

# EL EFECTO VENTURI Y SU INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO DE TURBINAS MICRO-HIDRAULICAS

## THE VENTURI EFFECT AND ITS INCIDENCE IN THE PERFORMANCE OF MICRO-HYDRAULIC TURBINES

*Luis Enrique FAUROUX<sup>(1)(2)</sup>, Jorge Esteban ETEROVIC<sup>(1)</sup>, Omar Jorge DEGAETANI<sup>(1)</sup>*

<sup>(1)</sup>Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

<sup>(2)</sup>lfauroux@unlam.edu.ar

### **Resumen:**

La degradación del medioambiente ha motivado la búsqueda de fuentes alternativas de energía. Sin embargo el costo para su obtención es por el momento uno de los puntos que obstaculiza las inversiones, más aún si se trata de baja escala. Esto nos motivó a presentar un proyecto para optimizar turbinas hidráulicas de río, de baja potencia, mediante la aplicación del efecto Venturi. Todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia. El efecto Venturi provoca una depresión aguas abajo, a la salida de la turbina, que se traduce en una succión en la turbina. Un número importante de fenómenos en mecánica de fluidos se describen mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, que establecen los efectos dinámicos de fuerzas externas aplicadas y fuerzas internas de un fluido que se asume Newtoniano. El resultado esperado es lograr un aumento en la velocidad dentro de la turbina, y por ende una optimización respecto de la configuración inicial.

### **Abstract:**

Environmental fragility has motivated the search for alternative sources of energy. However, the cost to obtain it is currently one of the points that hinders investments, especially if it is a small scale. For this reason, this group proposes to optimize hydraulic turbines, river, low power, applying the Venturi effect. Any object that gets in the way of a flow generates turbulence. The Venturi effect causes a depression

downstream, at the exit of the turbine, which results in a suction in the turbine. A significant number of phenomena in fluid mechanics are described by the Navier-Stokes equations, which establish the dynamic effects of applied external forces and internal forces of a fluid assumed to be Newtonian. The expected result is to achieve an increase in the speed inside the turbine, and therefore an optimization with respect to the initial configuration.

**Palabras Clave:** *Turbina, Hidráulica, Venturi*

**Key Words:** *Turbine, Hydraulics, Venturi*

**Colaboradores:** *Ricardo González*

## I. CONTEXTO

Este trabajo corresponde al proyecto presentado en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, (DIIT-UNLaM), en el marco del programa PROINCE, bajo el código C-2082, “Optimización de micro-hidro turbinas por aplicación del efecto Venturi”, con aplicación en energía hidráulica, del área de la ingeniería mecánica.

## II. INTRODUCCIÓN

Dado que el objetivo es optimizar el rendimiento de turbinas hidráulicas mediante la aplicación del efecto Venturi, se relevó la información correspondiente al diseño de turbinas, y la simulación del diseño. Las simulaciones fueron realizadas en un entorno de desarrollo integrado de alto nivel para resolución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales mediante elementos finitos. Contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado. La implementación domiciliaria puede ser inicialmente costosa, por lo que se propone la implementación en barrios cerrados y/o clubes ribereños, ya que este tipo de locaciones poseen necesidades de iluminación nocturna cuyos servicios podrían ser sostenidos por la producción de turbinas de baja potencia, dependiendo de la cantidad del suministro requerido. El cálculo de la cantidad de turbinas dependerá del requisito, pero el período de amortización dependerá de los costos.



Figura 1. Instalación múltiple de Micro Turbinas

Actualmente se producen y comercializan turbinas hidráulicas de alrededor de ochenta (80) centímetros de diámetro que entregan una potencia de, aproximadamente, un (1) kW. Estas turbinas tienen un costo aproximado de u\$s 2.000, más los costos de importación. Estas turbinas son sumergidas, a corriente, en ríos cuya velocidad se encuentre por encima de los 0,6 m/s. La dimensión de la turbina entonces es, indirectamente, una función de la velocidad del curso de agua y la profundidad del cauce.



Figura 2. Instalación de Micro Turbinas en ríos

**El efecto Venturi:** la reducción del diámetro de un ducto por el que circula un fluido, provocará una pérdida de presión, debido al aumento la velocidad causado por la restricción.

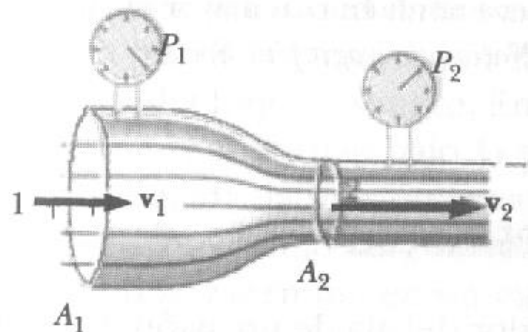


Figura 3. Esquema del efecto Venturi

Bajo ciertas condiciones, si el incremento de velocidad es considerable, pueden alcanzarse presiones negativas, siendo posible lograr la succión del fluido si se añade,

en este punto, un segundo tubo. La aplicación más conocida de este efecto es la medición de la velocidad de fluidos. Los sensores con este fin se basan en medir la velocidad antes de la restricción, y la diferencia de presiones generada por la misma. Otras aplicaciones consisten en aumentar la velocidad del fluido forzándolo a circular por un tubo estrecho con el extremo en forma de cono.

