

Emulación por computadora del flujo de agua alrededor de apoyos de puentes con acabado rugoso

^{1,2}Alvarez-Mejía A. L., ^{1,2}Salinas-Tapia H., ^{1,2}López-Rebollar B.M., ^{1,2}Díaz-Delgado C.

¹Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, Universidad Autónoma del Estado de México. (IITCA-UAEMex)

²Red Mexicana de Recursos Hídricos (REMERH-CapNet-méx)

aalvarezm388@alumno.uaemex.mx; hsalinast@uaemex.mx; bmlopezr@uaemex.mx; cdiazd@uaemex.mx

Resumen

El presente trabajo describe el desarrollo de medidas de protección contra una de las principales causas de colapso de puentes a nivel mundial, el fenómeno de socavación local. Se presenta el análisis de una alternativa de implementar acabado rugoso en los apoyos a través de la simulación numérica por computadora. El modelado consiste en una réplica del comportamiento del flujo alrededor de los apoyos idealizando la naturaleza del fenómeno a través del tiempo. Este estudio comprobó que la incorporación del acabado modifica las trayectorias de recirculación del flujo alterando la interacción de las capas de flujo que se desprenden del pilar. Este último efecto hidrodinámico reduce la intensidad en la energía de turbulencia en la parte posterior al cilindro, cerca del fondo, constituyéndose como una potencial medida de control ante el fenómeno de la socavación local.

Socavación y el colapso de puentes

La socavación local en puentes es un problema tangible a nivel mundial. En efecto, este problema se posiciona entre las principales causas del colapso de estas estructuras. Este proceso de socavación consiste en la remoción del material granular de la base de los elementos que soportan la estructura (figura 1), debido al flujo de una corriente de agua y donde su magnitud depende directamente de las características hidrodinámicas a la que se encuentra sometida.



Figura 1.- Socavación en pilas de puente

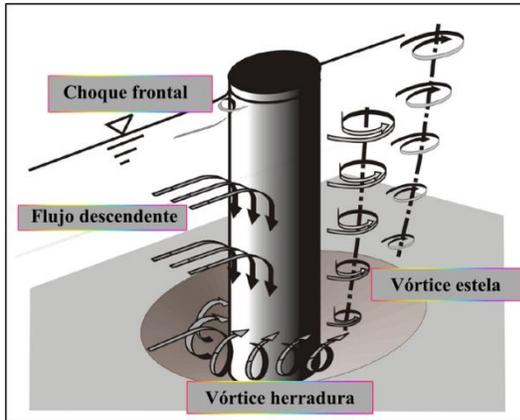


Figura 2.- Proceso de socavación

La complejidad hidráulica del fenómeno aunado a los procesos y características constructivas de las pilas de puentes, han dificultado generar una solución universal al problema. Sin embargo, estudios realizados exponen como principales variables, las características geométricas del elemento soporte, propiedades granulométricas del fondo de los cauces y el comportamiento del agua alrededor del soporte, los cuales en conjunto permiten estimar y predecir el comportamiento del fenómeno de manera aceptable (figura 2).

Las condiciones alrededor de los elementos están caracterizadas por la predominancia de campos de flujo altamente turbulentos, siendo éstos quienes determinan la magnitud del fenómeno. Y en donde dichas condiciones se alcanzan mediante la ocurrencia simultánea de las variables predominantes.

Las estructuras soporte (pilas de puente) representan un obstáculo en la corriente de agua (figura 3), alterando el flujo debido a las variaciones de forma, alineación, cantidad de apoyos y separación entre éstos. Por otra parte, las propiedades del material de fondo (tamaño y peso específico) condicionan si éstos pueden, o no, ser desprendidos por el agua que fluye durante el paso de una avenida.

