

Informe de Investigación

Plan de apoyo a talleres de metal-mecánica para construcción y reconstrucción de rodetes de turbinas hidráulicas de PCHs*

Metal-mechanic workshops support plan for the construction and reconstruction of hydraulic turbine runners for small hydroelectric powerstations

Carlos O. Azucena Vásquez (UDB), Erick A. Blanco (UDB), Roberto Córdova (UCA), Axel Soderberg (UCA) y Estela Díaz (Hibronsa)*

Resumen

El objetivo principal de este proyecto es potenciar el avance de las industrias de la fundición y la industria metal- mecánica en el país, a través de la fundición de masas de acero inoxidable, con las cuales se pueden construir rodetes de turbinas de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHs). Con ello se ha logrado sentar las bases y los insumos tecnológicos necesarios para la construcción y reconstrucción de los rodetes. En el proyecto, se crearon archivos digitales haciendo uso de sistemas CAD (Solid Edge por UDB e Inventor por UCA) de los rodetes de 2 turbinas Francis; uno de ellos se rediseñó para una eficiencia aproximadamente 5% mayor que la actual (Turbina ubicada en la Planta La Calera) y el otro sólo se digitalizó de acuerdo al plano original. Los archivos digitales de ambos rodetes (datos del CAD en formato "*.stl") se usaron para simular, con el apoyo del software Quick Cast 2014®, el proceso de fundición hasta encontrar alternativas (diseño de molde en arena) que asegurasen que no hubiera rechupes, ni otros efectos negativos durante la colada. Se realizó una única colada, con la que se obtuvo una aleación de acero inoxidable martensítico, con bajo porcentaje de carbono tipo 13Cr-4Ni, conocida como ASTM A743 grado CA6NM, con un 11.12 % de Cromo (menor en 0.38 % a lo especificado en la normativa) y una adición de 5.3 % de Níquel (1.3 % mayor del sugerido por la norma), 0.0666 % de carbono (0.0066 % mayor a lo especificado por la norma) sustentado por las lecturas del espectrómetro SPECTROMAXx®. Luego de fundidos los rodetes, se realizaron 2 tratamientos térmicos post fundición a los mismos: i) Homogenizado a 1010 °C por un período de 3 horas. Luego se dejó enfriar a temperatura ambiente y al aire natural. ii) Revenido a 610 °C, por un período de 4 horas y se dejó enfriar en una cámara cerrada, con el fin de lograr una tasa de enfriamiento aproximada de 30°C/hora.

Palabras clave: Fundición en Molde de Arena, QuickCast®, Rodete, Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH), Sistema CAD, Álabe.

* Este proyecto se llevó a cabo con fondos del Ministerio de Educación a través de FIES (Fondo de Investigación de Educación Superior), la Universidad Don Bosco (UDB) y la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" (UCA) durante el período 2014-2015.

Azucena, Carlos, Blanco, Erick, Córdova, Roberto, Soderberg, Axel y Estela Díaz (2016). Plan de apoyo a talleres de metal-mecánica para construcción y reconstrucción de rodetes de turbinas hidráulicas de PCHs. Científica. Vol. 2, No 2., Época 2, pp. 209-213.

Introducción

El proyecto tuvo como fin principal potenciar el avance de las industrias de la fundición y la metal-mecánica en el país. Actualmente, se ha logrado sentar las bases con los insumos tecnológicos necesarios en la construcción y reconstrucción de rodets de turbinas para pequeñas centrales Hidráulicas (PCH).

Antes del desarrollo del proyecto, en el país nadie había fundido comercialmente acero inoxidable, principalmente porque se importa desde otras latitudes y también porque, no es parte de la oferta que el oligopolio de la industria de la fundición, ofrece al mercado en nuestro país.

Objetivo General: Desarrollar en el país la capacidad tecnológica necesaria para construir y reconstruir rodets de turbinas de hasta cinco megavatios para uso en pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH).

Metodología

I. Revisión Bibliográfica y documental, sobre el estado del arte de los procesos de fundición y la siderurgia en el país, así como detalles sobre la construcción y reparación de turbinas de pequeñas centrales hidráulicas, junto con información asociada al proceso de fundición en arena y las alternativas de Software disponibles, como apoyo a las simulaciones en procesos de fundición en arena.

II. Entrevistas, con expertos en: a) fundición y el proceso de colada en horno de Inducción, b) de construcción de moldes en arena; c) uso de equipo especializado utilizado para el control de las composiciones químicas de los aceros, durante el proceso de fundición.

III. Definición de la forma de trabajo para el proceso de fundido en el horno de inducción. Se definieron los insumos necesarios para el proceso y control, por ejemplo la arena adecuada para construir el molde, la chatarra adecuada, ferroaleaciones para el ajuste las condiciones de entorno antes, durante y después del proceso de llenado del molde.