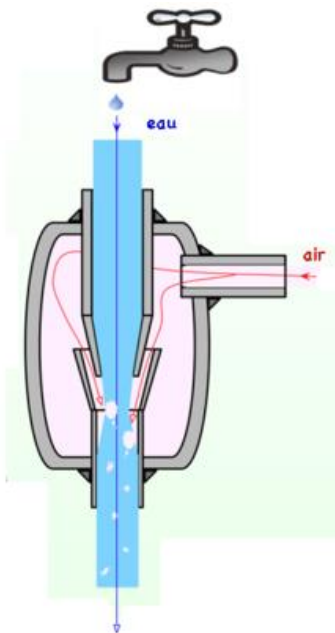


Figura 4. Trampa de Vacío - Succión por efecto Venturi

Estos modelos se utilizan en numerosos dispositivos, como las trampas de vacío (Figura 4), u otros en los es importante la velocidad, como el carburador de motor de combustión. Un inconveniente que puede presentarse es la cavitación. Al igual que en bombas centrífugas, si la presión en algún punto es menor que la presión de vapor del fluido, éste cambiará de estado (vaporización). En este caso, el riesgo de cavitación se encuentra en el estrechamiento. En este punto, al reducirse el área y aumentar la velocidad, es posible alcanzar una presión menor a la presión de vapor. Este fenómeno genera burbujas puntuales, que se transportan por el conducto. En el caso de las bombas centrífugas, pierden la capacidad de bombear, en el caso de un tubo, al llegar a zonas de mayor presión, son capaces de producir así

picos de presión, y en consecuencia, existe la posibilidad de debilitar el tubo.

En el contexto de este trabajo, la hipótesis es que todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia. Esta turbulencia actúa como un efecto “tapón” que dificulta el ingreso del fluido a la turbina. La depresión aguas abajo de la salida de la turbina, que el efecto Venturi provoca, se traduce en una succión en la turbina. Esta succión disgrega el “tapón” y consigue una mayor velocidad de paso por la turbina, la consecuencia de estos hechos es el aumento de la producción de energía.

### III. MARCO TEORICO

Un número importante de fenómenos en mecánica de fluidos se describen mediante las ecuaciones de Navier-Stokes. Establecen los efectos dinámicos de fuerzas externas aplicadas y fuerzas internas de un fluido que se asume Newtoniano. Las fuerzas internas se producen a causa de la presión y la viscosidad del fluido [1]-[2].

El contorno del dominio del fluido se asume una superficie cerrada y suficientemente regular. Así, el flujo dependiente del tiempo de un fluido viscoso e incompresible está gobernado por el balance de momentos [3]. Debido al hecho de que en un continuo incompresible la velocidad de cambio de la densidad de masa siguiendo el movimiento es cero. El problema de Navier-Stokes debe completarse con condiciones iniciales y de contorno, típicamente consiste en asignar un valor de velocidad a una porción del contorno. No se requiere condiciones iniciales para la presión del fluido, esto es a causa de que no hay derivada de tiempo. En condiciones de Dirichlet en todo el contorno, la presión está presente mediante su gradiente, y así está determinada solo hasta una constante arbitraria. En este caso, es usual imponer la presión promedio o el valor de la presión en un punto para definir de manera única el campo de presión [3]-[4].

Es común en computación fluido dinámica proveer una foto de un campo de flujo dibujando una familia de líneas de corriente. En el contexto de elementos finitos, los contornos de líneas de corriente son obtenidos integrando numéricamente a lo largo de los lados de los elementos, o bien, a través de la solución de una ecuación de Poisson [5]-[6].

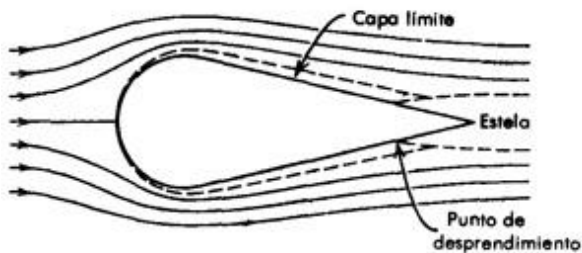


Figura 5. Flujo sobre un objeto fusiforme

Por otro lado, los costos de la energía han aumentado en estos últimos años, lo que permite augurar soluciones con períodos de amortización aceptables.

#### Herramientas informáticas:

Las simulaciones serán realizadas sobre una plataforma de código abierto, y un entorno de desarrollo integrado de alto nivel para resolución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, mediante elementos finitos [7]. Contiene algoritmos de estabilización y generador de malla automatizado [8]-[9].

