



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

**Departamento:**

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

**Programa de acreditación:**

**PROINCE**

**Programa de Investigación<sup>1</sup>:**

**Código del Proyecto:**

C-228

**Título del proyecto**

Análisis de micro hidro turbinas tipo Gorlov

**PIDC:**

**Elija un elemento.**

**PII:**

**Elija un elemento.**

**Director del proyecto:**

*ETEROVIC, Jorge Esteban*

**Co-Director del proyecto:**

*FAUROUX, Luis Enrique*

**Integrantes del equipo:**

*PIRKER, Elizabeth Silvia*

*DEGAETANI, Omar J.*

*GONZALEZ, Ricardo*

**Investigador Externo:**

*RINALDI, Pablo*

**Alumnos:**

*Capeans, Mariano E.*

*Moscato, Néstor A.*

*Vázquez, Juan P.*

**Resolución Rectoral de acreditación: N° 255/20**

**Fecha de inicio: 01/01/2020**

**Fecha de finalización: 31/12/2021**

---

<sup>1</sup> Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15 sobre **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación a desarrollarse en la Universidad Nacional de La Matanza**. Consultar en el departamento académico correspondiente la inscripción del proyecto en un Programa acreditado.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## A. Desarrollo del proyecto (adjuntar el protocolo)

### A.1. Grado de ejecución de los objetivos inicialmente planteados, modificaciones o ampliaciones u obstáculos encontrados para su realización (desarrolle en no más de dos (2) páginas)

El proyecto se completó conforme a lo propuesto en el plan de trabajo, con algunas adaptaciones motivadas al aumento de precios registrado durante todo el 2021. Los gastos se han podido deducir en el global del proyecto, aunque distribuidos en consonancia al cambio de fechas en la organización de los eventos (CADI y CAIM 2020), y a la realización de los trabajos de campo, los que se vieron afectados a la problemática de la pandemia COVID-19 durante el período 2020-2021.

Durante el período correspondiente al año 2020, se realizó la búsqueda bibliográfica, el análisis de las variables de diseño y dimensionamiento, planos tentativos, simulación y construcción del prototipo en un grado de avance del 70%, que se completara en 2021.

Se probó el prototipo en diciembre 2021, momento en el que se pudo corroborar la factibilidad de la propuesta, aunque se observaron problemáticas de diseño que se pueden salvar y que darán lugar a la continuación del proyecto, para la que se considerará la problemática sanitaria ya citada. Asimismo se realizó el seguimiento de los alumnos integrantes, los que se desempeñaron favorablemente a pesar de las dificultades mencionadas respecto al COVID-19.

## B. Principales resultados de la investigación

### B.1. Publicaciones en revistas (informar cada producción por separado)

Artículo 1:	
Autores	<i>Jorge Esteban Eterovic, Luis E. Fauroux, Pablo Rinaldi, Omar J. Degaetani, Ricardo González</i>
Título del artículo	<i>Optimización de micro hidro turbinas por aplicación del efecto Venturi</i>
N° de fascículo	
N° de Volumen	
Revista	<i>Avances</i>
Año	<i>2020</i>
Institución editora de la revista	<i>UNLaM</i>
País de procedencia de institución editora	
Arbitraje	
ISSN:	<i>2422-7773</i>
URL de descarga del artículo	<i><a href="https://www.revistaavances.com.ar/">https://www.revistaavances.com.ar/</a></i>
N° DOI	



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## B.2. Libros

Libro 1	
Autores	
Título del Libro	
Año	
Editorial	
Lugar de impresión	
Arbitraje	Elija un elemento.
ISBN:	
URL de descarga del libro	
N° DOI	

## B.3. Capítulos de libros

Autores	
Título del Capítulo	
Título del Libro	
Año	
Editores del libro/Compiladores	
Lugar de impresión	
Arbitraje	Elija un elemento.
ISBN:	
URL de descarga del capítulo	
N° DOI	

## B.4. Trabajos presentados a congresos y/o seminarios

Autores	<i>Jorge Esteban Eterovic 1, Luis E. Fauroux, Pablo Rinaldi 2, Omar J. Degaetani, Ricardo González</i>
Título	<i>ANALISIS DE MICROTURBINAS HIDRAULICAS ECONOMICAS TIPO GORLOV</i>
Año	<i>2020</i>
Evento	<i>Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica</i>
Lugar de realización	<i>San Nicolás</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>Septiembre 2021</i>
Entidad que organiza	<i>FoDAMI</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i><a href="https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/issue/view/35">https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/issue/view/35</a></i>



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

Autores	<i>Fauroux, Luis E.; Degaetani, Omar J.; Gonzalez, Ricardo</i>
Título	<i>Comparativa entre la distribución vertical y horizontal de turbinas tipo Gorlov</i>
Año	<i>2020</i>
Evento	<i>Congreso Argentino de Ingeniería</i>
Lugar de realización	<i>Ciudad de Buenos Aires</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>Octubre 2021</i>
Entidad que organiza	<i>CONFEDI</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i>URL Pendiente; ISBN: 978-987-88-1872-6</i>

#### B.5. Otras publicaciones

Autores	<i>Jorge Esteban Eterovic, Luis E. Fauroux</i>
Año	<i>2021</i>
Título	<i>Avanzan en el desarrollo de turbinas para abastecer de electricidad a comunidades del norte del país</i>
Medio de Publicación	<i>El1 Digital</i>

**C. Otros resultados. Indicar aquellos resultados pasibles de ser protegidos a través de instrumentos de propiedad intelectual, como patentes, derechos de autor, derechos de obtentor, etc. y desarrollos que no pueden ser protegidos por instrumentos de propiedad intelectual, como las tecnologías organizacionales y otros. Complete un cuadro por cada uno de estos dos tipos de productos.**

C.1. Títulos de propiedad intelectual. Indicar: Tipo (marcas, patentes, modelos y diseños, la transferencia tecnológica) de desarrollo o producto, Titular, Fecha de solicitud, Fecha de otorgamiento

Tipo	Titular	Fecha de Solicitud	Fecha de Emisión

C.2. Otros desarrollos no pasibles de ser protegidos por títulos de propiedad intelectual. Indicar: Producto y Descripción.

Producto	Descripción

**D. Formación de recursos humanos. Trabajos finales de graduación, tesis de grado y posgrado. Completar un cuadro por cada uno de los trabajos generados en el marco del proyecto.**

D.1. Tesis de grado

Director (apellido y nombre)	y	Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

#### D.2 Trabajo Final de Especialización

Director (apellido y nombre)	y Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del Trabajo Final

#### D.2. Tesis de posgrado: Maestría

Director (apellido y nombre)	y Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

#### D.3. Tesis de posgrado: Doctorado

Director (apellido y nombre)	y Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

#### D.4. Trabajos de Posdoctorado

Director (apellido y nombre)	y Posdoctorando (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del trabajo	Publicación

#### E. Otros recursos humanos en formación: estudiantes/ investigadores (grado/posgrado/ posdoctorado)

Apellido y nombre del Recurso Humano	Tipo	Institución	Período (desde/hasta)	Actividad asignada <sup>2</sup>
Capeans, Mariano E.	Alumno	UNLaM	01/01/2020 – 31/12/2021	Análisis de escenarios Formulación y propuesta Evaluación técnico Financiera. Armado del Prototipo
Moscato, Néstor A.	Alumno	UNLaM	01/01/2020 – 31/12/2021	Análisis de escenarios Formulación y propuesta Evaluación técnico Financiera. Armado del Prototipo
Vázquez, Juan P.	Alumno	UNLaM	01/01/2020 – 31/12/2021	Análisis de escenarios Formulación y propuesta Evaluación técnico Financiera. Armado del Prototipo

<sup>2</sup> Descripción de la/s actividad/es a cargo (máximo 30 palabras)



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

**F. Vinculación<sup>3</sup>:** Indicar conformación de redes, intercambio científico, etc. con otros grupos de investigación; con el ámbito productivo o con entidades públicas. Desarrolle en no más de dos (2) páginas.

El proyecto mantiene vinculación con la Universidad Nacional de Los Comechingones a través de un investigador externo quién realiza las tareas de simulación. Por otra parte, también se halla vinculado a la Universidad Nacional de Misiones, provincia donde se probó el prototipo, y universidad a la que se le propuso la transferencia.

**G. Otra información. Incluir toda otra información que se considere pertinente.**

---

<sup>3</sup> Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores y confeccionados “a medida” de sus contrapartes.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

- FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (si corresponde)
- FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (si corresponde)
- FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.
- FPI-035: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto.
- Nota justificando baja de integrantes del equipo de investigación.

