



### PROYECTO INTERNO PII-DICA-01-2018

#### "Optimización del Diseño Hidráulico del medidor de caudal tipo Palmer-Bowlus, para flujo subcrítico en sistemas de alcantarillado"

En la ciudad de Quito D.M., a los nueve días del mes de septiembre del año dos mil diecinueve, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Interno **PII-DICA-01-2018 "Optimización del Diseño Hidráulico del medidor de caudal tipo Palmer-Bowlus, para flujo subcrítico en sistemas de alcantarillado"**, por una parte la **Ph.D. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **M.Sc. Jorge Augusto Toapaxi Álvarez** en calidad de **Director del Proyecto Interno**, al tenor de lo siguiente:

#### 1. ANTECEDENTES:

- a) Mediante Memorando Nro. EPN-DICA-2018-2089-M del 20 de septiembre del 2018, el Jefe del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA), solicita a la Dirección de Investigación y Proyección Social (DIPS), que se asigne código y se registre el proyecto "Optimización del Diseño Hidráulico del medidor de caudal tipo Palmer-Bowlus, para flujo subcrítico en sistemas de alcantarillado" propuesto por el M.Sc. Jorge Toapaxi.
- b) Mediante Memorando Nro. EPN-DIPS-2018-0520-M del 24 de septiembre del 2018, la DIPS notifica al Jefe del DICA que el proyecto de Investigación Interno del M.Sc. Jorge Toapaxi ha sido registrado con el código PII-DICA-01-2018.

#### 2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	PII-DICA-01-2018
Nombre del Proyecto	Optimización del Diseño Hidráulico del medidor de caudal tipo Palmer-Bowlus, para flujo subcrítico en sistemas de alcantarillado
Director del Proyecto	M.Sc. Jorge Augusto Toapaxi Álvarez
Colaboradora del Proyecto	Ing. Cristina Alexandra Torres Jacobowitz
Departamento	Ingeniería Civil y Ambiental (DICA)
Líneas de Investigación	Mecánica Teórica y Computacional de Fluidos
Objetivo	Optimizar el diseño del medidor de caudal a superficie libre tipo Palmer - Bowlus
Duración del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inicio: 21 de septiembre del 2018</li><li>• Fin: 20 de septiembre del 2019</li><li>• Duración total: 12 meses.</li></ul>
Entrega del Informe Final	22 de agosto del 2019



### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-DICA-2019-1514-M del 22 de agosto de 2019 el M.Sc. Jorge Toapaxi, Director del proyecto PII-DICA-01-2018, presenta el Informe Final del Proyecto, que es revisado por la Dirección de Investigación, y que se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- Del resultado de la calibración del modelo se puede concluir que, los modelos de turbulencia se ajustan muy bien entre ellos, escoger el modelo RNG para modelar este tipo de flujos es correcto; esto se debe a que los modelos de turbulencia RNG y  $\kappa$ - $\epsilon$  son parecidos, ambos usan ecuaciones similares, la diferencia radica en el valor de las constantes de cada modelo (Flow Science, Inc., 2016).
- En lo referente al efecto de la rugosidad del material, se concluye que la rugosidad en este tipo de simulación no tiene mayor influencia; por lo que, es válido utilizar el valor de rugosidad recomendado en la literatura.
- Respecto al tamaño de la celda, este fue estudiado en la etapa de calibración y se concluyó que tener un tamaño de celda igual a 1 cm, es adecuado para este tipo de modelaciones; ya que el uso del computador (en horas) se septuplica si se disminuye este tamaño de celda a 0.5 cm y la diferencia entre los resultados es despreciable.
- La modelación numérica tridimensional es una herramienta válida para el análisis de este tipo de estructuras, al comprobar que la mayoría de modelaciones numéricas presentan una diferencia menor al 2 % con respecto a su contraparte teórica o física; por lo tanto, es factible concluir que la modelación CFD presenta resultados confiables que pueden ser utilizados en la etapa de diseño y operación de un medidor tipo Palmer – Bowlus.
- En este trabajo se demostró que para caudales superiores a 5.0 (l/s), es válido utilizar la fórmula propuesta por Torres & Vásquez, 2010. Los resultados son muy cercanos a los obtenidos en este estudio por medio de la modelación CFD utilizando el programa Flow-3D.
- En este estudio se demostró que la diferencia entre la fórmula propuesta por Torres & Vásquez, 2010, y los resultados encontrados en los diferentes modelos realizados en Flow-3D, fueron para el medidor Palmer-Bowlus de D=16 cm, siendo la diferencia promedio 1.0%. Para el medidor Palmer-Bowlus de D=20 cm la diferencia promedio fue 1.3%, mientras que para el medidor Palmer-Bowlus de D=25 cm la diferencia promedio fue 2.6%, en éste, el caudal que causa este incremento en el promedio de la diferencia es el caudal 1(l/s), si se excluye los caudales inferiores a 2(l/s), la diferencia promedio es 1.7%). Finalmente, para el medidor Palmer-Bowlus de D=40 cm la diferencia promedio fue 2.9%, teniendo el mismo inconveniente que la anterior donde para caudales pequeños se tiene una diferencia mucho mayor a las otras modelaciones, sin embargo, inclusive tomando en cuenta todas estas se tiene que la diferencia promedio es de 2.9%, la misma es inferior a la aceptada como válida 10% según Casa, 2016.



