza en cauces y canales para obtener un desagüe mayor que con un vertedero normal a la dirección de la corriente. Pese a su aparente y, como se verá seguidamente, sencillez de tratamiento teórico en la actualidad para el cálculo del desagüe solo se dispone de algunos escasos datos experimentales.

Para su determinación teórica se considera un canal de calado **y** por el que por metro de ancho circula un caudal **q**, y en él un vertedero oblicuo cuyo paramento forma un ángulo α con la dirección de la corriente, el nivel de agua en el canal se sitúa a una altura **h** sobre la cresta del vertedero.Como es usual en estos casos se prescinde de la fricción que se compensa con la pendiente del canal y el fenómeno puede tratarse como si el fluido fuese perfecto con solera y superficie libre del canal horizontales

El vertido no se realiza según la normal al vertedero ni tampoco en la dirección de la corriente, sino entre dichas direcciones. formando un ángulo β con la normal al vertedero. Por tanto la ganancia teórica de caudal debida a la mayor longitud de coronación del vertedero oblicuo queda disminuida al venir multiplicada por el coseno de este ángulo.

La determinación de dicho ángulo β es por tanto imprescindible y para ello se utilizara el teorema del flujo de la cantidad de movimiento:

> "La fuerza que se ejerce sobre una porción de fluido en movimiento permanente es igual al flujo de la cantidad de movimiento en su contorno".

La elección de la "porción de fluido" es clave para la solución del problema. En este caso se tomará el volumen limitado entre dos planos verticales AA'y BB'en el sentido de la corriente, el paramento del vertedero AB y un plano vertical A'B'paralelo al paramento del vertedero, pero suficientemente alejado del mismo para que la superficie libre pueda considerarse horizontal, y que por tanto sobre él el liquido ejerza la presión hidrostática. La separación entre los planos paralelos a la corriente es la unidad y por tanto el caudal **q** que circula entre ellos es el caudal por metro de ancho.

Como se ha dicho el fenómeno del vertido puede tratarse como si el fluido fuese perfecto y por tanto suponerse que la acción del agua sobre el paramento del vertedero es normal al mismo aunque evidentemente no es hidrostática.

... que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2000. ...ido en ROP: julio de 2000

Sobre el volumen considerado las fuerzas que actúan sobre AA' y BB' se anulan por ser idénticas. Sobre A'B' actúa una fuerza hidrostática y por tanto normal a la dirección del paramento y como sobre AB la fuerza es también normal al paramento al ser admisible la hipótesis de fluido perfecto, la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el volumen considerado es normal al paramento.

El flujo de la cantidad de movimiento es nulo en AA' y BB' en A'B' es -ρ**qv** en la dirección del movimiento y sobre la cresta del vertedero ρ**qu** en la dirección del ángulo β,siendo **v** la velocidad en el canal **u** la velocidad en la sección contraída sobre la cresta del vertedero.

La resultante de estos dos vectores flujos de cantidad de movimiento es igual a la de las fuerzas actuantes y por tanto no puede dar componente sobre el paramento del vertedero:

$$-\rho q v \cos\alpha + \rho q u \operatorname{sen}\beta = 0$$

Resultando :

$$v\cos\alpha = u \operatorname{sen}\beta = 0 \qquad (1)$$

La proyección sobre la normal al vertedero da la diferencia entre la fuerza que se ejerce sobre B B' y la que actúa sobre el paramento del vertedero lo que carece de interés en este caso.

Se ha supuesto que la separación entre AA' y BB' es la unidad y por tanto **q** es el caudal por metro de ancho del canal. También se supone que los cajeros toman la nueva dirección del movimiento después del vertedero y por tanto no se presenta contracción lateral.

El caudal vertido, por unidad de arista, puede expresarse mediante el producto del espesor contraído **ch** por la componente normal de la velocidad **u**

$$q_a = uch\cos\beta$$

El caudal por unidad de ancho del canal será mayor ya que AB =AC/sen α

Resultando por tanto

$$q = Vy = \frac{uch\cos\beta}{\operatorname{sen}\alpha} \qquad (2)$$

De (1)

$$V = \frac{u\operatorname{sen}\beta}{\cos\alpha}$$

que sustituida en (2) da

$$ch = ytg\beta tg\alpha \qquad (3)$$

De aquí puede deducirse el ángulo β ya que α, **h**, e **y** son conocidos y para **c** puede tomarse un valor experimental correspondiente a la tipología del vertedero

$$tg\beta = \frac{ch}{ytg\alpha} = \frac{ch}{y}\, tg(90-\alpha) \qquad (4)$$

Como **ch/y** es menor que la unidad β < 90-α y la dirección del vertido se sitúa entre la de la corriente y la normal al vertedero como se había supuesto.