.....  
Firma del Director

Mg. Eterovic, Jorge E.

Lugar y fecha: San Justo, 10 de febrero de 2022



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## H. Cuerpo de anexos:

### • ANEXO I

Actualmente no se encuentra disponible la información en línea del estado de las evaluaciones



#### “Comparativa entre la distribución vertical y horizontal de turbinas tipo Gorlov”

Eterovic, Jorge E.<sup>1</sup>, Fauroux, L. E.<sup>1</sup>, Rinaldi, P.<sup>2</sup>, Degaetani, O. J.<sup>1</sup>, González, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Depto de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – UNLaM

<sup>2</sup> Dpto. de Cs. Ambientales y Gestión del agua. Universidad Nac. de Los Comechingones.  
lfauroux@unlam.edu.ar

#### Resumen

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro una línea de investigación sobre la aplicación del efecto Venturi en general. La primera etapa consistió en la simulación de micro turbinas hidráulicas std en gabinetes no std, y en una segunda etapa montadas en gabinetes de geometría simple. Ambos trabajos de desarrollo teórico, dadas las dificultades para poder acceder e implementar una turbina de esas características en ríos de llanura, debido a la velocidad de los mismos. En este sentido se modeló, comparativamente, la disposición vertical y horizontal de turbinas tipo Gorlov, con el objeto de decidir la más conveniente, en estos casos. Las comparaciones se realizaron en base a la velocidad y la presión del flujo encauzado en un caño de alcantarilla, teniendo en cuenta las ecuaciones de Navier Stokes. Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua. Si el curso de agua, sobre el que se colocan, es de régimen permanente o con fluctuaciones dentro de sus especificaciones, entonces serán una fuente continua de electricidad.

#### Abstract

Se deberá incluir una versión en inglés del resumen.

**Palabras Claves:** Turbina, Hidráulica, Gorlov

#### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata de la comparación entre las distribuciones vertical, y horizontal, de microturbinas tipo Gorlov, montadas dentro de un caño de alcantarilla (geometría simple), con el objeto de aprovechar el efecto Venturi. El proyecto, en el que se basa la investigación, vincula a la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), La Universidad Nacional de Los Comechingones, y la Universidad Nacional de Misiones

La Universidad Nacional de La Matanza y la Universidad Nacional de Misiones, ya realizan investigaciones al respecto en esta área geográfica utilizando caídas naturales para brindar energía a pequeñas comunidades locales, por lo que se les propuso continuar las investigaciones utilizando el flujo horizontal.

Existen, en Misiones, pequeñas localidades, o asentamientos de bajos recursos, que no disponen de suministro eléctrico. En este contexto, se tomó como base la localidad de El Soberbio como punto de referencia para el relevamiento geográfico e hídrico.



Figura 1 – El Soberbio, Misiones – Mapa hídrico

La implementación de microturbinas hidráulicas es una alternativa evaluada, para la obtención de energía limpia, en pequeña, y bajo costo. La eficiencia de una turbina es afectada por la turbulencia que se genera a su entrada, la que actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido, y depende de la velocidad del curso. El montaje dentro de un tubo de alcantarilla busca aprovechar el efecto Venturi, vale decir provocar una caída de presión aguas abajo, produciendo la succión dentro del tubo, la disgregación del “tapón”, obteniendo como consecuencia, el incremento en la velocidad de paso. La dimensión de la turbina entonces,





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



queda intimamente ligada a la velocidad del flujo, y la profundidad de su cauce, para garantizar su llenado y la succión en la instalación. El beneficio de esta implementación es una mejor relación costo-beneficio en la producción de energía, en lugares que carecen del servicio.

### DESARROLLO

Los fenómenos en mecánica de fluidos pueden ser descriptos mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, y las simulaciones serán realizadas en FreeFem++, entorno de desarrollo integrado de alto nivel para resolución de ecuaciones diferenciales mediante elementos finitos, contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado, y visualizadores propios. Las Figura 2 corresponde a la modelización del flujo en una cañería

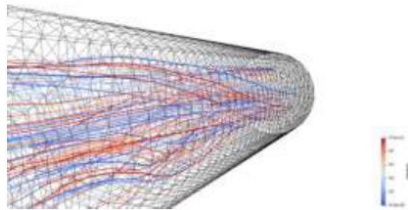


Figura 2 – Flujo en cañería

Con el objeto de estudiar y mejorar la eficiencia, se dio participación en el equipo de investigación a la Universidad Nacional de Los Comechingones, quienes poseen experiencia y conocimiento acerca del flujo mediante simulación FEM (Finite Element Method). Así, este equipo integrado, resolvió utiliza gabinetes exteriores de geometría simple, como caños alcantarilla, tubos rectos, o cónicos, fácilmente adquiribles en mercado, dentro de los cuales montar una turbina tipo Gorlov.

Así es que se decidió comparar la variante tradicional de las turbinas Gorlov verticales, respecto de una disposición similar al de ciertas turbinas eólicas, montadas en forma horizontal.

Inicialmente, en las Figura 3 se presenta el montaje de una turbina de este tipo, y el problema de esta disposición. Todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, y el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga.

Como es de esperar, todo equipo tiene especificaciones técnicas, siendo relevantes para este proyecto sus dimensiones físicas, y la velocidad mínima requerida por parte de la vía fluvial.

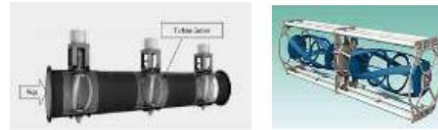


Figura 3 – Disposición de una turbina tipo Gorlov

Los parámetros de comparación modelados son la presión y la velocidad, la dificultad encontrada es que la provincia de Misiones está sufriendo una sequía importante durante el año 2020, lo que se traduce en bajas profundidades, y bajos caudales, lo que redundará en bajas velocidades. Por este motivo, es difícil encontrar un punto de equilibrio entre la energía potencialmente extraíble y el suministro requerido. Sucede que para aumentar la producción de energía es necesario aumentar la impedancia de la turbina, o sea su "resistencia al flujo", lo que hace que en estas condiciones disminuya considerablemente la velocidad en turbina, respecto la velocidad del flujo de agua, y por lo tanto su rendimiento.

Los parámetros de modelización son los que se presentan en la Tabla 1, las diferencias en el dimensionamiento obedecen únicamente a la disposición de las turbinas.

Tabla 1. Especificaciones para la modelización de micro turbina tipo Gorlov

I. Datos	II. Disposición Horizontal	III. Disposición Vertical
Diámetro del flujo	80 cm	80 cm
Largo de la turbina	100 cm	60 cm
Diámetro de la turbina	32 cm	20 cm
Ancho de paleta	7.2 cm	4.4 cm
Reynold	45000	45000
Velocidad de entrada	1 m/s	1 m/s
Largo total	3 m	3 m

En la Figura 4, se presenta la manera en que se simuló cada montaje, quedando supeditados a las velocidades que puedan medirse en los cursos fluviales de la zona esperando a que se



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

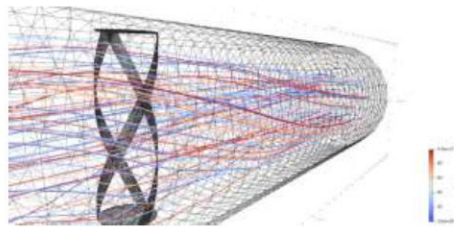


normalicen sus caudales. Simultáneamente, e independientemente de las simulaciones teóricas, se realizaron todas las investigaciones respecto a la factibilidad del diseño y dimensionamiento de un prototipo real, el método de para su anclaje, y la forma de protección.

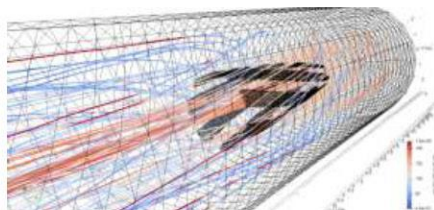


**Figura 4 – Planteo de las modelización de la turbina tipo Gorlov, según su montaje**

Cabe destacar que, en estas simulaciones previas, sobre turbinas std, los resultados arrojaron el éxito del efecto Venturi, y así fueron ajustándose tanto el espaciado entre turbina y carcasa, longitudes de los bordes de ingreso, y egreso de la carcasa externa. De ese modo, y utilizando los conceptos mencionados, se realizan simulaciones sobre un tubo de alcantarilla.



