

DOI: 10.24850/j-tyca-2019-03-01

Artículos

El empleo de cimacios tipo WES y elípticos en vertedores tipo laberinto. Parte I

The employment of ogees type WES and elliptical in spillways type labyrinth. Part I

Rafael Pardo-Gómez¹

Susel Lobaina-Fernández²

¹Centro de Investigaciones Hidráulicas, CIH, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", La Habana, Cuba, rpardo@cih.cujae.edu.cu

²Centro de Investigaciones Hidráulicas, CIH, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", La Habana, Cuba, susel@cih.cujae.edu.cu

Autor para correspondencia: Rafael Pardo-Gómez, rpardo@cih.cujae.edu.cu

Resumen

Los vertedores tipo laberinto son relativamente novedosos, pues su empleo comenzó a mediados del pasado siglo, siendo la década de 1990 y comienzos del presente siglo cuando se han desarrollado la mayor cantidad de investigaciones a escala de laboratorio. En el presente trabajo se muestran los resultados de investigaciones experimentales dirigidas a valorar las posibilidades del empleo de cimacios tipo WES o elípticos en ese tipo de estructuras, dadas sus ventajas en cuanto al coeficiente de gasto, en comparación con otros tipos de estructuras. Se presentan los resultados de estudios a escala de laboratorio en modelo bidimensional relativos al truncado de ambas estructuras para su empleo en los aliviaderos de laberinto.

Palabras clave: vertedores de laberinto, tipos de cresta del vertedor, cimacios WES, cimacios elípticos, truncado del cimacio, vertimiento con lámina ventilada, vertimiento con lámina sin ventilar.

Abstract

Labyrinth type weirs are relatively new as their employment started by the middle of the past century. The nineties decade and beginning of the present century have witnessed a great deal of laboratory scale research about this type of weirs. In the present work experimental research results are shown to evaluate the possibilities of employing type WES or elliptic ogees within the labyrinth type weirs given the advantage of a better discharge coefficient as related to other ogee types. Results from two dimensional laboratory scale models are presented relative to truncating both structures in order to allow their use in labyrinth spillways.

Keywords: Labyrinth weirs, weir crest types, WES ogees, elliptic ogees, truncated ogees, weir with ventilated sheet, weir with non-ventilated sheet.

Recibido: 08/09/2017

Aceptado: 19/09/2018

Introducción

Los vertedores tipo laberinto son particularmente atractivos cuando se desea recrear un embalse (Iñiguez-Covarrubias, Ojeda-Bustamante, & Díaz-Delgado, 2015), pues por su configuración cuentan con una gran longitud vertedora, en comparación con cualquier otro tipo de vertedor (Crookston & Tullis, 2012) para un mismo ancho de banda de terreno utilizada (Lobaina-Fernández, Pardo-Gómez, & Alegret-Breña, 2016). En la Figura 1 se presenta un esquema en el que se indican las variables hidráulicas y geométricas de este tipo de estructuras.

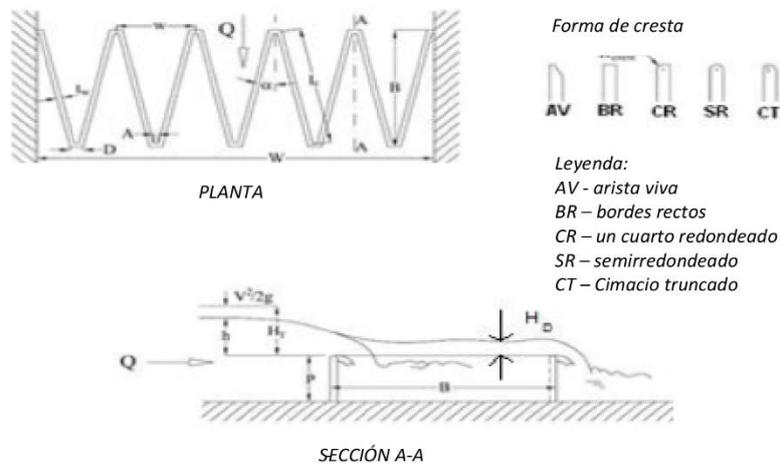


Figura 1. Esquema de un vertedor tipo laberinto (Crookston & Tullis, 2012).

