

# INESTABILIDAD DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DEL TIPO MORNING - GLORY

Claudio A. Fattor y Jorge D. Bacchiega

Laboratorio de Hidráulica, Instituto Nacional del Agua, Casilla Correo 21, B1802WAA  
Aeropuerto Ezeiza, Buenos Aires, Argentina. Tel./Fax: (54-11) 4480-4500  
E-mail: cfattor@ina.gob.ar

## Introducción

El diseño de vertederos del tipo Morning – Glory resulta una alternativa interesantes en ciertos aprovechamientos, con especial utilización en entornos topográficos escarpados propios de regiones montañosas. Su empleo permite disponer la zona de aproximación, el vertedero propiamente dicho, la conducción y la obra de descarga y disipación en un área relativamente acotada.

Uno de los aspectos que debe cuidarse en este tipo de estructuras es el análisis de su comportamiento como un vertedero clásico, o con condiciones de ahogamiento que generan una pérdida de eficiencia del mismo (Bacchiega, J. et al., 2000). Este aspecto es fundamental dado que un cambio de régimen podría implicar la demanda de mayor carga para la erogación de caudales de diseño, con una reducción de la revancha respecto del coronamiento de la presa.

Aún cuando un proyecto considere la inclusión de dispositivos anti-vórtices para evitar dichos cambios de régimen (Nohani, E., 2015), erogaciones de caudales elevados podrían causar inestabilidades del flujo cuando la condición de descarga se encuentra en la transición vertedero – orificio. En este artículo, se hace especial mención a la descripción e interpretación de dichos procesos, efectuándose una caracterización de los parámetros turbulentos que se presentan en tales condiciones.

## Metodología

Para el análisis de las condiciones de inestabilidad en el control hidráulico de un vertedero del tipo Morning-Glory, se ha considerado el estudio de una estructura analizada por el Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua (INA), correspondiente al esquema de la Figura 1.

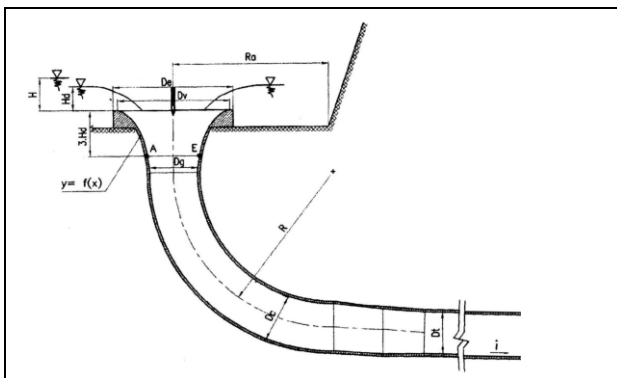


Figura 1.- Corte del vertedero Morning – Glory.

En dicha figura se distingue la sección del vertedero, que presenta una planta circular con una pila como elemento anti-vórtice, una curva vertical y el primer tramo del túnel de descarga. La variación de la erogación se puede resumir en la Figura 2, en la que se observan tres condiciones de operación diferentes (Hebaus, G., 1983).

Estas fases denotan el paso de un escurrimiento típico de vertedero [Fase I,  $Q=f(H^{3/2})$ ], a un control por orificio [Fase II,  $Q=f(H^{1/2})$ ] y alcanzando un comportamiento caracterizado por su inmersión total y por ende toda la estructura (perfil vertedero,

curva vertical y túnel de descarga) está bajo presión, siendo la descarga una función de las pérdidas de energía en la conducción [ $Q=f(J)$ ].

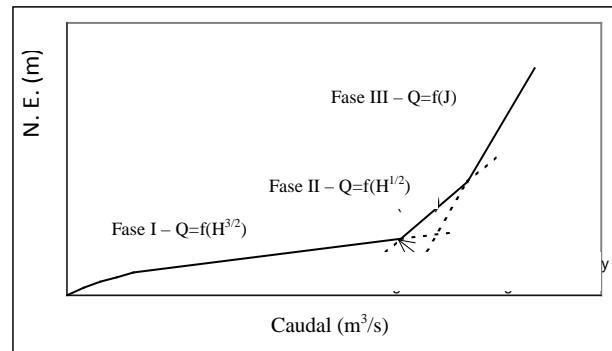


Figura 2.- Relación Nivel – Caudal en un vertedero Morning – Glory.

