

Diseño de una Turbina hidrocínética mediante uso de CFD para implementación en el sistema de tuberías de agua

PROBLEMA

Las ciudades de rápido crecimiento como Guayaquil tienen como desafío satisfacer continuamente el incremento de su demanda de energía. Adicionalmente, el uso de energía de forma ineficiente ha venido produciendo un impacto ambiental negativo que afecta a sus ciudadanos.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo es diseñar una turbina hidrocínética versátil y económica para aprovechar la energía desperdiciada en las tuberías del sistema de agua potable de la ciudad de Guayaquil.

PROPUESTA

Turbina esférica de eje vertical que puede ser instalada en tuberías de diámetro 800 mm. Los álabes de la turbina se basan en un perfil NACA 0018. El diseño y rendimiento es optimizado implementando un modelo basado en Tubos de Corriente Doble Múltiple (DMTS) y Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).

- Velocidad promedio: 2.7 m/s
- Presión a la entrada: 241.32 kPa
- Diámetro de tubería: 800 mm

Tabla 1. Parámetros relevantes de diseño

Sección de álabes	NACA 0018
Núm. Álabes	5
Diam. Turbina	0.7 m
Relación de solidez	0.3
Longitud de cuerda	0.132 m

RESULTADOS

Los resultados predicen una potencia mecánica de 1.71 kW con coeficiente de 0.427
Las condiciones de operación se detallan a continuación,
Presión de entrada: 241.32 kPa
Caída de presión: 0.394 mca
Velocidad de flujo: 2.07 m/s
Velocidad angular; 10.47 rad-s

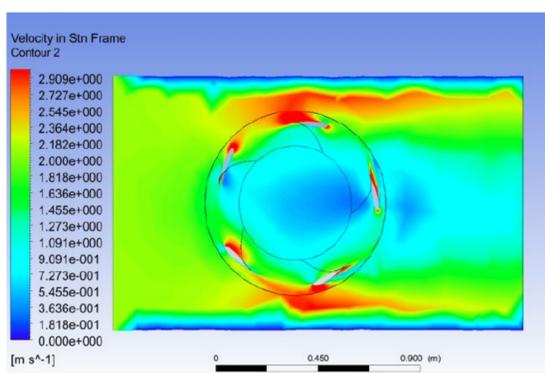


Fig. 3. Campo de velocidad del plano medio.

CONCLUSIONES

- A pesar de la simplicidad del modelo DMTS, los resultados de simulación numérica usando CFD muestran una predicción satisfactoria de la funcionalidad de la solución.
- Un posible escenario de aprovechamiento de energía para la ciudad fue analizado y se concluye que 325 turbinas instaladas en el sistema de tuberías podrían agregar a la red 390 kW (energizar ~ 170 hogares).

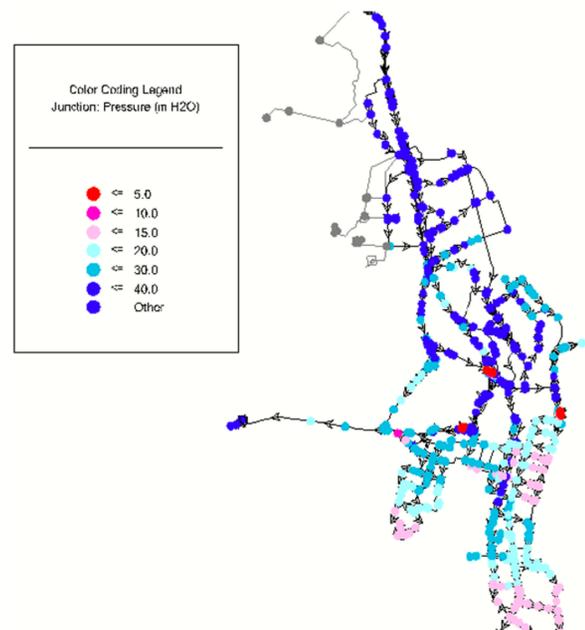


Fig. 1. Mapa de presiones en el sistema de tuberías de Guayaquil. Fuente: Interagua