- Debido a la escasa cantidad de pruebas experimentales menores a 5.0 (l/s) (una prueba experimental), es complicado saber si la ecuación planteada por Torres & Vásquez, 2010, el rango entre 0 (l/s) y 5 (l/s), refleja correctamente la realidad; por lo que sería conveniente realizar más análisis en este intervalo para comprobar si el valor del coeficiente de descarga calculado por los autores mencionados se puede ajustar de mejor manera.
- El programa Flow-3D es una herramienta muy potente, sin embargo, hay que tener en cuenta la capacidad del ordenador, el grado de exactitud requerido y el fenómeno hidráulico que se va a modelar; para con seguridad, poder escoger el tipo de modelo que vamos a realizar, las condiciones de borde a introducir, el tiempo de modelado, y el tamaño de malla. Estas son las cuestiones principales que pueden demandar horas, días, semanas y hasta meses en realizar una corrida, por lo que es necesario tener bien claro los parámetros mencionados para no mal gastar la capacidad computacional de los ordenadores actuales.
- El presente trabajo demandó para cada modelación entre 30 a 120 minutos, siendo la modelación del medidor Palmer-Bowlus D=40 cm la que demandó mayor cantidad de escenarios (14 modelaciones individuales), con una duración individual de 120 minutos; dando como resultado la obtención de la curva de descarga en 28 horas de uso computacional, tomando en cuenta un Computador AMD RYZEN 7 1700 (16 núcleos trabajando a 3.9 Ghz todo el tiempo), 32 Gb de RAM con una velocidad de 3000 MHz y un disco duro de capacidad igual a 2 TB para poder almacenar los archivos de resultados.
- En el presente trabajo se hizo evidente que si bien el Flow-3D permite el ingresar la geometría tridimensional en el mismo programa, realizar aquí una geometría como la de un medidor Palmer-Bowlus es muy complejo; por lo que, para la realización de las geometrías expuestas en este estudio, se utilizó la ayuda del software CATIA V5, que es una potente herramienta de dibujo, llegando a ser más potente que el mismo AUTOCAD, tan usado en nuestro medio.

#### PRODUCTOS:

1. Artículo enviado para revisión: "Modelación Numérica Tridimensional del Medidor de Caudal Tipo Palmer-Bowlus Aplicando el Programa Flow 3D"; Toapaxi Jorge, Torres Cristina; Revista Politécnica (Latindex); ISSN: 2477-8990; agosto 2019.
2. Tesis de la Maestría en Recursos Hídricos: "Modelación numérica tridimensional del medidor de caudal tipo Palmer-Bowlus aplicando el programa Flow 3D"; Silva Bastidas Roberto Carlos; agosto 2019.
3. Presentación a la comunidad politécnica – Conferencia: "Modelación numérica tridimensional del medidor de caudal tipo Palmer-Bowlus aplicando el programa Flow 3D"; Silva Bastidas Roberto Carlos; agosto 2019.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto Interno PII-DICA-01-2018 no contó con asignación presupuestaria.



**5. FINALIZACIÓN:**

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto Interno PII-DICA-01-2018 "Optimización del Diseño Hidráulico del medidor de caudal tipo Palmer-Bowlus, para flujo subcrítico en sistemas de alcantarillado".

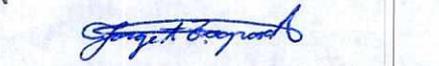
Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los nueve días del mes de septiembre del año dos mil diecinueve.

  
Ph.D. Alexandra Alvarado  
Vicerrectora de Investigación,  
Innovación y Vinculación



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Y PROYECCION SOCIAL



M.Sc. Jorge Toapaxi  
Director del Proyecto  
PII-DICA-01-2018

sp/cr

Recibido  
Jorge Toapaxi  
10/09/2019  