#### IV. METODOLOGIA

La metodología propuesta por el equipo consiste, en primera instancia, en relevar la bibliográfica existente acerca de la problemática y el diseño, esto obedece a la necesidad de analizar las características de una turbina de mercado. De esta forma es posible seleccionar las características de aquellas turbinas a las que se le pueda aplicar la mejora, modelizar el comportamiento, y

adaptar la propuesta a las disponibilidades. La segunda etapa abarca el montaje de la propuesta sobre la turbina, el análisis del entorno de prueba, y la búsqueda y selección de la localización donde se realizarán los ensayos. La importancia radica en satisfacer los requisitos mínimos para el funcionamiento de la turbina, para lo que se necesita realizar análisis y medición las características del flujo, el estudio de las instalaciones disponibles, y de las instalaciones auxiliares a implementar. Una vez instalado el prototipo se continua con la medición de las variables de comprobación y el análisis de resultados, en el marco del ciclo de proceso de mejora continua: implementación, medición, nueva propuesta.

#### V. RESULTADOS Y OBJETIVOS

Esta investigación busca lograr la optimización en el rendimiento de una turbina hidráulica mediante la aplicación del efecto Venturi.

Los objetivos específicos son aumentar la velocidad de flujo dentro de la turbina, y obtener mayor potencia de la turbina. Para ello se relevará la información correspondiente al diseño de turbinas y la simulación del diseño.

Tabla 1 – Especificaciones de la micro turbina de referencia

Datos	Parámetros técnicos
generador de potencia nominal	0.6KW
generador de potencia de salida máximo	12KW
objetivo actual velocidad	0.6 m/s-2.5m/s
mínimo ancho de vía fluvial	No menos de 900mm
bajo nivel de agua	No menos de 500mm
la capacidad del inversor	monofásico 100V-500VA
peso del cuerpo principal de la turbina y tamaño	37 kg; W800mm x D820mm x H1450mm

Al mismo tiempo, se buscará la mejor relación precio-calidad, entre los distintos oferentes de mercado. Resto

de actividades: formales en cuanto a la dirección, coordinación, análisis de resultados, conclusiones, reprogramación de actividades, puesta en marcha y funcionamiento del proyecto de investigación.

La misma permitirá que los usuarios beneficiados puedan obtener una mayor prestación por un bajo costo de inversión de la mejora.

En lo que respecta a la transferencia hacia actividades de docencia, los conocimientos adquiridos aplican a las materias: “Mecánica de los fluidos”, y “Termodinámica” de la carrera de Ingeniería Mecánica. Además la adquisición de nuevos procedimientos y metodologías que permitirán una transferencia directa a las clases experimentales de laboratorio.

El proyecto espera obtener un producto respetuoso del medio ambiente. Los beneficiarios en este sentido serán tanto la población involucrada en el emprendimiento como la de aquella que habite en las proximidades del mismo.

## **VI. DISCUSIÓN**

Esta investigación desarrolla una optimización en el rendimiento de una turbina micro-hidráulica. La misma permitirá que los usuarios beneficiados puedan obtener una mayor prestación por un bajo costo de inversión de la mejora. Las turbinas existentes en el mercado poseen una velocidad requerida mínima de 0,6 m/s. Por este motivo, se sugiere evitar locaciones donde el caudal fluvial pueda verse afectado por fenómenos como por ejemplo sudestada, o similar, habida cuenta de la intención de mantener una generación sostenida de energía. Esto permite inferir, entonces, que los resultados podrían beneficiar a las administraciones de barrios cerrados y clubes ribereños que cumplan con estas características. Para estas entidades es importante poder disponer de fuentes alternativas de energía con el objeto de disminuir la demanda sobre el suministro de red. Esta investigación espera entonces, desarrollar un

sistema que permita la generación de energía limpia que pueda ser utilizada para la iluminación de espacios comunes, calles, etc.

## **VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA**

- [1] L. D. Landau, E. M. Lifshitz. Fluids Mechanics. Pergamon Press, 1987.
- [2] Ralnd V. Giles. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. MacGraw-Hill, 2nd Ed, Serie Schaum.
- [3] J. Donea, A. Huerta. Finite Element Method for Flow Problems. John Wiley & Sons Ltd., 2003.
- [4] O. C. Zienkiewics, R. L. Taylor. The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics. Butterworth-Heinmann, 5th edición, 2000.
- [5] O.C. Zienkiewics, R. L. Taylor. The Finite Element Method, The Basis. Butterworth-Heinmann, 5th edición, 2000.
- [6] R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot. Fenómenos de transporte. Segunda edición. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Wisconsin-Madison, 2006.
- [7] Adrián Lozano Durán. Notas sobre Dinámica de Fluidos Computacional. 2014.
- [8] C. Hirsch Numerical Computation of Internal and External Flows. The Fundamentals of Computational Fluid Dynamics. Butterworth-Heinemann. 2007.
- [9] J. L. Hennessy and D. A. Patterson Computer Architecture, Fifth Edition: A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann. 2007.

**Recibido:** 2018-06-04

**Aprobado:** 2018-06-15

**Datos de edición:** Vol. 3 - Nro. 1 - Art. 1

**Fecha de edición:** 2018-07-31

**URL:** <http://www.reddi.unlam.edu.ar>