

USO DE SOFTWARE LIBRE E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA ESTIMAR EL PERFIL DEL FLUJO DE UN CANAL PRISMÁTICO

MARITZA ARGANIS, MARGARITA PRECIADO,
FAUSTINO DE LUNA, ELISEO CARRIZOSA,
RAMÓN DOMÍNGUEZ Y JOSÉ LUIS HERRERA

Introducción

El cálculo del flujo gradualmente variado de canales prismáticos* es de suma utilidad en problemas de flujo a superficie libre relacionado con el dimensionamiento o revisión del funcionamiento de obras de drenaje (Sotelo, 2015). El uso de *software* de uso libre y programas diseñados por inteligencia artificial (IA) para estimar el perfil del flujo en un canal prismático es un tema que se ha comenzado a abordar en investigaciones recientes. Si bien, se llegan a interpretar como cajas negras, en este análisis se hace la suposición de que usar una IA ayuda a realizar tanto cálculos como análisis más precisos y eficientes del flujo en canales prismáticos, lo que puede ser de gran utilidad en proyectos de ingeniería hidráulica. Pero una adecuada estimación del perfil del flujo utilizando IA depende de la calidad y precisión de los datos de entrada, así como de los algoritmos utilizados. Por tanto, es fundamental validar y verificar los resultados obtenidos mediante comparaciones con mediciones reales o haciendo los cálculos con otros programas. En este estudio se aplicó un programa de uso libre desarrollado por la Universidad del estado de San Diego, USA, disponible en internet (Ponce, 2023), que aplica el método del paso directo y la herramienta Bing IA Chat© para la elaboración de programas en lenguaje Python, el cual realiza el cálculo del perfil del flujo de un canal prismático con sección rectangular, usando el método de Euler para resolver la ecuación diferencial del flujo gradualmente variado. Los resultados fueron comparados con mediciones en un modelo de laboratorio de canal rectangular y cálculos del método del paso directo hecho por los estudiantes en una hoja de cálculo. Hasta esta etapa del estudio, debido a los resultados obtenidos, se encontró que la IA requiere mayor orientación para que su programa mejore la estimación del perfil del canal analizado.

*A un canal artificial construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se le llama canal prismático.

Metodología

FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

De acuerdo con Sotelo (2002), el flujo gradualmente variado en canales es un flujo permanente cuya profundidad (o tirante) varía suavemente a lo largo del eje de un canal. Así, la velocidad cambia de una sección a otra. Los perfiles del flujo gradualmente variado en canales prismáticos de sección compuesta se pueden determinar mediante la integración de la llamada ecuación dinámica, pero usando el número de Froude definido por Blalock y Sturm (1987) para este tipo de canales.

La ecuación diferencial que permite calcular el flujo gradualmente variado en canales, según el documento de la Universidad Nacional de Ingeniería (2013) y Sotelo (2002), es la siguiente:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_f - S_o}{1 - Fr^2} \quad (1)$$

Donde:

y es la profundidad del flujo en m, x es la distancia a lo largo del canal, S_f es la pendiente de la línea de energía o pendiente de fricción adimensional, S_o es la pendiente del canal, adimensional, Fr es el número de Froude, que es una medida adimensional de la velocidad del flujo en relación con la velocidad de la onda de gravedad en el canal.

MÉTODO DEL PASO DIRECTO

El método numérico del paso directo (o directo por pasos) permite obtener la profundidad de un canal suficientemente largo a partir de una condición de cálculo hacia adelante o hacia atrás, que depende del tipo de pendiente del canal analizado; la ecuación de recurrencia del método se puede encontrar con detalle en Sotelo (2002).

MÉTODO DE EULER

El método de Euler resuelve numéricamente ecuaciones diferenciales de primer orden con condiciones iniciales, utiliza integración trapecial con truncamiento para integrar a la derivada de la función incógnita (Chapra y Canale, 2016), el problema a resolver y la ecuación de recurrencia del método de Euler se indica a continuación.

$$y' = f(x, y), \text{ sujeta a } y(x_0) = y_0 \quad (2)$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta x f(x_i, y_i), \quad i = 0, 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

El valor de la función se determina en el intervalo de valores $[x_0, x_n]$.