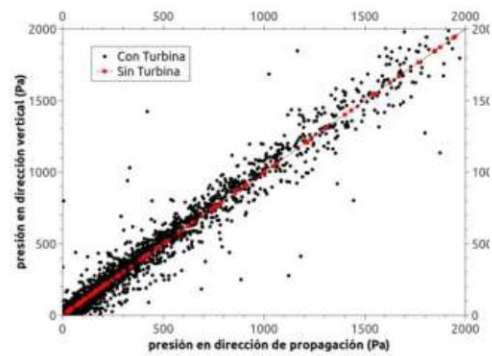
**Figura 5 – Líneas de Flujo a través en distribución vertical**



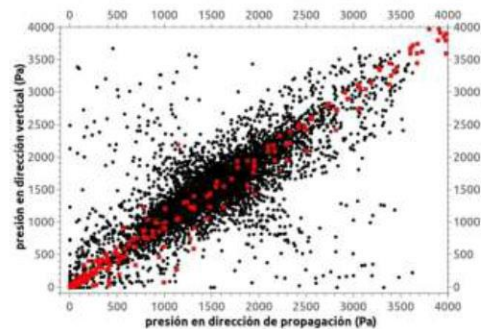
**Figura 6 – Líneas de Flujo a través en distribución horizontal**

## RESULTADOS

Cabe destacar que, en ejecuciones previas, fueron ajustándose tanto el espaciado entre la turbina y la carcasa, como las longitudes de los bordes de ingreso, y egreso. Se corroboró la evolución de la presión, a los efectos de constatar la mejor distribución, no es menor recordar que para una turbina la variable de diseño es la velocidad del flujo



**Figura 7 – Modelización de la presión en una turbina tipo Gorlov vertical**

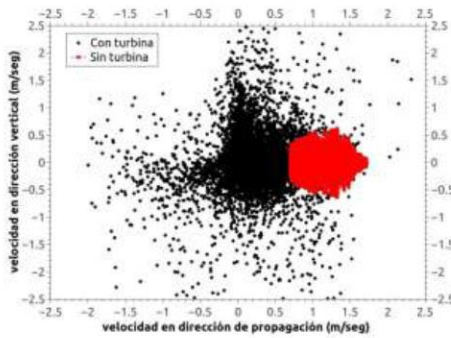


**Figura 8 – Modelización de la presión en una turbina tipo Gorlov horizontal**

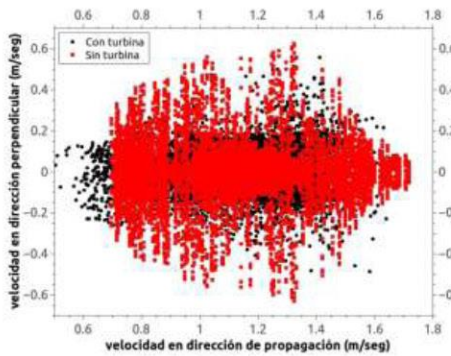
Así, y utilizando los conceptos mencionados, se realizaron simulaciones se simularon las velocidades considerando la disposición de la turbina.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



**Figura 9 – Modelización de la velocidad en una turbina tipo Gorlov vertical**



**Figura 10 – Modelización de la velocidad en una turbina tipo Gorlov horizontal**

## CONCLUSIONES

Los gráficos de presión (Figuras 7 y 8), y los de velocidad (Figuras 9 y 10) muestran, en primer lugar, el aumento de la resistencia dentro del tubo, esto implica que la obtención de potencia es directamente proporcional a la velocidad del flujo. Cabe tener en cuenta, entonces que aumentar la impedancia de la turbina, a los efectos de obtener mayor potencia, provocaría el efecto "tapón" en la entrada de la turbina, disminuyendo así el flujo dentro de la instalación. Si bien el efecto Venturi actúa como un paliativo en este sentido, es necesario evaluar la profundidad en la que se dispondrá. También se observa que la disposición horizontal, presenta menor resistencia en el sentido de propagación y menor dispersión vertical, lo que la convierte en la mejor opción, ya

que permitiría una mayor impedancia de la turbina, y mejor relación de presiones. El flujo ordenado es consistente con el aprovechamiento del Venturi generado por la masa de agua que circula por fuera de la turbina, aumentando la velocidad en la tubuladura de montaje y la turbina.

Se espera poder disponer de turbinas de bajo costo con capacidad de alimentar iluminación básica en zonas sin acceso a la red troncal, maximizando su eficiencia mediante la aplicación del efecto Venturi, aunque es necesario recalcar que el procedimiento no aumenta las prestaciones máximas de las turbinas en análisis, sino que minimiza el efecto negativo de las bajas velocidades, y las turbulencias del flujo de alimentación, por lo que es más acertado referirse al concepto de eficiencia.

La ventaja principal de las turbinas tipo Gorlov, sobre el resto, es el costo inicial de inversión, y la simpleza de su armado, su desventaja radica en el menor rendimiento ante las mismas velocidades de flujo. Este tipo de turbinas es muy sensible a la velocidad del cauce, ya que no está dispuesta en un dique aprovechando el salto de agua. Esto quiere decir que también está limitado a la profundidad del lecho, y su alcance de provisión es sólo para pequeñas comunidades ribereñas. Asimismo, ha de tenerse en cuenta que una instalación de este tipo debe contemplar la posibilidad de objetos tales como ramas, troncos, camalotes, etc. que provocarían daños potenciales en la turbina, de ahí también la importancia de la profundidad o la cercanía a la costa.

Es así, que la decisión en este sentido debe considerar las necesidades, disponibilidad del recurso hídrico, capacidad de amortización, de logística, y de gestión, etc., de las que dispongan los beneficiarios.

## REFERENCIAS

- [1] del Pino, S., Maury, B. (2007); *2D/3D turbine simulations in freefem ++*, PROCEEDINGS of Numerical Analysis and Scientific Computing for PDEs and Their Challenging Applications, CIMNE, Barcelona, Spain.
- [2] Lefebvre, A. (2007). Fluid-particle simulations with freefem++, ESAIM: PROCEEDINGS. Vol. 18, pp120-132.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



- [3] Donea, J. and Huerta, Antonio. (2003). Finite Element Method for Flow Problems. John Wiley & Sons Ltd.
- [4] Zienkiewics, O. C. and Taylor, R. L. (2000) The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics. Ed. Butterworth-Heinmann, 5th edición.
- [5] Achdou, Y., Guemond; J.L. (2000) Convergence Analysis of a finite element projection/Lagrange-Galerkin method for the incompressible Navier Stokes equations. SIAM J. Numer. Anal. 37, no. 3, 799–826.
- [6] Battiner, A.; Kießling, A.; Kompe, R.; Niemann, H.; Nöth, E. (1997). Tempo and its Change in Spontaneous Speech. Proc. of the 5th European Conference on Speech Communication and Technology, 2, 763-766.
- [7] Eterovic, J. E.; Fauroux, L.; Degaetani, O.; Gonzalez, R. (2018) Aplicación teórica del efecto Venturi en micro turbinas hidráulicas. En VI Congreso Argentino de Ingeniería mecánica. Tucumán.
- [8] Fauroux L. E., Rinaldi, P., Eterovic, J. E. (2019) Simulación del efecto Venturi en una microturbina hidráulica montada en gabinetes de geometría simple. X Congreso Argentino de Ingeniería Química CAIQ2019 - 100 años de Ingeniería Química en Argentina y Latinoamérica. Asociación Argentina de Ingenieros Químicos (AAIQ). Santa Fe.
- [9] Fauroux, L. E.; Eterovic, J. E.; Degaetani, O. J. (2018). El efecto Venturi y su incidencia en el rendimiento de turbinas micro-hidráulicas. Revista Digital del Departamento de Ingeniería, 3 num.1, 1 - 7. San Justo (Buenos Aires).



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

**De:** AREA C Energía y Medio Ambiente <[area.c.caim2020@gmail.com](mailto:area.c.caim2020@gmail.com)>

**Enviado:** jueves, 3 de diciembre de 2020 8:37

**Para:** JORGE ETEROVIC <[eterovic@unlam.edu.ar](mailto:eterovic@unlam.edu.ar)>

**Cc:** CONSULTAS CTC CAIM2020 <[ctc.caim2020@gmail.com](mailto:ctc.caim2020@gmail.com)>; Nancy Quaranta <[nquaranta@frsn.utn.edu.ar](mailto:nquaranta@frsn.utn.edu.ar)>

**Asunto:** Evaluación TC #765 Análisis de microturbinas hidráulicas...

Estimado Ing. Jorge E. Eterovic

Desde el Área C - Energía y Medio Ambiente nos complace comunicarle que luego de la revisión de su Trabajo Completo **#765 Análisis de microturbinas hidráulicas económicas tipo Gorlov**, el mismo ha sido **aprobado con modificaciones menores** para los anales del CAIM-CAIFE 2020.