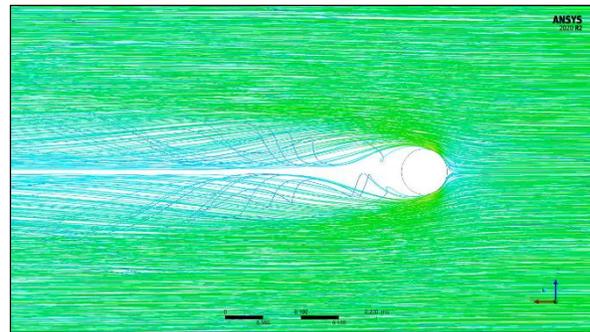


Figura 3.- Flujo alrededor de una pila

El acabado en los soportes como medida de control

El comportamiento de un flujo alrededor de un objeto ha sido objeto de análisis en diferentes áreas de la ingeniería (figura 4), con especial interés en la estabilización de los campos de flujo y disminución de la resistencia obtenida al golpear con un objeto. Este último aspecto en particular ha sido abordado mediante la modificación de la superficie de contacto, incorporando protuberancias, discontinuidades, ondulaciones, entre las propuestas más destacadas. Ejemplo de ello, son las depresiones en las pelotas de golf, el fieltro en las pelotas de tenis, la optimización de las costuras en los balones de fútbol o la superficie de textiles en la natación. La extensión de esta idea aplicada al problema en cuestión pretende controlar las condiciones hidrodinámicas alrededor de un pilar, mediante la modificación de la rugosidad de la superficie de contacto.

La naturaleza de las modificaciones en el campo de flujo está principalmente asociada con el cambio en el arrastre que disminuye la resistencia al flujo, interrumpiendo el proceso de desprendimiento de vórtices y en consecuencia la disminución de la turbulencia permitiendo así reducir la profundidad de socavación.

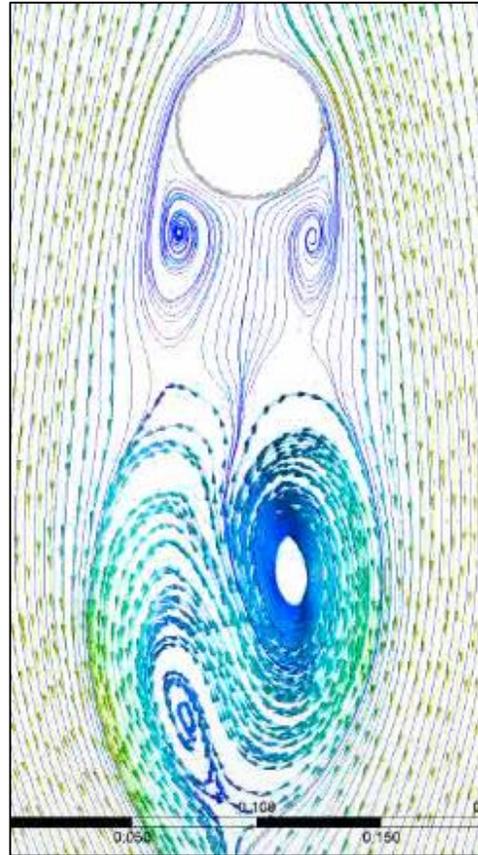


Figura 4.- Desprendimiento de vórtices

El presente trabajo analiza el comportamiento hidrodinámico del flujo alrededor de los soportes de un puente con acabado superficial a base de casquetes esféricos, patrón que previamente ha sido evaluado de forma experimental por otros autores mediante modelos físicos (Salinas et al., 2017; Jiménez et al., 2006; Gris, 2010). Con base en el sustento teórico expuesto, esta alternativa permitiría reducir la profundidad de socavación, en contraste con una pila con acabado liso. Si bien esta implementación ha mostrado ser benéfica al problema en estudio, aún existen interrogantes sobre el uso, tamaño y distribución del acabado.

Simulación por computadora

Con base en lo mencionado anteriormente, se diseñó una investigación que considere diferentes condiciones de flujo para identificar el arreglo ideal que permita reducir la socavación. Igualmente, se analizó de forma tridimensional una amplia gama de combinaciones geométricas en los pilares, haciendo uso de las bondades ofrecidas por dinámica de fluidos computacional (CFD). Con el uso de esta herramienta, la geometría del dominio de fluido es creada con el mismo software e idealizando la naturaleza del fenómeno para su análisis a través del tiempo (figura 5).

