

**RESUMEN:** En Ecuador el 62,51% de la potencia efectiva en generación de energía eléctrica corresponde a centrales hidroeléctricas. Pese a la existencia de grandes hidroeléctricas en Ecuador, una parte de la demanda energética es satisfecha por mini y micro centrales habilitadas por el estado. El presente trabajo se enfoca en el desarrollo de metodologías para la optimización de turbinas hidráulicas mediante el uso de tecnologías de ingeniería a la inversa, herramientas de diseño asistido por computadora, técnicas de parametrización y uso de la dinámica computacional de fluidos. Esta metodología se ha aplicado de manera satisfactoria en turbinas de tipo "Pelton", de manera específica a las pertenecientes a ELEPCO. SA, lo que permitió su validación de manera experimental. El diseño resultante del proceso de optimización de los ángulos de entrada y salida del fluido en el cangilón, en conjunto con su relación de aspecto, posibilitó un incremento de la eficiencia de la turbina del 7.13%. Actualmente, Esta metodología se encuentra en proceso de estudio para turbinas de tipo "Francis".

**Palabras clave:** turbina, Pelton, eficiencia, metodología, hidroeléctricas..

## MATERIALES Y MÉTODOS

- El estudio se limitó al análisis de la superficie interna del cangilón, ya que es la zona más representativa y en donde se realiza la transformación de energía.
- Obtención de la geometría inicial mediante la creación de un molde de silicona "BodyDouble" manufacturada por "SmoothOn", el mismo que fue posteriormente escaneado y almacenado como una nube de puntos.

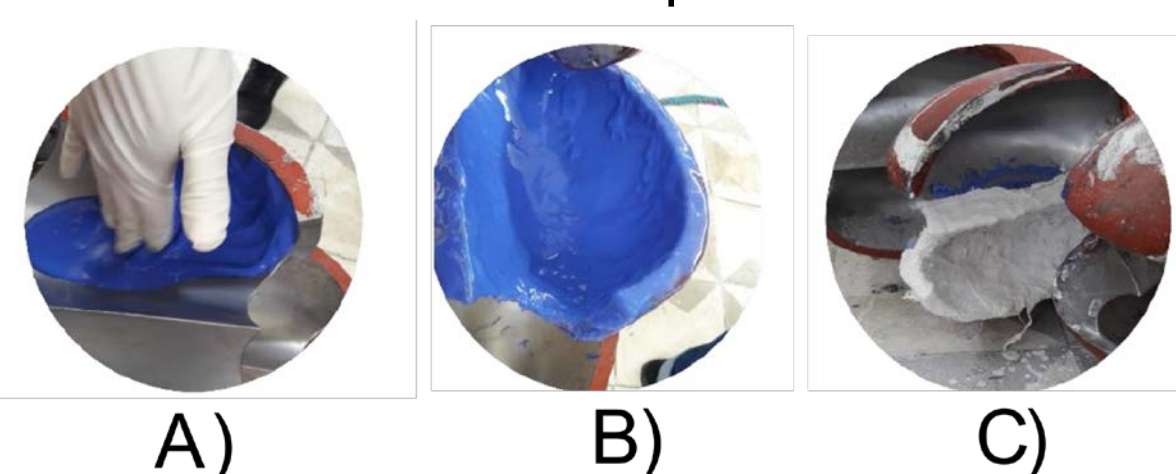


Figura 1. A) Aplicación de la silicona en cangilón, B) Curado, C) Refuerzo. (Fuente: propia)

Selección del método de diseño de cangilones "Pelton" para micro centrales energéticas propuesto por la Organización Latinoamericana de Energía.

- Desarrollo de un código "Python" en base al método de diseño.
- Desarrollo de un modelo CAD-3D parametrizado en función del diámetro del chorro de impacto.

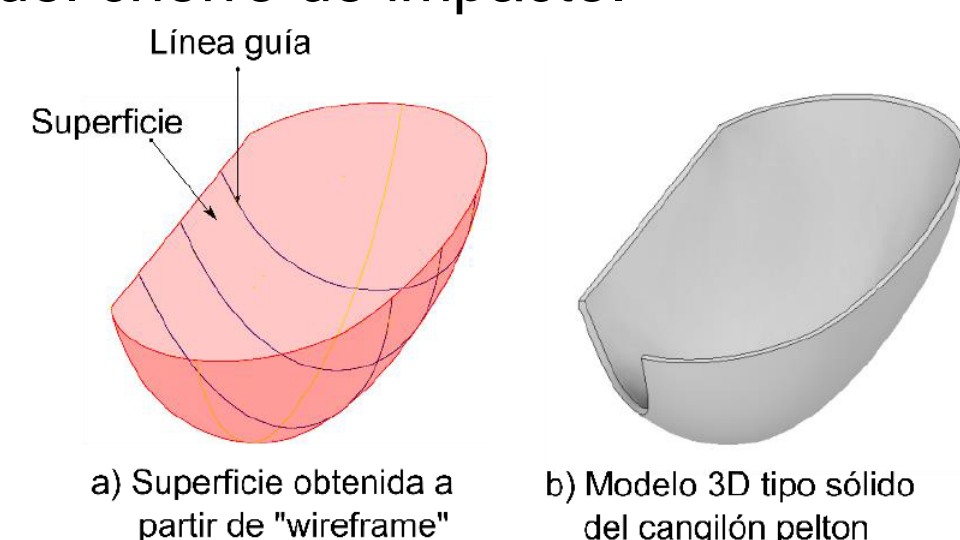


Figura 2. Modelo CAD 3D paramétrico. (Fuente: propia)