Las modificaciones solicitadas se describen a continuación:

*Explicar donde fue colocada la turbina, en que curso, características del curso de agua, en laboratorio, características del canal. Explicar Metodología*

Esperamos su devolución.

Agradecemos su interés en participar del Congreso.

Cordialmente.

Área C - VII CAIM - II CAIFE



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## ANÁLISIS DE MICROTURBINAS HIDRAULICAS ECONOMICAS TIPO GORLOV

Jorge Esteban Eterovic<sup>1</sup>, Luis E. Fauroux, Pablo Rinaldi<sup>2</sup>, Omar J. Degaetani, Ricardo González

<sup>1</sup> Depto de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza  
Florencio Varela 1905, San Justo, Buenos Aires, Argentina  
correo-e: eterovic@unlam.edu.ar.

<sup>2</sup> Dpto. de Cs. Ambientales y Gestión del agua. Universidad Nac. de Los Comechingones.  
Héroes de Malvinas s/n, Villa de Merlo, San Luis, Argentina.

### RESUMEN

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro una línea de investigación sobre la aplicación del efecto Venturi en general. La primera etapa consistió en la simulación de micro turbinas hidráulicas std en gabinetes no std, y en una segunda etapa montadas en gabinetes de geometría simple. Ambos trabajos de desarrollo teórico, dadas las dificultades para poder acceder e implementar una turbina de esas características en ríos de llanura, debido a la velocidad de los mismos. Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua. Si el curso de agua, sobre el que se colocan, es de régimen permanente o con fluctuaciones dentro de sus especificaciones, entonces serán una fuente continua de electricidad. Se trata de dispositivos simples, de baja potencia. El presente trabajo tomó aquellas de hasta 1 kw. Si bien existen, en el mercado, algunas que alcanzan los 6 kw, éstas tienen un diámetro considerablemente mayor, lo que implica mayor requisito en la profundidad del cauce, restringiendo los posibles beneficiarios.

**Palabras Claves:** Turbina, Hidráulica, Gorlov





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto espera obtener un producto respetuoso del medio ambiente. Además, los costos de energía han ido en aumento en estos últimos años, lo que permite proponer soluciones con períodos de amortización aceptables.

El estudio busca dar una solución alternativa para localidades alejadas del suministro de red. Locaciones que no disponen del servicio eléctrico por el costo que supone, ya sea derivar líneas de tensión para abastecer comunidades urbanas de escasa población, por un lado, de difícil acceso por otro, y el impacto ambiental que resulta de atravesar ecosistemas con tendidos eléctricos en zonas protegidas. Puntualmente el trabajo se focaliza en la zona de El Soberbio, Misiones, localidad cercana a los Saltos del Moconá.



Figura 1 – El Soberbio, Misiones

La Universidad Nacional de La Matanza y la Universidad Nacional de Misiones, ya realizan investigaciones al respecto en esta área geográfica utilizando caídas naturales para brindar energía a pequeñas comunidades locales, continuando estos trabajos este proyecto se orienta a la utilización del flujo horizontal.

La implementación de microturbinas hidráulicas es una alternativa evaluada, por barrios cerrados y/o clubes ribereños, para la obtención de energía limpia, y de bajo costo. Sin embargo, la eficiencia de una turbina flujo es afectada por la turbulencia que se genera a su entrada, la que actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido. La incorporación de una segunda carcasa produciría un efecto Venturi, provocando una depresión aguas abajo, la que se traduce en una succión dentro la turbina, y el consiguiente incremento en la velocidad de





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



paso. El beneficio de esta implementación es una mejor relación costo-beneficio en la producción de energía. La dimensión de la turbina entonces es, indirectamente, una función de la velocidad del curso de agua, y la profundidad de su cauce.

Los fenómenos en mecánica de fluidos pueden ser descriptos mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, y las simulaciones serán realizadas en FreeFem++, entorno de desarrollo integrado de alto nivel para resolución de ecuaciones diferenciales mediante elementos finitos, contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado, y visualizadores propios. la Figura 2 corresponde a la modelización del flujo en una cañería

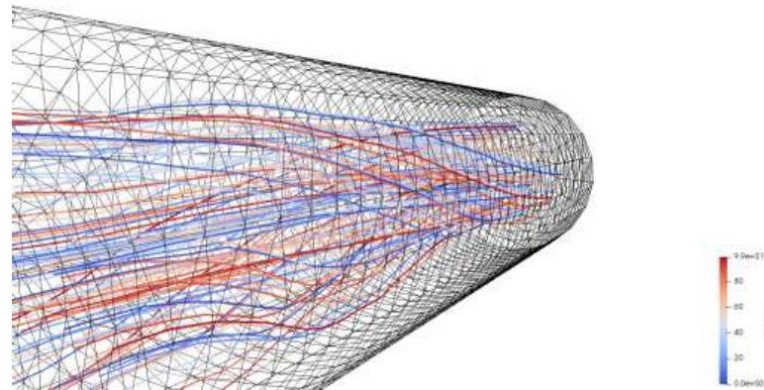


Figura 2 – Flujo en cañería

Con el objeto de estudiar y mejorar la eficiencia, se dio participación en el equipo de investigación a la Universidad Nacional de Los Comechingones, quienes poseen experiencia y conocimiento acerca del flujo mediante simulación FEM (Finite Element Method). Así, este equipo integrado, resolvió utiliza gabinetes exteriores de geometría simple, como caños alcantarilla, tubos rectos, o cónicos, fácilmente adquiribles en mercado, dentro de los cuales montar una turbina tipo Gorlov.

Inicialmente, en las Figura 3 se presenta el montaje vertical de una turbina de este tipo, donde pueden observarse las líneas de flujo modelizadas, y ya a intuir el problema de esta disposición. Todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, y el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga.

Como es de esperar, todo equipo tiene especificaciones técnicas, siendo relevantes para este proyecto sus dimensiones físicas, y la velocidad mínima requerida por parte de la vía fluvial.







<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

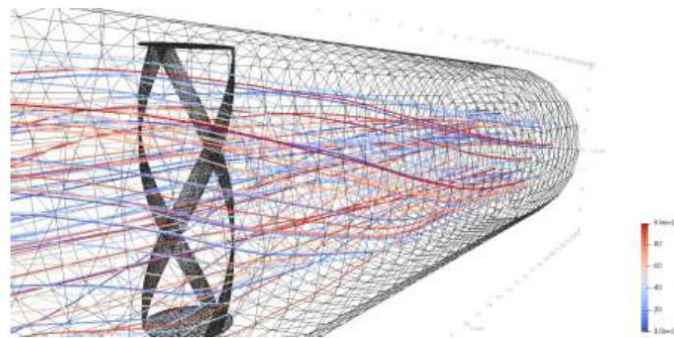


Figura 3 – Modelización de una turbina tipo Gorlov vertical

## 2. Disposición de la turbina

En los estudios anteriores [6, 7y 8] se ha confirmado que todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, y el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga. La turbulencia actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido en la turbina, lo que implica que, respecto a la velocidad del flujo de agua, la velocidad dentro de la turbina será sensiblemente menor, y por lo tanto su rendimiento.

En la distribución de la Figura 4, corresponde a la simulación de la variación de la turbina Gorlov horizontal, su montaje supone agregar dificultades de construcción.