En esa misma figura se pueden apreciar los tipos de crestas vertedoras que hasta el presente han sido empleadas en tales estructuras, siendo en específico las crestas tipo semirredondeadas y un cuarto redondeadas las de uso más frecuente y, en consecuencia, las más estudiadas. Es oportuno destacar que entre las crestas mostradas están las descritas como "cimacio truncado", pero es muy importante considerar que en la literatura sólo se recoge un caso de investigación sistemática llevada a cabo a escala de laboratorio (Magalhães & Lorena, 1989), pero que presenta pobres resultados y, en opinión de los autores del presente trabajo, con un enfoque inadecuado en el procesamiento de los resultados experimentales, que vuelve poco atractivo ese tipo de crestas vertedoras.

El empleo de cimacios WES o elípticos en vertedores tipo laberinto resulta atractiva por su mejor coeficiente de gasto, pero tiene como inconveniente que la robustez o ancho del cimacio en su base limita su uso en esos vertedores; por ello, se valora la conveniencia de truncar esos tipos de cimacios, para así posibilitar su uso.

A partir de las consideraciones expresadas en el párrafo anterior y tomando en cuenta que los cimacios tipo WES y los elípticos presentan coeficientes de gasto de valores mayores a otros tipos de vertedores, en el laboratorio de modelos físicos del Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) de la Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE) se ha comenzado una serie de experimentos para analizar la conveniencia del empleo de los referidos cimacios en los vertedores tipo laberinto.

El primer estudio experimental consistió en identificar la influencia del truncado en esos tipos de cimacios en el valor de sus respectivos coeficientes de gasto. Los resultados se muestran a continuación.

Detalles de la instalación del laboratorio

Se empleó un canal rectangular, con una longitud total de 20.2 m, longitud de trabajo de 19.6 m, ancho de 0.60 m, altura de 1.1 m, alimentado con un sistema de tuberías, que parte de un tanque de carga constante. En el extremo de aguas arriba del canal se dispone de un vertedor de aforo tipo triangular para las mediciones del caudal. En la Figuras 2, Figura 3 y Figura 4 se muestran detalles de la instalación.



Figura 2. Cimacio elíptico impermeabilizado.



Figura 3. Vertedor de aforo visto desde aguas abajo.



Figura 4. Tranquilizadores de flujo aguas abajo de la descarga del vertedor de aforo.

Para las mediciones de la carga hidráulica tanto sobre el vertedor de aforo como sobre el cimacio objeto de estudio se emplearon miras

hidráulicas de precisión ± 0.1 mm. Se muestra imágenes de las mismas y sus ubicaciones en la Figura 5.