A pesar que la mayoría de estos vertederos son diseñados para funcionar descargando en Fase I (Manzanes Abecasis, F. (1955), hay un apartamiento de dicha condición desde el comienzo del ahogamiento, lo que lo sitúa en Fase II, siendo necesario que el aliviadero asegure la descarga sin generar riesgos de sobrepaso. En tal sentido, resulta importante saber la forma en que se desarrolla esta transición inestable por el cambio de comportamiento vertedero - orificio.

El objetivo planteado en este artículo es establecer las características de la transición del flujo en un vertedero del tipo Morning-Glory, analizando registros de presiones fluctuantes en la sección final del perfil vertedero (sección inicial de la curva vertical) y evaluando parámetros de variabilidad temporal que ponen de manifiesto la importancia de los procesos involucrados.

## Condiciones de estudio – análisis de resultados

Sobre la base de los estudios realizados en la estructura considerada, se ha efectuado un análisis particular para una relación de caudales  $Q/Q_d=1,34$  y  $H/H_d=1,17$ , en un vertedero con relaciones geométricas que arrojan  $D_v/D_g=2,37$  y  $R_a/D_e=1,05$ . Si bien el fenómeno involucrado se puede encontrar en una amplia gama de caudales desde el inicio de la sumergencia hasta alcanzar el control como orificio, se seleccionó la primera condición dado que representa la situación que hace que evidencia las características inestabilidades de este fenómeno. Para cuantificar el comportamiento se instrumentó el vertedero con tomas de presión, procediéndose al registro de presiones fluctuantes en puntos dispuestos una distancia de  $3.H_d$  debajo de la cresta del aliviadero, en puntos en los que la lámina de agua acompaña el perfil del vertedero (punto A) y otros en donde el flujo incidente, afectado por la condición de aproximación, genera perturbaciones locales (punto B). Se efectuó un muestreo con una frecuencia de 100 Hz, orientándose el post-procesamiento a la variación del campo de presiones y frecuencias, con el fin de interpretar las inestabilidades propias de esta situación.

El límite de la condición de ahogamiento se caracteriza por el cambio brusco de un régimen de superficie libre a una condición inestable. La Figura 3 muestra la variación de la presión en función del tiempo, siendo capaz de ver el

comportamiento alcanzado, con flujo sumergido, descarga libre y transiciones inestables, sin periodicidad alguna en la aparición y la duración de los fenómenos implicados.

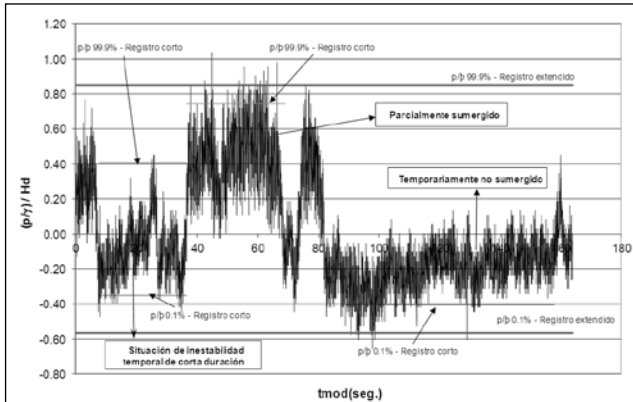


Figura 3.- Campo de presiones en zona de inestabilidad –  $Q/Q_d=1,34$ .

Se pueden distinguir tres instancias de comportamiento:

- Descarga libre, caracterizada por presiones  $(p/\gamma) / Hd \approx 0$  y fluctuaciones de presión en torno a este valor.
- Zona de inestabilidad, con amplia variación del campo de presiones al pasar de descarga libre de corta duración a descarga parcialmente sumergida de corta duración. En estos casos,  $-0,20 < (p/\gamma) / Hd < 1,20$ , apreciándose fuertes variaciones de la superficie libre sobre el eje del vertedero.
- Flujo temporalmente sumergido, con valores positivos de la presión situados en  $(p/\gamma) / Hd \approx 0,70$ .