IV. Uso de software dedicado para el apoyo del proceso. Simular el proceso de fundición de forma tal, que sus resultados sean precisos, en dar la ubicación del bebedero y mazarotas del molde que se construyó. El software usado fue el QuickCast® 2013.

V. Realizar el proceso de fundición en Hibronsa. Se utilizó el gestor de "Spark Analyzer" asociado al espectrómetro de gases, con el cual se procesó la información generada en el análisis de las muestras, que permitió el ajuste que se realizó a la composición química, en el material fundido dentro del horno de inducción. Se vertió en el molde de arena, el metal fundido con los valores definidos para ello; es decir temperatura de 1750 °C en el metal fundido y la cuchara precalentada arriba de los 1500 °C.

VI. Análisis de resultados. Se corroboró que los rodetes fundidos cumplieron con los estándares definidos por la norma ASTM, se realizó la medición en 2 espectrómetros (instalados en Hibronsa S.A de C.V. y en Corinca S.A de C.V.), además a los rodetes recién fundidos, se les midió la dureza (Rockwell C).

Resultados. Fue necesario hacer uso de un software de dibujo para levantar las mediciones, que en nuestro caso fue digitalizar los 2 rodetes de turbinas Francis, los cuales han estado en uso en las centrales Hidroeléctricas de Nahuizalco sobre el río Sesunapán (rodete a copiar), bajo administración de Sociedad Sensunapán (Sonsonate) y la otra conocida como “los chorros de la Calera” bajo administración de De Matheu Cia y Co. (Juayua, Sonsonate), de la cual se rediseño el rodete para una eficiencia del 5 % con respecto a la actual. Para el proyecto se utilizaron los siguientes Software CAD: Solid Edge ST5, versión con licencia de Siemens para utilizarse dentro de UDB. Inventor 2014, versión estudiantil de uso en UCA.

Es importante recalcar que es muy necesario tener dominio del software a utilizar y a la vez que el tal, tenga opciones para obtener al final archivos con extensión “*.stl (STereo Litography)”, necesario para el uso del software de simulación Quick Cast®, para el diseño del modelo y molde de arena en el proceso de fundición en arena.

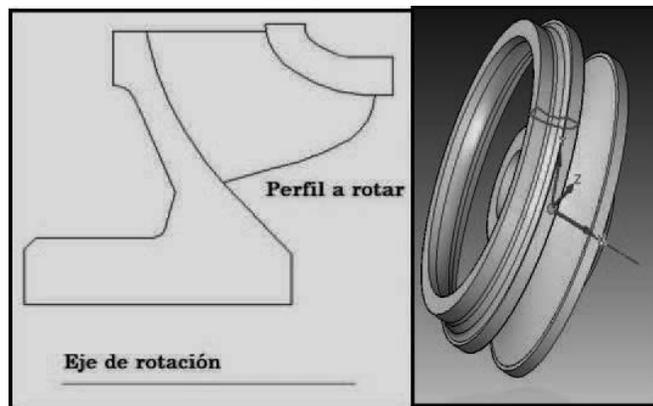


Fig.1. Perfil generador, utilizado para obtener los sólidos del modelo CAD.

La manera de calcular si la eficiencia de un rodete, está en los mejores valores posibles, es a partir del parámetro conocido como velocidad específica que se calcula con la ec. 1:

$$n_s = \frac{N\sqrt{P}}{(H)^{1.25}} = \frac{N\sqrt{P}}{(H)^{3/4}} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Así se tiene: N_s =Velocidad específica sistema métrico; N = velocidad de rotación en [rpm]; P =Potencia útil en [CV]; H = altura neta en [m]; n_s = Velocidad específica sistema internacional = 0.8576 N_s ; P =Potencia útil en [kW]; H = altura neta en [m].

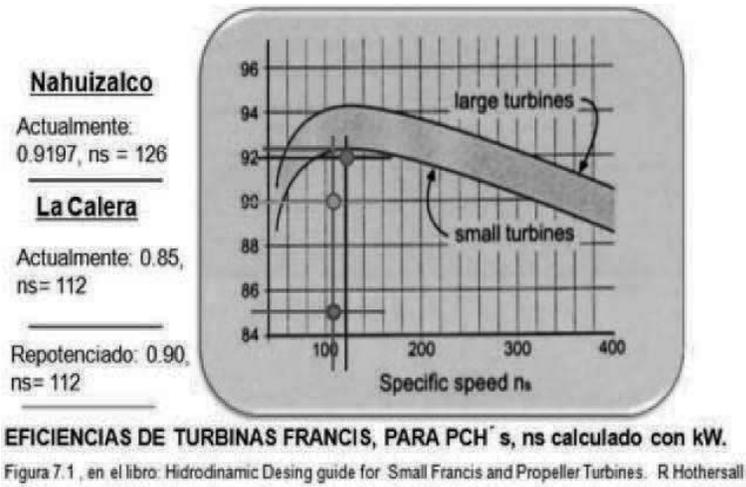


Fig. 2. Datos de placa, con las variables involucradas para la potencia de las turbinas Francis de las centrales Nahuizalco I y Chorros de la Calera. Montado sobre la figura 7.1 del libro de R. Hothersall, 2004. Pág.62.