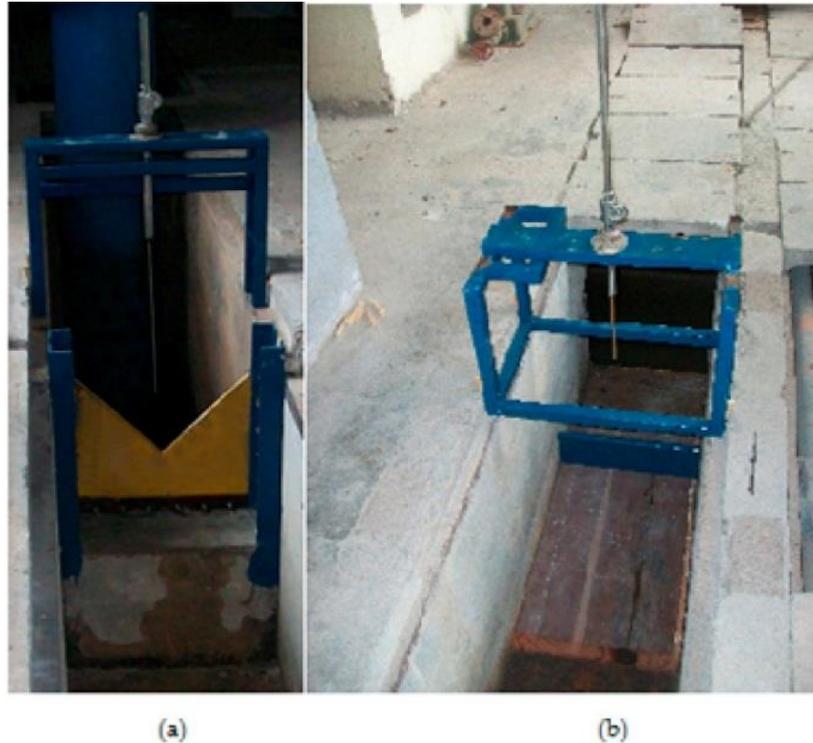


Figura 5. Miras hidráulicas en el vertedor de aforo (a) y sobre el cimacio truncado (b).

Procedimiento de trabajo para analizar el efecto del truncado sobre el coeficiente de gasto

Se describe este procedimiento de truncado del cimacio WES con el auxilio de la Figura 6.

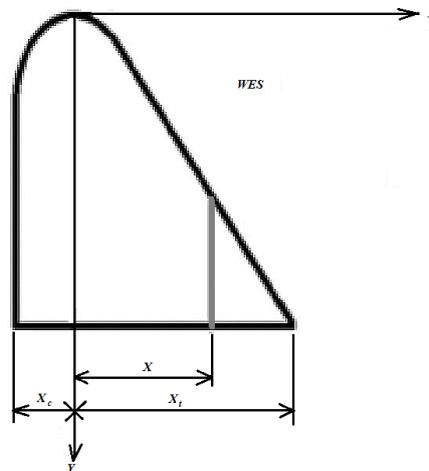


Figura 6. Variables en el troncado del cimacio WES.

El troncado se realizó con base en la relación X/X_t , comenzando en 0.8, siendo X la dimensión horizontal desde la cresta a la sección de truncado y X_t la dimensión en el mismo sentido de la base del cimacio sin truncar y llegando hasta 0.1. Así, por ejemplo, $X/X_t = 0.8$ significa que midiendo horizontalmente desde la cresta del cimacio hacia aguas abajo queda un 80% de cimacio después de haber sido truncada su porción final en un 20%. Para cada grado de troncado se hicieron las mediciones correspondientes de carga y caudal, obteniéndose la curva de capacidad de servicio y se compararon con las de $X/X_t = 1$ (cimacio completo, no troncado); de esa forma se pudo determinar el momento donde se comienza a afectar la curva de capacidad de servicio debido al troncado. En los ensayos realizados, X_c será igual a 2.01 cm.

De igual forma se procedió para el cimacio elíptico, resultando lo que se indica en la Figura 7, en la cual $X/R_\phi = 1.38$ cm.

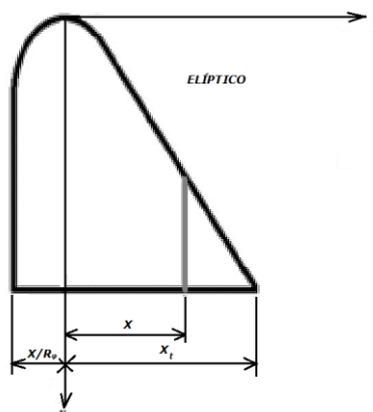


Figura 7. Variables en el truncado del cimacio elíptico.

Para considerar la posible influencia de la ventilación de la lámina vertiente, en todos los casos de truncado para los dos tipos de cimacios se hicieron dos estudios: uno con lámina vertiente ventilada y otro sin ventilación. A los fines de la ventilación se colocaban dos mangueras de 6 mm de diámetro cada, en la forma que se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Cimacio ventilado mediante mangueras.

Resultados experimentales

Siguiendo el procedimiento arriba descrito fue posible obtener para cada grado de truncado del cimacio un gráfico en el que se muestran tres curvas de capacidad de servicio: una para el cimacio sin truncado, una segunda para el cimacio truncado y lámina ventilada, y una tercera para cimacio truncado y lámina sin ventilar. En la Figura 9 y Figura 10 se muestran dos ejemplos correspondientes a cimacios WES y elíptico, respectivamente (Carralero, 2016).