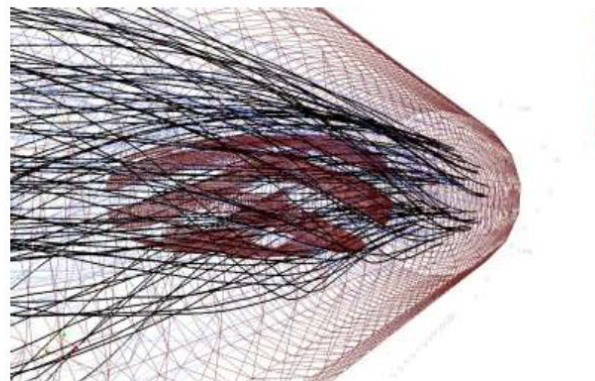


Figura 4 – Modelización de una turbina tipo Gorlov horizontal

Sin embargo, esta disposición no ofrece la misma resistencia al flujo que la vertical,



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

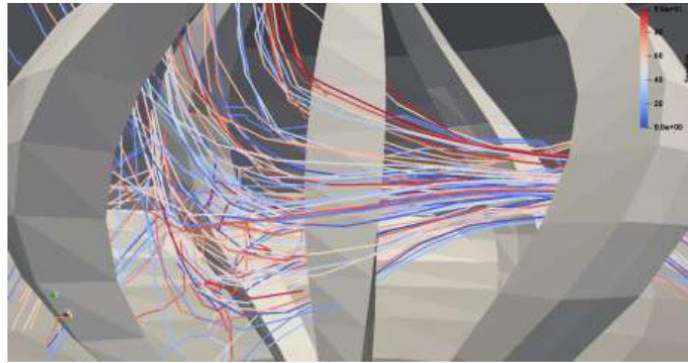


Figura 5 – Modelización del flujo en una turbina tipo Gorlov vertical

se disgrega el efecto del “tapón”, y conseguiría una mayor velocidad de paso por la turbina. La consecuencia de estos hechos es el aumento de la producción de energía, sabiendo que no podrán sobrepasarse los límites de diseño.

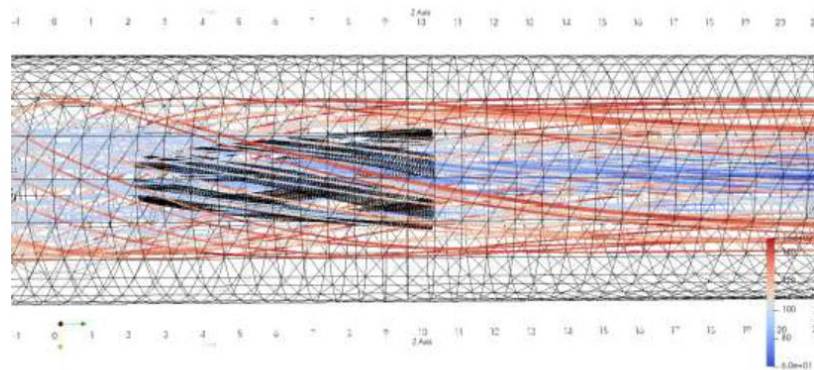


Figura 6 – Modelización del flujo en una turbina tipo Gorlov horizontal

Así es que se decidió utilizar una variante de las turbinas Gorlov, similar al de ciertas turbinas eólicas, dispuesto en forma horizontal. Cabe destacar que, en estas simulaciones previas, sobre turbinas std, los resultados arrojaron el éxito del efecto Venturi, y así fueron ajustándose tanto el espaciado entre turbina y carcasa, longitudes de los bordes de ingreso, y egreso de la carcasa externa. De ese modo, y utilizando los conceptos mencionados, se realizan simulaciones sobre un tubo de alcantarilla.





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



### 3. MARCO TEORICO y METODOLOGIA

El objetivo del presente trabajo es modelar una variante de turbina Gorlov dispuesta horizontalmente. Se irá relevando la información correspondiente al diseño de dichas turbinas y la simulación del diseño que, a diferencia del montaje tradicional, se dispondría en el sentido de flujo, adaptándolo a un desarrollo de la empresa Tesla®, similar al diseño del modelo de tornillo. Es por estos motivos que para esta tercera etapa se buscaron alternativas con alguna oportunidad de concretarse.

Como ya se ha mencionado, el fenómeno del efecto Venturi provoca una depresión aguas abajo, a la salida de la turbina, que se traduce en una succión en la turbina. DE este modo, los primeros pasos metodológicos consistieron en analizar la mecánica de fluidos de un curso de agua. Un número importante de los fenómenos en mecánica de fluidos se describen mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, las que establecen los efectos dinámicos de fuerzas externas aplicadas, y fuerzas internas, de un fluido que se asume Newtoniano [1,2]. El contorno del dominio del fluido se asume Lipschitz continuo, o sea que se trata de 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. No se requieren 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. En el planteo numérico de un flujo Newtoniano, el tensor de esfuerzo, y el de deformación del fluido, están linealmente relacionados. Al agregar la condición de incompresibilidad, se obtiene la ley de Stokes, así la presión tiene una interpretación puramente mecánica. Esto no está conectado con la definición termodinámica usual, por ejemplo, en la medición manométrica, en el cálculo de flujo de un tubo de Pitot, o bien en los cálculos de un Venturi [2]. Debido a la presencia del término convectivo no lineal, y no simétrico, en la ecuación de momentos, en flujos de alto Reynolds aparecen problemas de estabilidad numérica. Tal es el caso del flujo en un río, ya que domina la convección, y para este problema, la formulación estándar Galerkin es inestable [3,4,5]. Las técnicas de estabilización, tales como SUPG (Streamline-Upwind-Petrov-Galerkin), GLS (Galerkin Least-Squares), SGS (Sub-Grid Scale), o LS (Least-Squares), deben usarse, para obtener soluciones significativas mediante elementos finitos, en flujos de este tipo. Las bases teóricas para la preparación de las simulaciones han sido ya desarrolladas en los trabajos previos [6, 7]. Los pasos siguientes consistieron en hallar la ubicación, que cumplieran con los requerimientos del modelo, y sentar las bases para la construcción de un prototipo, aún en desarrollo.

Habida cuenta del conocimiento de la zona, y la merma en las precipitaciones durante el período 2019~2020, se relevaron distintas posibles locaciones donde podría ser instalado un





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



prototipo. De estas observaciones se concluyó utilizar, para el modelado, un diámetro de 0,4 metros, 4 álabes (modificable a 8 álabes), 1 metro de largo, y dados los parámetros de velocidad de flujo entre a 0,8 ~ 1m/s, con profundidad mínima de 0,8 metros. El modelo obtenido será la base, que se transferirá a la Universidad Nacional de Misiones, para el desarrollo de turbinas con mayor prestación.

#### 4. RESULTADOS

Cabe destacar que, en ejecuciones previas, fueron ajustándose tanto el espaciado entre la turbina y la carcasa, como las longitudes de los bordes de ingreso, y egreso. Se corroboró la evolución de la presión, a los efectos de constatar la mejor distribución, no es menor recordar que para una turbina la variable de diseño es la velocidad del flujo

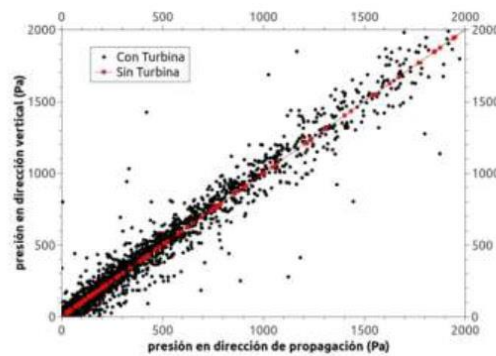


Figura 7 – Modelización de la presión en una turbina tipo Gorlov vertical

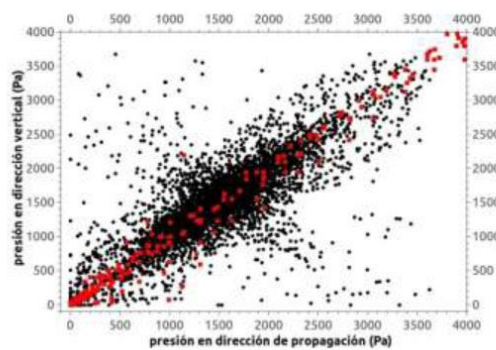


Figura 8 – Modelización de la presión en una turbina tipo Gorlov horizontal





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Así, y utilizando los conceptos mencionados, se realizaron simulaciones se simularon las velocidades considerando la disposición de la turbina.

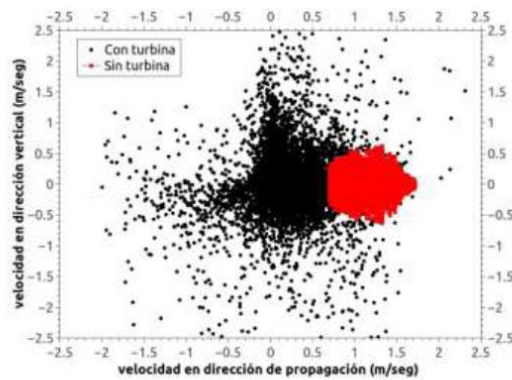


Figura 9 – Modelización de la velocidad en una turbina tipo Gorlov vertical

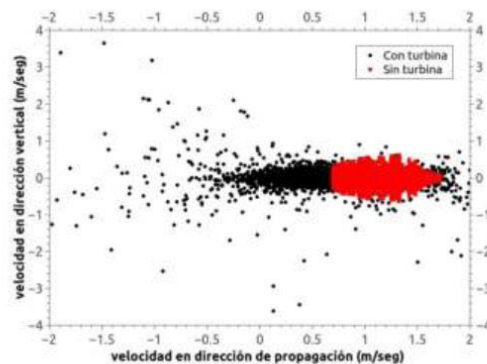


Figura 10 – Modelización de la velocidad en una turbina tipo Gorlov horizontal

Se espera poder disponer de turbinas de bajo costo con capacidad de alimentar iluminación básica en zonas sin acceso a la red troncal, maximizando su eficiencia mediante la aplicación del efecto Venturi, aunque es necesario recalcar que el procedimiento no aumenta las prestaciones máximas de las turbinas en análisis, sino que minimiza el efecto negativo de las bajas velocidades, y las turbulencias del flujo de alimentación, por lo que es más acertado referirse al concepto de eficiencia.