PROGRAMA EN PYTHON DE BING IA CHAT

Con ayuda de la herramienta de inteligencia artificial (IA) Bing IA Chat (Bing, 2023) se realiza la generación de un programa en Python que calcula el perfil de flujo gradualmente variado de un canal rectangular con la geometría dada y condiciones iniciales dadas; usando tanto el método de paso directo como el método de Euler:

DATOS DEL PROBLEMA

En el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, UNAM, México, se efectuó una práctica para calcular el perfil del flujo de un canal rectangular con los siguientes datos: $L = 11.8\text{m}$, $B = 0.2\text{m}$, $S = 0.015$, $n = 0.009$, $Q = 0.0248\text{ m}^3/\text{s}$. Con el programa de la Universidad de San Diego, USA, que aplica el método de paso directo, se consideraron 50 intervalos de cálculo y el programa estima el cadenamiento x . Con el programa generado por la IA se propuso un $\Delta x = 0.2$

Resultados

En la figura 1 se hace la comparación entre los datos medidos en el laboratorio, los calculados por estudiantes con el método del paso directo, los obtenidos por el programa de la Universidad de San Diego, USA y los calculados con el programa realizado con IA. La Tabla 1 contiene la información dibujada.

| x | y_{medido} [m] | $y_{\text{calc lab}}$ [m] | $y_{\text{calc IA}}$ [m] | sección x [m] | $y_{\text{calc USD}}$ [m] |
|-----|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------|
| 10 | 0.109 | 0.109 | 0.115 | 10 | 0.118 |
| 9 | 0.13 | 0.137 | 0.078 | 9 | 0.131 |
| 8 | 0.133 | 0.137 | 0.079 | 7.9 | 0.137 |
| 7 | 0.139 | 0.143 | 0.080 | 7.1 | 0.14 |
| 6 | 0.141 | 0.145 | 0.080 | 5.1 | 0.146 |
| 5 | 0.146 | 0.149 | 0.081 | 3.8 | 0.149 |
| 4 | 0.15 | 0.152 | 0.081 | 3.1 | 0.15 |
| 3 | 0.153 | 0.155 | 0.082 | 2.3 | 0.152 |
| 2 | 0.155 | 0.157 | 0.083 | 1.5 | 0.153 |
| 1 | 0.162 | 0.162 | 0.083 | 0.6 | 0.155 |

Conclusiones

En la Figura 1 y Tabla 1 se observa que los resultados dados por el *software* libre de la Universidad de San Diego, USA, son similares a los medidos de laboratorio calculados por los estudiantes con ayuda de una hoja de cálculo, con diferencias de entre 0 y casi 4% aproximadamente, mientras que el resultado hasta ahora obtenido con el programa realizado por la IA utilizada, reporta diferencias de entre 5 y casi 48%, por lo que

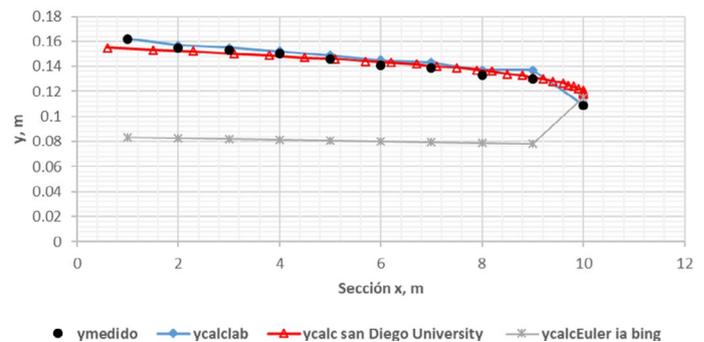


Figura 1. Comparación del perfil medido y calculados

aún deben realizarse ajustes al programa desarrollado por IA, ya que el número de Froude resulta mayor que uno para las profundidades que reporta.

A manera de conclusión hasta esta etapa del estudio, se puede afirmar que, con nuevas revisiones, el uso de IA con algoritmos de solución a la ecuación diferencial del flujo gradualmente variado, debe analizarse de manera más detallada, para que este tipo de herramientas pueda considerarse prometedora para estimar el perfil del flujo en canales prismáticos en la ingeniería hidráulica.

Agradecimientos

Se agradece a los desarrolladores de sitios *web* de inteligencia artificial de uso libre. |

Referencias

Chapra, S. C. y R. P. Canale (2016). Métodos numéricos para ingenieros. McGraw-Hill: México.

Bing, 2023. IA Chat. Disponible en: <https://www.bing.com/>.

Blalock, L. y T. Sturm (1987). "Gradually Varied Flow Profiles in Compound Channels". Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 113, No. 5, Mayo 1987, pp. 430-443.

Ocaña-Fernández, Y.; L. A. Valenzuela-Fernández y L. L. Garro-Aburto (2019). "Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior". Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.

Ponce (2023). San Diego State University. enlinea_curva_remanso_22: Perfil de la superficie del agua M2 Disponible en: <https://ponce.sdsu.edu/enlineacurvaremanso22descripcion.html>.

Sotelo Ávila, G. (2002). Hidráulica de Canales. Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

Sotelo Ávila, G. (2015). Flujo gradualmente variado en canales de sección compuesta. Tecnología y Ciencias del Agua, 16(1), 57-62.

Universidad Nacional de Ingeniería (2013). "Flujo Gradualmente Variado". Notas de Clase de Hidráulica II, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, Perú.