Si para el mismo registro se efectúa un análisis detallado, una mirada temporal permitiría establecer condiciones que definen cuatro estados que combinan variación temporal de la presión y valor medio de la presión respecto de la carga.

Esos cuatro estados, indicados como (A), (B), (C) y (D) en las Figuras 4 y 5, establecen zonas de comportamiento de la inestabilidad del cambio de régimen en el vertedero.

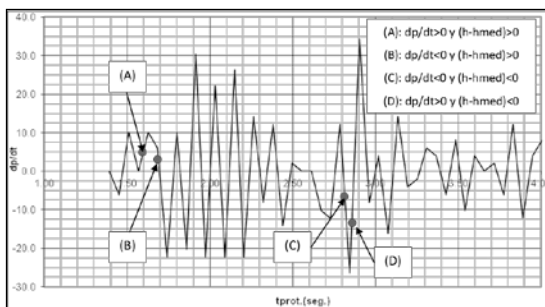


Figura 4.- Variación temporal de presión en la transición vertedero – orificio.

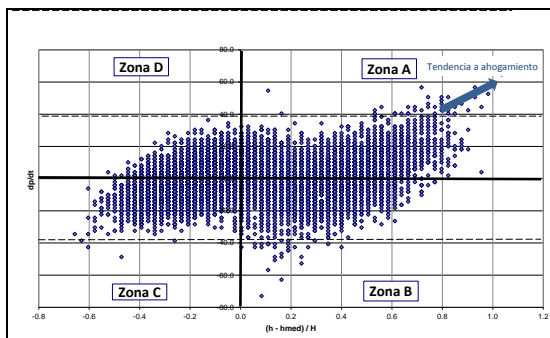


Figura 5.- Identificación de zonas de definición de inestabilidad del flujo de transición.

En particular, el extremo superior derecho de la zona (A) conjuga las mayores cargas hidráulicas (incremento de niveles) sumadas a aumentos temporalmente fuertes de la presión, los que conjuntamente establecen condiciones tendientes a sumergir la descarga del vertedero.

El análisis de este tipo de comportamiento podría resultar también importante no sólo a los efectos de la caracterización del campo de presiones, sino también en la evaluación de las condiciones de descarga y ante la posibilidad de incorporación de aire en la conducción. En efecto, la zona A marca asimismo potenciales riesgos de pérdida de eficiencia en la erogación, mientras que la zona C es aquella que reúne las condiciones de caída de niveles y de presión que son potencialmente capaces de incorporar volúmenes puntuales de aire en la conducción.

## Conclusiones

Se evaluaron las condiciones impermanentes de un flujo de transición vertedero - orificio en un vertedero del tipo Morning-Glory.

La condición de análisis, para una relación  $Q/Q_d=1,34$  y  $H/H_d=1,17$ , muestra que en la operación del vertedero aparecen de manera aleatoria períodos de descarga libre (vertedero), transiciones abruptas de cambio de régimen y períodos de funcionamiento con tendencia al control como orificio.

Se plantea además una identificación de zonas de comportamiento que permite establecer la tendencia a la sumergencia del vertedero, aspecto que podría resultar crítico desde el punto de vista de la seguridad de las obras.

## Referencias

- Bacchiega, J., Fattor C., Lopardo M. and Barchilón M. (2000). "Condiciones de aproximación en vertederos Morning-Glory", XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Córdoba, Argentina, Tomo III, pp.377-386.
- Fattor, C. y Bacchiega, J. (2001), "Analysis of instabilities in the change or regime in Morning- Glory spillways", XXIX IAHR Congress – Beijing, China.
- Hebaus, G. (1983). "Hydraulics of closed conduit spillways", Agricultural Research Service, US Dept. Agriculture.
- Manzanares Abecasis, F. (1955). "The behaviour of Morning-Glory shaft spillways", Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
- Nohani, E. (2015). "Laboratory evaluation of the effect of anti-vortex blades' length on discharge coefficient of shat spillway", Trends in Life Sciences, India, Volume 4, Issue 2, pp.150-155.