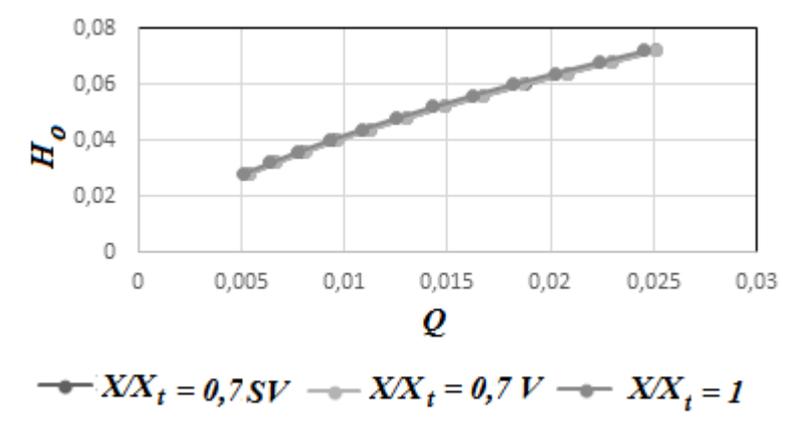


Figura 9. Comparación entre la curva inicial y el truncado a $X/X_t = 0.7$, ventilado (V) y sin ventilar (SV) de un cimacio WES.

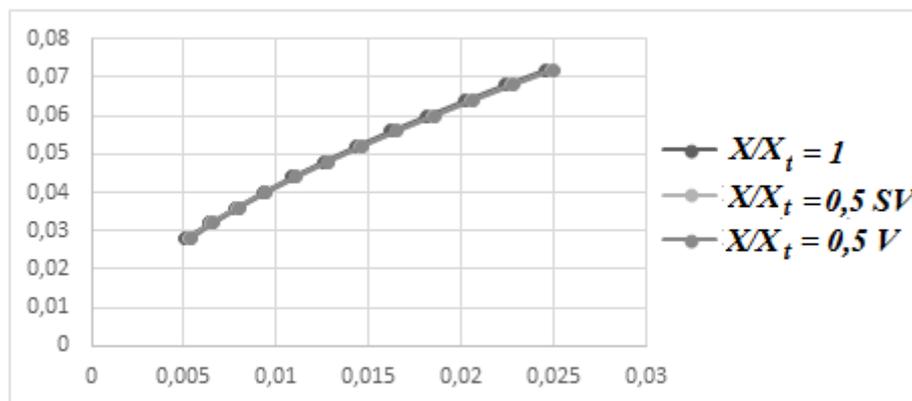


Figura 10. Comparación entre la curva inicial y el truncado a $X/X_t = 0.5$, ventilado y sin ventilar de un cimacio elíptico.

Obsérvese para el cimacio WES cómo hay total coincidencia de las curvas de capacidad de servicio del cimacio sin truncar y la correspondiente al cimacio truncado sin ventilar, mientras que se aprecia ligera diferencia cuando el cimacio truncado es ventilado; para el cimacio elíptico, las curvas correspondientes a lámina ventilada y lámina sin ventilar coinciden y están muy próximas a la correspondiente al cimacio sin truncar.

Con el fin de no hacer muy extenso este trabajo se obvia la presentación de cada nivel de truncado y se pasa a una comparación resumen que se muestra en la Tabla 1 y la Figura 11.

Tabla 1. Resumen de las diferencias porcentuales en cimacios WES y elípticos en cada uno de los truncados.