- El mallado se realizó en ICEM, se desarrolló una malla no estructurada de elementos prismáticos-trianguulares en su mayoría y con una calidad ortogonal mínima de 0.1.
- La simulación CFD se realizó en el software Ansys CFX, se resolvió mediante el modelo de turbulencia k-w SST y el modelo de erosión de Tabakoff.

## RESULTADOS

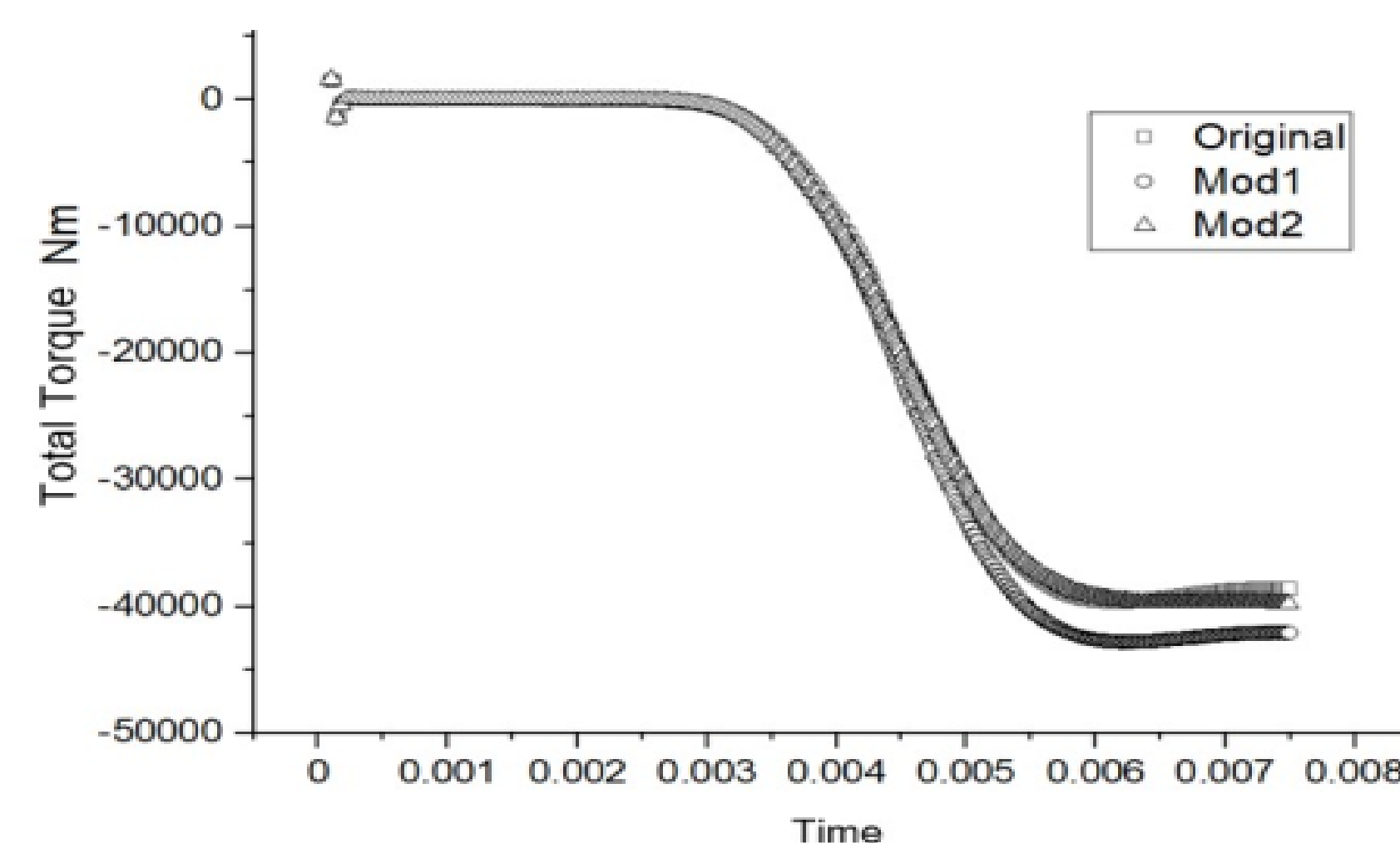
- Se desarrollaron 3 modelos de cangilón en que los ángulos de entrada y salida varían acorde a lo propuesto por Židonis[1].