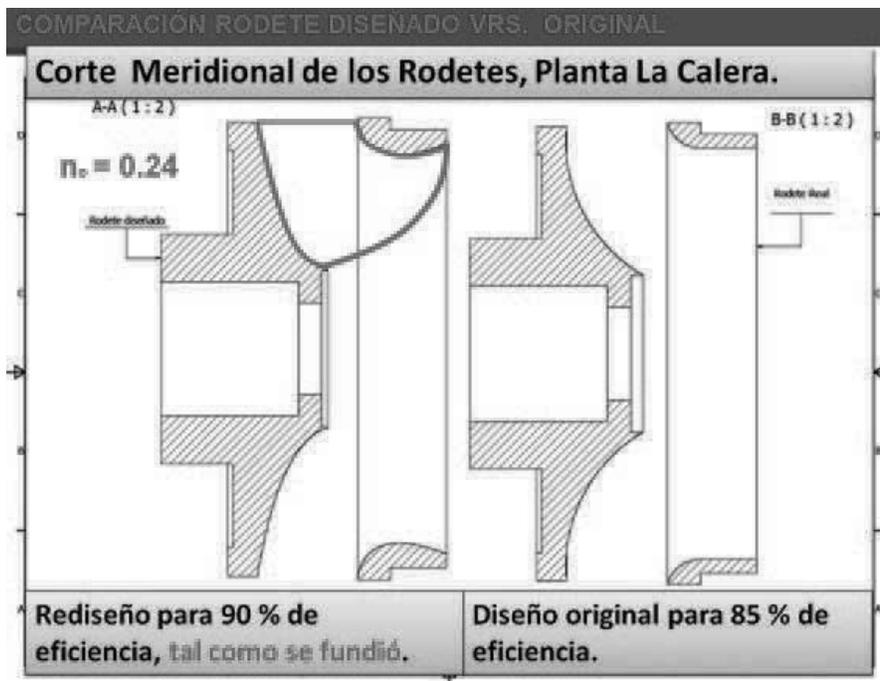


Fig. 3. Comparación entre perfiles, original y el nuevo rediseñado.

Los resultados obtenidos en el rediseño del rodete, se muestran en la Fig. 3, además se realizó una impresión con tecnología 3D para corroborar los resultados.

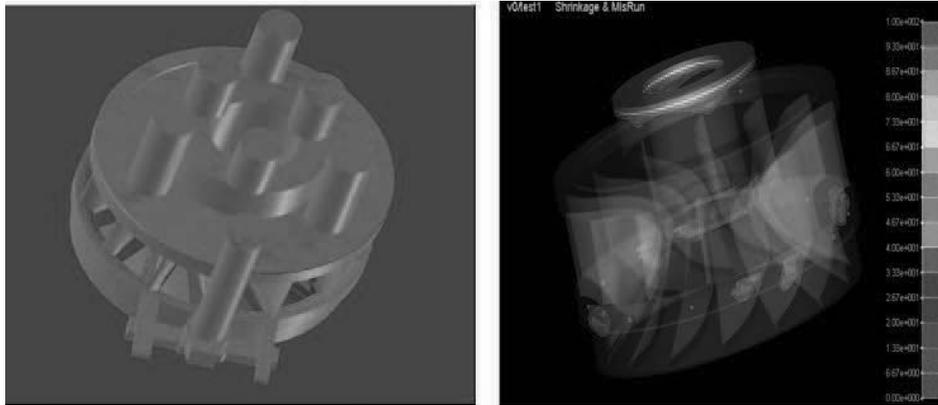


Fig.4. Sistema CAD, donde se incluye el sistema de llenado (mazarota y bebedero); a la derecha se muestra pantalla durante la simulación con QuickCast 2013, con lo cual se aseguró que en la primera ocasión a fundir, se lograra la masa adecuada para el rodete.

Referencias

- Artigas A. & Quinatoa G (2013). "Simulación de un proceso de fundición con molde de arena en QuikCast" Universidad de Zaragoza, Proyecto de fin de carrera.
- Hothersall. R. (2004). "Hydrodynamic Design Guide for Small Francis and Propeller Turbines". G. Anestis and C. Gurkok Editors. Viena, Austria.
- Mataix Claudio (2009). "Turbomáquinas Hidráulicas" Universidad Pontificia de Comillas.