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## 5. CONCLUSIONES

Los gráficos de presión (Figuras 7 y 8), y los de velocidad (Figuras 9 y 10) demuestran que la mejor opción es disposición horizontal, con menor dispersión y mejor relación de presiones.

El flujo ordenado es consistente con el aprovechamiento del Venturi generado por la masa de agua que circula por fuera de la turbina, aumentando la velocidad en la tubuladura de montaje y la turbina.

La ventaja principal de las turbinas tipo Gorlov, sobre el resto, es el costo inicial de inversión, y la simpleza de su armado, su desventaja radica en el menor rendimiento ante las mismas velocidades de flujo. Este tipo de turbinas es muy sensible a la velocidad del cauce, ya que no está dispuesta en un dique aprovechando el salto de agua. Esto quiere decir que también está limitado a la profundidad del lecho, y su alcance de provisión es sólo para pequeñas comunidades ribereñas.

Los datos definidos en el modelo para el prototipo, se utilizaron para buscar y seleccionar, las posibles ubicaciones, del montaje del prototipo.

Es así, que la decisión en este sentido, consideró al arroyo Paraíso, en las proximidades de Puerto Paraíso (Misiones), donde se encontraron beneficiarios potenciales, y la disponibilidad del recurso hídrico con características similares a la modelada, un ancho del cauce de 3 metros, una profundidad de 0,5 metros, con 1,2 m/s de velocidad de flujo, y teniendo en cuenta, además, un registro pluvial para el período octubre 19 - septiembre 20 de 1425 mm.

Dada la proximidad a zonas como El Soberbio también se cuenta con logística, y capacidad de gestión para la implementación.

## 6. REFERENCIAS

- [1] S. del Pino, B. Maury; 2D/3D turbine simulations in freefem ++, PROCEEDINGS of Numerical Analysis and Scientific Computing for PDEs and Their Challenging Applications, CIMNE, Barcelona, Spain 2007.
- [2] A. Lefebvre; Fluid-particle simulations with freefem++, ESAIM: PROCEEDINGS, July 2007, Vol. 18, pp120 -132.
- [3] Jean Donea and Antonio Huerta, Finite Element Method for Flow Problems, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [4] O. C. Zienkiewicz and R. L. Taylor, The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics, Ed. Butterworth-Heinmann, 5th edición, 2000.





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



- [5] Y. Achdou, J.L. Guermond; Convergence Analysis of a finite element projection/Lagrange-Galerkin method for the incompressible Navier Stokes equations, SIAM J. Numer. Anal. 37 (2000), no. 3, 799–826.
- [6] Eterovic, Jorge Esteban; Fauroux, Luis Enrique; Degaetani, Omar Jorge; Gonzalez, Ricardo. "Aplicación teórica del efecto Venturi en micro turbinas hidráulicas". En VI Congreso Argentino de Ingeniería mecánica. Tucumán, 2018.
- [7] Fauroux L. E., Rinaldi, P., Eterovic, J. E. Simulación del efecto Venturi en una microturbina hidráulica montada en gabinetes de geometría simple. X Congreso Argentino de Ingeniería Química CAIQ2019 "100 años de Ingeniería Química en Argentina y Latinoamérica". Asociación Argentina de Ingenieros Químicos (AAIQ). Santa Fe, 2019.
- [8] Fauroux, Luis Enrique; Eterovic, Jorge Esteban; Degaetani, Omar Jorge. "El efecto Venturi y su incidencia en el rendimiento de turbinas micro-hidráulicas". Revista Digital del Departamento de Ingeniería, 3 num.1, 1 - 7. San Justo (Buenos Aires), 2018.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## INGENIERÍA

### INVESTIGACIONES

# Optimización de micro hidro turbinas por aplicación del efecto Venturi

Director: *Lic. Jorge Eterovic*

Equipo de investigación: Luis Fauroux, Pablo Rinaldi, Omar Degaetani, Ricardo González Perisé, Alexis Marcelo.

Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua.

“El montaje de la turbina dentro de un cuerpo adecuado mejora su eficiencia disgregando la turbulencia y disminuyendo la presión a la entrada, lo que implica que se logró aumentar la velocidad en la turbina”.

NOVIEMBRE 2020 | 54





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## INGENIERÍA

La implementación de microturbinas hidráulicas es una opción a considerar para barrios cerrados y/o clubes ribereños, con el fin de alimentar espacios y servicios comunes, mediante el uso de energías renovables y de bajo costo. La problemática radica en la relación costo de la turbina versus potencia generada. La eficiencia de una turbina es afectada por la turbulencia que provoca el flujo en la boca de entrada, ya que todo flujo tiende a circular por donde exista menor resistencia, así es que se forma un efecto "tapón". Dado que los fenómenos en mecánica de fluidos pueden ser descriptos mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, la incorporación de una segunda carcasa favorece la aparición del efecto Venturi, provocando una depresión aguas abajo, la que se tradujo en una succión dentro la turbina. Así, se consigue un incremento en la velocidad de paso, y, por ende, su optimización. Con el objeto de mejorar la eficiencia se planteó el uso de gabinetes exteriores de geometría simple, como caños alcantarilla, tubos rectos, o cónicos, fácilmente adquiribles en mercado. El beneficio de esta implementación es una mejor relación costo-beneficio en la producción de energía.

### 1. PROBLEMÁTICA A RESOLVER

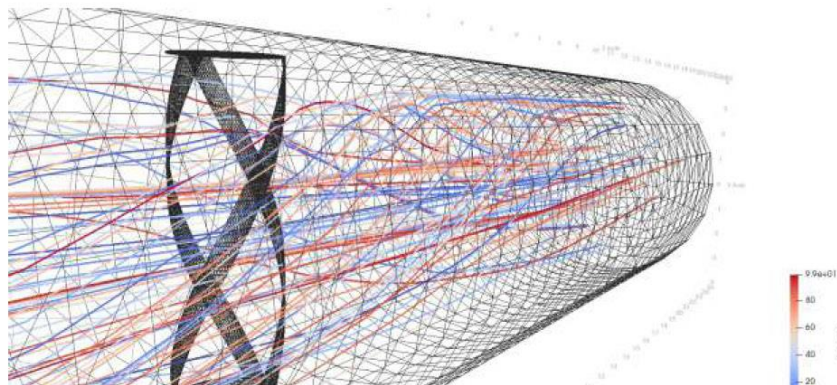
Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua. Si el curso de agua de aplicación es de régimen permanente, o con fluctuaciones dentro de sus especificaciones, entonces serán una fuente continua de electricidad.

Las turbinas estudiadas son dispositivos simples y de baja potencia. Este trabajo tomó aquellas de hasta 1kw, teniendo en cuenta el requisito de la profundidad del cauce,

restringiendo el abanico de posibles beneficiarios. El agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga. La turbulencia actúa como un efecto "tapón" para el ingreso del fluido en la turbina, lo que implica que, respecto la velocidad del flujo de agua, la velocidad dentro de la turbina será sensiblemente menor, y por lo tanto su rendimiento. Como es de esperar, todo equipo tiene especificaciones técnicas, siendo relevantes para este proyecto sus dimensiones físicas, y la velocidad mínima requerida por parte de la vía fluvial.