Determinado el ángulo β el caudal por unidad de longitud de arista de vertedero se calcula multiplicando la fórmula general del desagüe del vertedero por su coseno.

$$q_a = \frac{2}{3} c_d \sqrt{2g}\; h^{3/2}\cos\beta$$

En que de nuevo el coeficiente de desagüe dependerá del tipo de vertedero. El caudal correspondiente por unidad de ancho del canal será

$$q = \frac{q_a}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{2}{3} c_d \sqrt{2g}\; h^{3/2}\frac{\cos\beta}{\operatorname{sen}\alpha}$$

El desagüe de un vertedero normal a la corriente seria

$$q' = \frac{2}{3} c_d \sqrt{2g}\; h^{3/2}$$

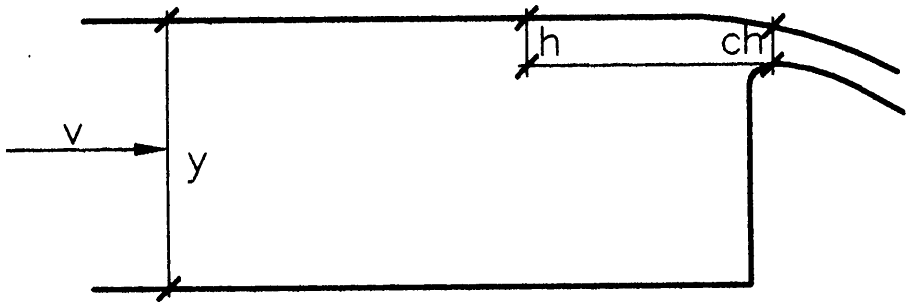
el coeficiente de aumento de desagüe con el vertedero oblicuo si se admite que el valor de c_d no cambia es:

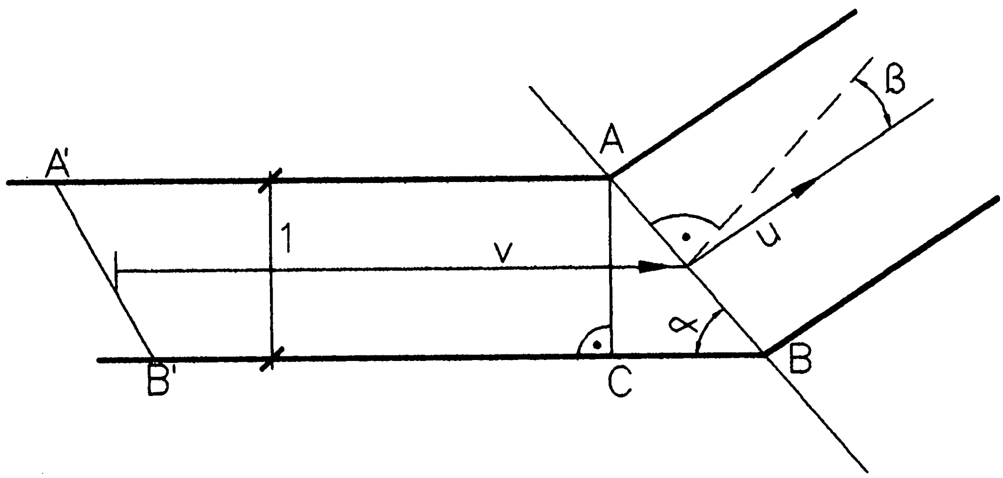
$$\lambda = \frac{\cos\beta}{\operatorname{sen}\alpha}$$

Utilizando la ecuación (4) se llega fácilmente a

$$\lambda^2 = \frac{1}{1-\cos^2\alpha\left[1-\left(\frac{ch}{y}\right)^2\right]}$$

El denominador vale lógicamente la unidad para el vertedero recto, y es menor que la unidad para cualquier otro ángulo, por lo que el coeficiente de aumento siempre lo es. Cuando la razón h/y es muy pequeña





$$\lambda \cong \frac{1}{\operatorname{sen}\alpha} \qquad \beta = 0$$

Y el vertido se realiza según la normal al paramento y la ganancia de caudal es máxima.

Las hipótesis realizadas no son válidas para el vertedero lateral α =0,pero podrían tentativamente aplicarse a vertederos curvos (picos de pato?) integrando a lo largo de la arista.

Al aplicar el teorema de flujo de la cantidad de movimiento se ha supuesto que los coeficientes de cantidad de movimiento eran iguales a la unidad lo que sobre la arista del vertedero puede ser poco aproximado, pero su valor quedará incluido en el coeficiente **e** a determinar experimentalmente.

Aunque en la figura se ha supuesto que las líneas de corriente cambien bruscamente de dirección sobre la arista del vertedero. El razonamiento efectuado sigue siendo válido con cambio gradual. ▮