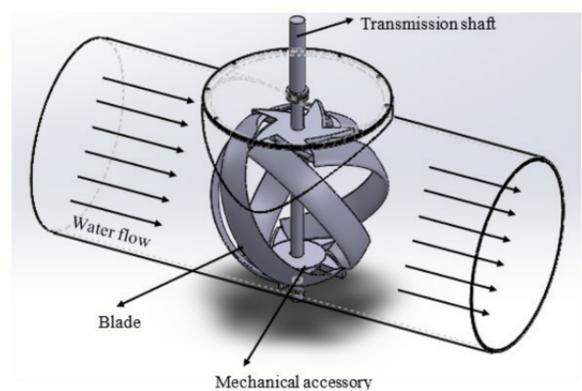
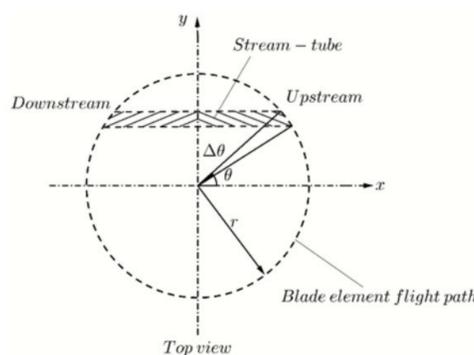


Fig. 2. Turbina esférica vertical propuesta con álabes basados en NACA 0018 y recorrido helicoidal.



$$T(\theta) = \frac{1}{2} \rho_{\infty} c R H \int_{-1}^1 C_T W^2 (\eta / \cos \delta) d\zeta$$

$$F_N(\theta) = \frac{cH}{S} \int_{-1}^1 C_N (W/V_{\infty})^2 (\eta / \cos \delta) d\zeta$$

$$F_T(\theta) = \frac{cH}{S} \int_{-1}^1 C_T (W/V_{\infty})^2 (\eta / \cos \delta) d\zeta$$

$$C_N = C_L \cos \alpha + C_D \sin \alpha$$

$$C_T = C_L \sin \alpha - C_D \cos \alpha$$

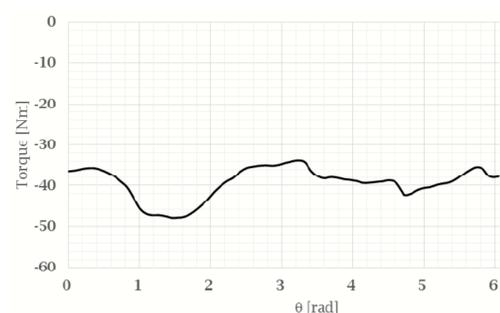


Fig. 4. Torque promedio vs. Ángulo azimut.

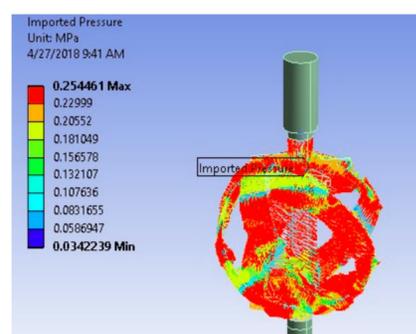


Fig. 5. Presión sobre álabes.

REFERENCIA

- Valencia, AS, Jativa Cervantes, H, Castillo, E, Garavitto, OA, Soriano, GE, & Castro, LD. "Analysis of a Vertical-Axis Spherical Turbine for Energy Harvesting in Urban Water Supply Systems." Proceedings of the ASME 2019 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Volume 6: Energy. Salt Lake City, Utah, USA. November 11–14, 2019. V006T06A089. ASME. <https://doi.org/10.1115/IMECE2019-10643>