### 2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DESARROLLADO

Se utilizaron las ecuaciones de Navier-Stokes para describir los fenómenos en mecánica de fluidos. Las fuerzas internas son producto de la presión y la viscosidad del fluido. El contorno del dominio del fluido se asume como 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. Se asignó un valor de velocidad a una porción del contorno, y la tracción del contorno en la porción complementaria. No se requiere condiciones iniciales para la presión del fluido, ya que no existe derivada de tiempo. La presión está presente mediante su gradiente, y, determinada por una constante arbitraria, es usual imponer la presión promedio, o el valor en un punto, para definir de manera única el campo de presión. En el planteo numérico de un flujo newtoniano, el tensor de esfuerzo, y el de deformación del fluido, están linealmente relacionados, agregando la condición de incompresibilidad se obtiene la ley de Stokes, por lo que la presión tiene una interpretación puramente mecánica. La forma adimensional de las ecuaciones de Navier-Stokes se obtiene reemplazando



Matriz de revisión comparada de actividades en Google Sheets



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## INGENIERÍA

la viscosidad cinemática por la inversa del número de Reynolds (Re). Conceptualmente, el número de Reynolds caracteriza el cociente entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas. La presencia del término convectivo no lineal, y no simétrico, en la ecuación de momentos, provoca inestabilidad numérica en flujos de alto Re, donde domina la convección. Pueden utilizarse, entonces, técnicas de estabilización como SUPG (Streamline-Upwind-Petrov-Galerkin), GLS (Galerkin Least-Squares), SGS (Sub-Grid Scale), o LS (Least-Squares), para obtener soluciones mediante elementos finitos. La ecuación de continuidad para un fluido incompresible consiste en una restricción en el campo de velocidad. Libre de divergencia, la presión debe ser considerada como una variable no relacionada a ninguna ecuación constitutiva. Su presencia, en la ecuación de Navier-Stokes, busca introducir un grado de libertad adicional, como un multiplicador de Lagrange de la restricción de incompresibilidad, necesario para satisfacer un auto-ajuste instantáneo, generando así un acoplamiento entre la velocidad y la presión.

### 3. DESARROLLO Y RESULTADOS OBTENIDOS

El objetivo es, en primer término, mejorar la eficiencia de turbinas hidráulicas sumergidas, y montadas en una pieza de geometría simple, mediante la aplicación de este efecto. Para ello, se relevó la información correspondiente al diseño de turbinas y la simulación del diseño. A diferencia del montaje tradicional presentado en la Figura 2, se propuso estudiar la factibilidad de utilizar una turbina de eje co-lineal al flujo.

La estrategia para calcular el movimiento de cuerpos rígidos en un fluido estuvo basada en principios simples. Se utilizó un enfoque donde el dominio ocupado por el fluido está cubierto por un malla no estructurada, dado que, para una microturbina, el movimiento del fluido puede seguirse sin grandes deformaciones, y que no se trata de un cuerpo flotante [1, 2]. También fue incluida una estrategia de penalidad, usado para prescribir un valor para la velocidad dentro de una parte del dominio. Simplemente se adicionó un término a la formulación variacional [1], y la suposición de que el dominio (2D o 3D) se llena con un fluido newtoniano, estando el proceso gobernado por la ecuación de Navier-Stokes [3, 4].

Así, se encontró una variante diseñada por Tesla, cuyo montaje para el caso de estudio está entonces representado por la Figura 3.

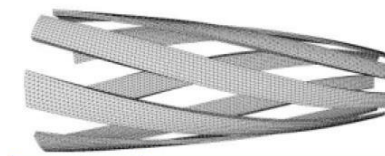
Si el flujo es de alta viscosidad dinámica, en el modelo anterior el término convectivo puede ser despreciado y se obtiene el flujo de Stokes [3]. La presión tiene que ser considerada como



Matriz de revisión



Matriz de revisión



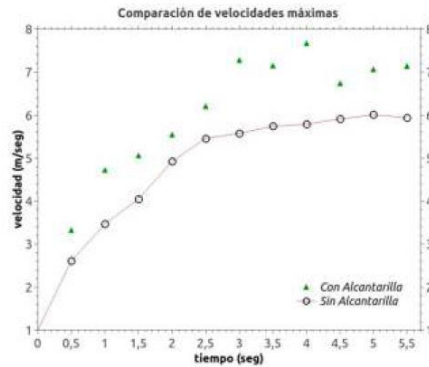
Matriz de revisión

una variable no relacionada a ninguna ecuación constitutiva. Su presencia, en la ecuación de Navier-Stokes, tiene el propósito de introducir un grado de libertad adicional, necesitado para satisfacer un auto-ajuste instantáneo, actuando como un multiplicador de Lagrange de la restricción de incompresibilidad, y así, generando un acoplamiento entre la velocidad, y la presión desconocidos. Se busca aplicar esta formulación a un problema de rotación de un cuerpo rígido,  $O$ , en este caso la microturbina, que representa un obstáculo que sigue un movimiento newtoniano en torno a un eje sin fricción. Lo que se reduce a una ecuación en la velocidad angular en torno a un eje (o un punto en el caso 2D). Estas ecuaciones son acopladas a fuerzas hidrodinámicas que ejerce el fluido sobre el sólido. Finalmente, la viscosidad impone condiciones de no deslizamiento en el contorno de la microturbina, la velocidad del lado del fluido es igual a la



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## INGENIERÍA



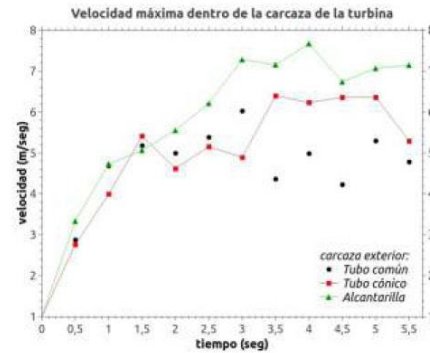
Protocolo para las revisiones sistemáticas de literatura)

velocidad del lado rígido. Tratándose de un fluido newtoniano en torno de un proceso dinámico, se considerará el tensor de Cauchy, y el de deformación linealmente relacionados, la forma compacta de escribir la relación velocidad de tensión-deformación es mediante la ley de Stokes [3].

Las condiciones de contorno son las usuales para flujos a través de un obstáculo. En la salida libre de fluido en la cara trasera de la turbina, se plantea con condiciones de contorno de Neumann, en el que se considera de tracción cero. Por ser un objeto móvil en un fluido incompresible, la tensión debe calcularse en cada paso de la simulación. Para toma en cuenta las fuerzas hidrodinámicas, se agregarán condiciones de acoplamiento en las que se calcula el momento ejercido por el fluido en la turbina. Para que el planteo 3D sea consistente desde un punto de vista conceptual, el rendimiento óptimo de turbina se conseguirá para el diseño que minimice la fuerza de fricción y evite la acumulación de líneas de corriente. Para el cálculo de la fuerza de fricción se busca integrar la fuerza en toda el área de la microturbina, calculando el gradiente de la velocidad en dirección normal y tangencial.

#### 4. CONCLUSIÓN

El montaje de la turbina dentro de un cuerpo adecuado



Protocolo para las revisiones sistemáticas de literatura)

mejora su eficiencia disgregando la turbulencia y disminuyendo la presión a la entrada, lo que implica que se ha logrado aumentar la velocidad en la turbina. Cabe destacar que no es posible aumentar el rendimiento absoluto de la turbina, sino su eficiencia, o rendimiento relativo, aunque disminuya la velocidad del curso de agua. Se realizaron simulaciones donde se agregó una segunda carcasa. El perfil de velocidad inicial es lineal: desde 0 en el fondo a 1m/seg en la superficie, el recorrido completo es de 5 m. y una profundidad de 1.2m. Los resultados (Fig. 4 y Fig.5) donde las velocidades inferiores se representan de 0 m/s a 7m/s. En general, se puede apreciar el beneficio del agregado de una segunda carcasa, y en particular una mejor respuesta del montaje sobre un caño de alcantarilla. La apreciación mencionada con anterioridad se sostiene con las gráficas de comparación de velocidades máximas obtenidas. Es común en dinámica de fluido computacional (CFD), proveer una instantánea de un campo de flujo, dibujando una familia de líneas de corriente (curvas a constante  $\Psi$  y  $V$  tangente). En el contexto de elementos finitos, los contornos de líneas de corriente (con intervalos especificados en  $\Psi$ , entre pares de líneas de corriente vecinas), son obtenidas integrando numéricamente, a lo largo de los lados de los elementos. ◆

#### Referencias bibliográficas:

- [1] S. del Pino, B. Maury; 2D/3D turbine simulations in freefem ++, PROCEEDINGS of Numerical Analysis and Scientific Computing for PDEs and Their Challenging Applications, CIMNE, Barcelona, Spain 2007.
- [2] A. Lefebvre; Fluid-particle simulations with freefem++, ESAIM: PROCEEDINGS, July 2007, Vol. 18, pp120 -132.
- [3] Jean Donea and Antonio Huerta, Finite Element Method for Flow Problems, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [4] O. C. Zienkiewicz and R. L. Taylor, The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics, Ed.
- [5] Butterworth-Heinemann, 5th edición, 2000.
- [6] Y. Achdou, J.L. Guermond; Convergence Analysis of a finite element projection/Lagrange-Galerkin method for the incompressible Navier Stokes equations, SIAM J. Numer. Anal. 37 (2000), no. 3, 799-826.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

- [Ciencia](#)

## Avanzan en el desarrollo de turbinas para abastecer de electricidad a comunidades del norte del país

28 septiembre, 2021



Un equipo de ingenieros fabrica microturbinas hidráulicas que permiten obtener energía limpia a bajo costo, mediante una corriente de agua. Se instalarán, en primera instancia, en el Paraje Paraíso, un pequeño pueblo ubicado en Misiones donde no cuentan con tendido de electricidad corriente.