Tabla 1. Características geométricas de los modelos desarrollados

Mold1	$\beta_1$ (ingreso) = 10° B2 (salida) = 5° B/L (relación de aspecto) = 0.884
Mold 2	B1(ingreso) = 10° B2(salida) = 5° B/ L (relación de aspecto)= 0.982

Fuente: propia.

- El análisis de independencia de malla se realizó con el método de indicador de convergencia de Roache[2].
- A partir de los 2,7E03 elementos se llega a la convergencia.



Gráfica 1. Torque generado. (Fuente: propia)

- Mold1 presenta un mayor torque (-4.28E+04 [Nm]) en el tiempo que Mold2 y el modelo original.
- Mold1 presenta una eficiencia del 94,1%, mientras que Mold2 y el original de 82,75% y 87,52% respectivamente.

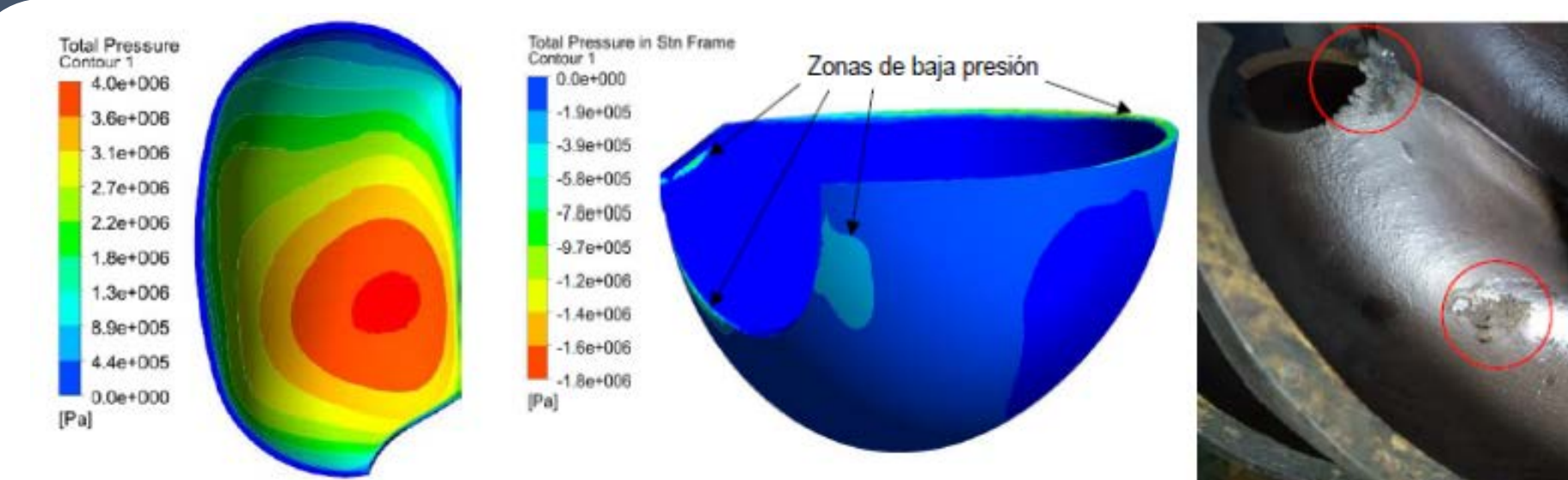


Figura 3. Zonas de alta y baja presión. (Fuente: propia)

- La potencia teórica nominal es de 3,04 [MW] mientras que la de simulada con el modelo original es de 2,98 [MW].
- Se presentan zonas de alta y baja presión, que concuerdan con las zonas en las que se presentan procesos de cavitación.

## CONCLUSIONES

- La metodología propuesta ha sido validada y verificada de manera exitosa para la optimización de turbinas tipo "Pelton".
- El uso de moldes de goma permite replicar con precisión superficies complejas, haciendo posible el modelado y estudio de componentes mecánicos de difícil acceso.
- Los resultados mostraron que la disminución de los ángulos de entrada y de salida del chorro tienen un efecto positivo en la eficiencia hidráulica, para el caso del modelo "Mod1" se obtuvo un aumento en la eficiencia de 7.12% mientras que para el modelo "Mod2" fue de 0.23%.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Židonis, A. Panagiotopoulos, G. A. Aggidis, J. S. Anagnostopoulos, and D. E. Papantonis, "Parametric optimisation of two Pelton turbine runner designs using CFD," *J. Hydrodyn.*, vol. 27, no. 3, pp. 403–412, 2015, doi: 10.1016/S1001-6058(15)60498-X.
- [2] K.M. Almohammadi, D.B. Ingham, L. Ma, M. Pourkashan, *Computational fluid dynamics (CFD) mesh independency techniques for a straight blade vertical axis wind turbine*, *Energy*, Volume 58, 2013, Pages 483-493, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.06.012>.