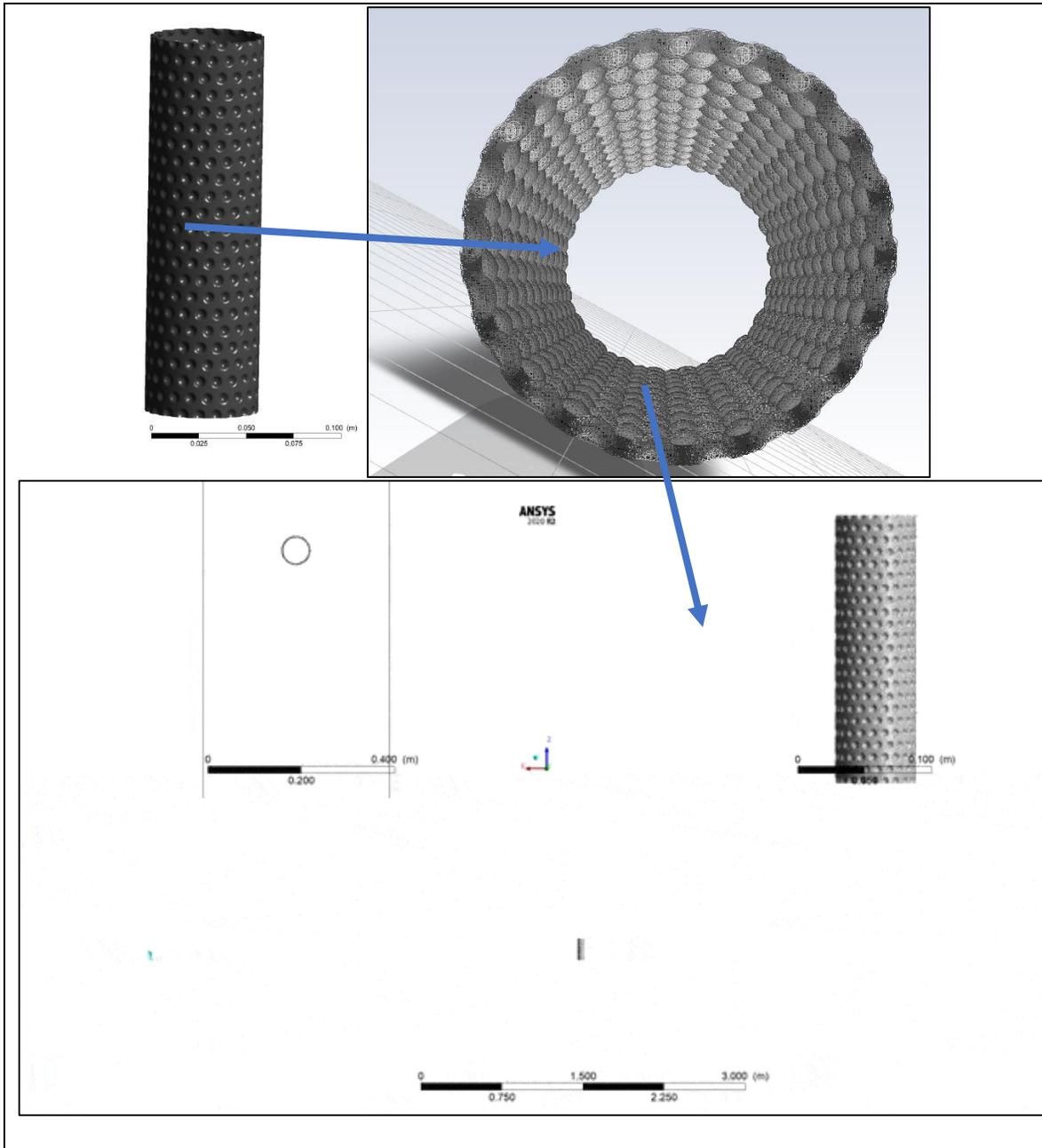


Figura 5.- Simulación por computadora

Inicialmente para idealizar el fenómeno se crea una malla de cálculo a base de tetraedros de tamaño global del elemento de 5 mm con refinamiento de hasta 0.5mm en la pared de los pilares. Posteriormente, se asignan condiciones de entrada replicando el recorrido de la corriente de una sección del cauce, y finalmente se analiza y determina la combinación óptima que disminuya en mayor medida la energía cinética de turbulencia alrededor de los apoyos (figura 6).