X/X_t	WES		Elípticos	
	SV	V	SV	V
	Dif media (%) truncado/sin truncar		Dif media (%) truncado/sin truncar	
1	0	0	0	0
0.8	1.9	1.9		
0.7	3.5	3.63	4.44	4.44
0.6	1.07	1.68	1.6	1.6
0.5	1.58	2.29	5.39	5.39
0.4	0.57	0.7	4.48	4.47
0.3	1.03	1.03	0.88	1.29
0.2		3.23	3.29	3.11
0.1	4.91	2.31	6.53	5.7

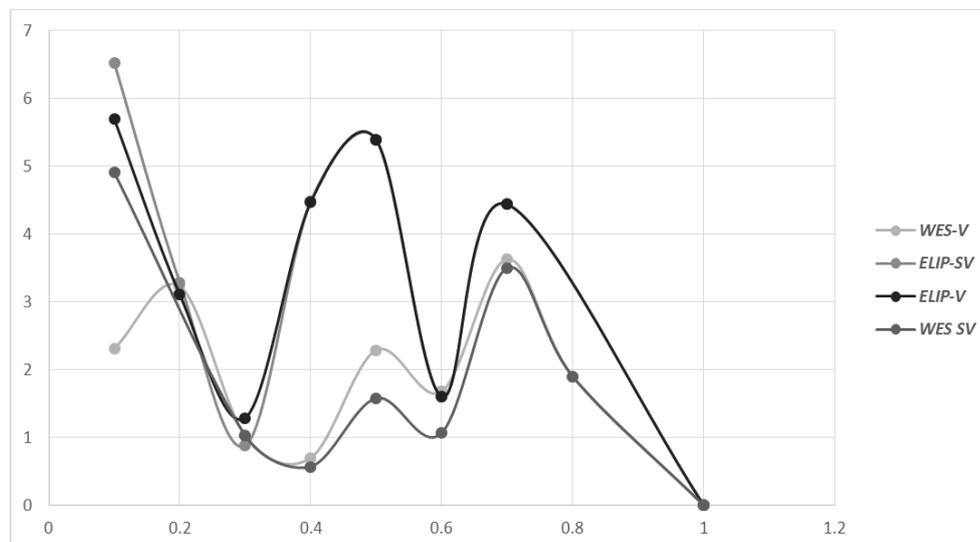


Figura 11. Comparación entre las curvas de las diferencias porcentuales.

De la interpretación de la Tabla 1 se puede concluir:

1. Los cimacios WES admiten grado de truncamiento hasta $X/X_t = 0.2$ sin que se cometan diferencias porcentuales superiores a 3.7%.
2. Los cimacios elípticos admiten grado de truncamiento con diferencias porcentuales aceptables hasta $X/X_t = 0.2$, excepto para $X/X_t = 0.5$.

Las curvas de la Figura 11 demuestran que los cimacios elípticos sufren diferencias altas para los casos de cimacios truncados ventilados cuando hay alto nivel de truncado (X/X_t pequeños), lo cual es totalmente comprensible, pues con la ventilación se está provocando la ruptura del vacío propia de estos cimacios, lo que conlleva a una caída de los valores del coeficiente de gasto; mientras que los cimacios WES y elípticos sin ventilar prácticamente coinciden en sus resultados hasta $X/X_t = 0.3$ y con poca diferencia para $X/X_t = 0.2$.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo desean expresar su agradecimiento al estudiante de quinto año de la Carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Tecnológica de La Habana, Israel Carralero Hernández, que con su dedicación en su tesis de grado en 2016 logró realizar los trabajos experimentales que posibilitaron los resultados que aquí se presentan.

Referencias

- Carralero, I. (2016). *Influencia del truncado en la capacidad de evacuación de cimacios tipo PPsV y PPcV* (tesis de grado). Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.
- Crookston B. M. and Tullis B. P. (2012a). "Labyrinth Weirs: Nappe Interference and Local Submergence." *Journal of Irrigation & Drainage Engineering*, Vol. 138, No. 8, pp.757-765, ISSN: 0733-9437, ASCE, USA.
- Iñiguez-Covarrubias, M., Ojeda-Bustamante, W., & Díaz-Delgado, C. (enero-febrero, 2015). Mejoras de eficiencia hidráulica en vertedores con canal de descarga libre en presas: propuesta metodológica. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(1), 69-79.
- Lobaina-Fernández, S., Pardo-Gómez, R., & Alegret-Breña, E. (septiembre-diciembre, 2016). Vertedores de laberinto. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(3), 31-45.
- Magalhães, A., & Lorena, M. (1989). *Hydraulic design of labyrinth weirs* (Rep. No. 736). Lisbon, Portugal: National Laboratory of Civil Engineering.