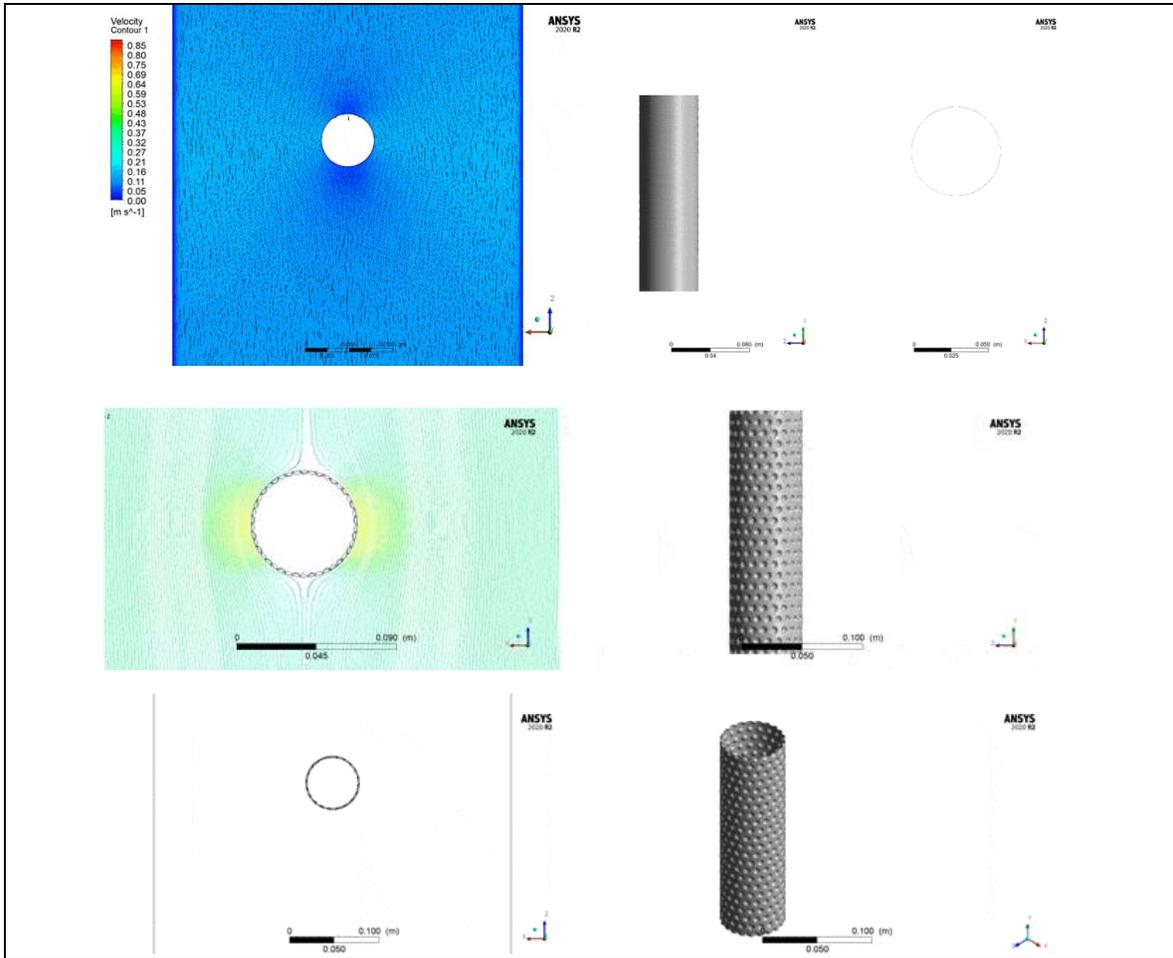


Figura 6.- Turbulencia alrededor de los pilares

Conclusiones de la investigación

El estudio desarrollado es prueba del potencial y bondades de los modelos de simulación ya que, se pudo obtener la caracterización del flujo verificando su correspondencia con valores establecidos en literatura y estudios experimentales previos. Además, se comprobó que la incorporación del acabado sí modifica las trayectorias de recirculación alterando la interacción de las capas de flujo que se desprenden del pilar. Este último efecto hidrodinámico reduce la intensidad en la energía de turbulencia en la parte posterior al cilindro, cerca del fondo, constituyéndose como una potencial medida de mitigación ante el fenómeno de la socavación local.