Especialistas de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), en conjunto con la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), implementarán en una comunidad del norte argentino una serie de microturbinas hidráulicas que permite mejorar el rendimiento de las turbinas convencionales. Generan energía suficiente como para abastecer electrodomésticos pequeños o cargar celulares, además de ser de bajo costo y amigable con el ambiente.

El magíster Luis Fauroux, co-director del proyecto, mencionó a la **Agencia CTyS-UNLaM**: “Durante el 2020 y 2021, desde el equipo propusimos hacer un prototipo de turbina, a través del cual podríamos ofrecerle a la comunidad del Paraje Paraíso una pequeña solución, para, aunque sea, atenuar un poco su demanda energética”.

El Paraje Paraíso, ubicado a unos 200 kilómetros de Puerto Iguazú (Misiones), se caracteriza por ser una zona rural poco poblada, similar a áreas aledañas a los parques nacionales en el sur del país. Allí, la demanda energética es alta debido a que el abastecimiento de electricidad depende exclusivamente de métodos como motores de combustión interna (generadores a nafta) o bien garrafas de gas licuado.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

En este sentido, Fauroux indicó: “Cada turbina puede generar hasta un kilowatt por hora, lo cual es suficiente para abastecer una o dos familias con demandas secundarias, como pequeños electrodomésticos, una heladera, carga de baterías y dispositivos móviles. Al ser de bajo costo, cada hogar puede tener su propia turbina y la inversión se recupera rápido”.

“La ventaja de estos dispositivos es que, como no dependen de la energía solar, durante todo el día funcionan tranquilamente, ya que mientras haya caudal de agua se puede producir energía. Para ello, no se precisa armar un dique, sino, simplemente, contar con una buena ubicación para que se pueda anclar la turbina y gire con el movimiento”, continuó el investigador del Departamento de Ingeniería e Innovaciones Tecnológicas (DIIT-UNLaM).



El investigador aseguró que esta misma tecnología podría implementarse también en barrios privados o clubes que quieran tener sus espacios comunes iluminados toda la noche: “Durante el día, por ejemplo, un country utilizaría el agua para regar, teniendo en cuenta que siempre la idea es sacar el agua de un río que esté circulando permanentemente, por la noche esa energía generada abastece la iluminación, lo cual se suma a los beneficios ya mencionados, siempre de una forma sustentable”.

Por otra parte, desde el equipo explicaron que, en La Matanza y otras zonas de Buenos Aires, la misma tecnología sería más difícil de implementar, porque los ríos de llanura tienen baja velocidad y, para que una turbina genere energía, se necesita de una velocidad más alta. “En el norte, al haber más potencia, es algo que prácticamente funciona solo”, destacó Fauroux.

### **Desarrollo de los motores y puesta en funcionamiento**

“Lo que hicimos fue, primero, clarificar los objetivos, ver de qué manera podíamos lograrlos, qué recursos disponíamos. Una vez que concluimos esa etapa, compramos los materiales y comenzamos



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

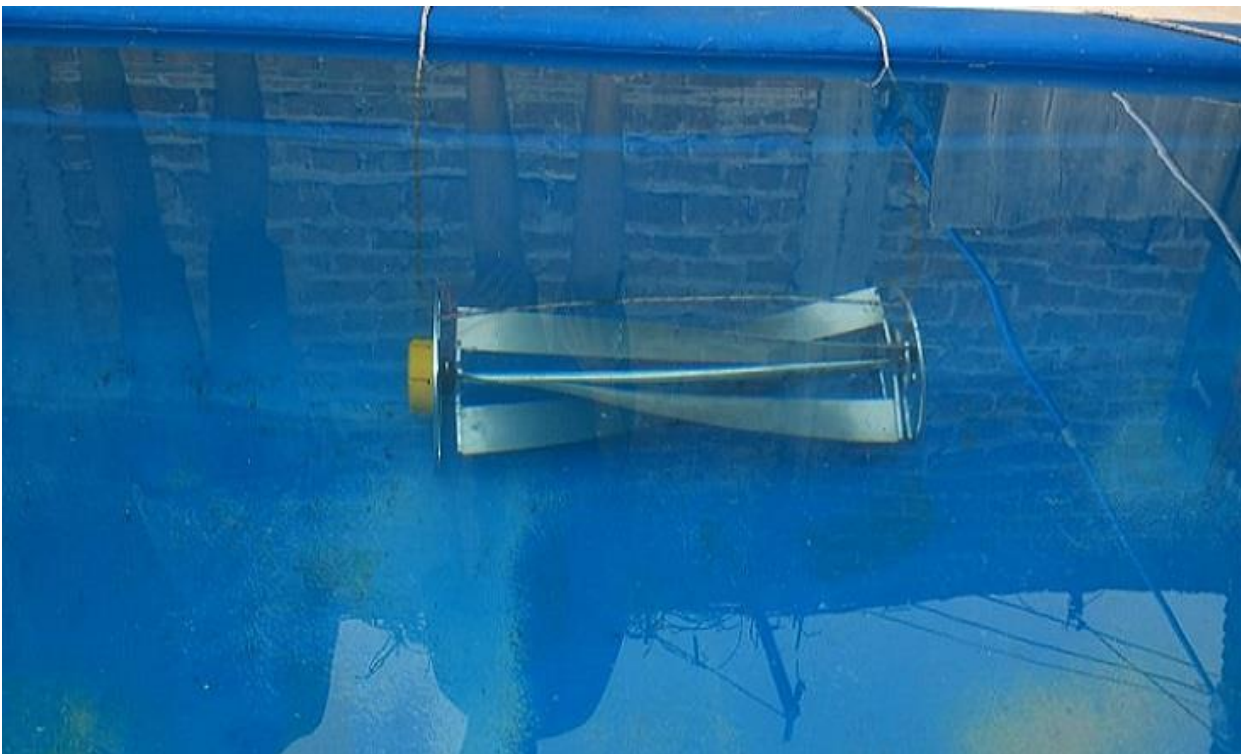
a armar la estructura básica del equipo, para pasar a los componentes eléctricos y las pruebas, porque, por ejemplo, hay componentes que no pueden mojarse y esto es algo que va a ir en el agua, así que es todo prueba y error”, detalló el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, Alejandro Moscato.

Por su parte, Mariano Capeans, estudiante de la misma carrera, continuó: “Luego, a partir de los valores que nos dio de referencia Luis (Fauroux), diseñamos la turbina. Tuvimos que cortar algunas piezas en láser, otras fueron impresas en 3D, ya que algunas son muy particulares. Lo primero en el armado fue la creación del eje, que se mandó a mecanizar y lo último, en la parte inferior, se ubicó el volante magnético de una moto Zanella, que es lo que genera la corriente eléctrica a través del movimiento de la turbina”.

Asimismo, Juan Pablo Vázquez, también estudiante y partícipe del proyecto, especificó: “Respecto al financiamiento, contamos con un presupuesto total de 30 mil pesos para todo el proyecto. El armado total de la turbina, ya con los elementos a nuestra disposición fue de 30 horas aproximadamente, con el beneficio de que la mayoría de los materiales son de fácil acceso, como caños de PVC, cables tipo taller (contra llamas) y elementos de tornillería, entre otros”.

“El mejor momento fue cuando la turbina giró por primera vez y pudimos prender una lamparita, ahí es cuando confirmamos que esto realmente puede funcionar y ser útil para muchos”, resaltaron los alumnos, al mismo tiempo que destacaron la importancia del estudio, por la posibilidad de generar energía limpia con un impacto ambiental bajo.

Además de la fabricación del prototipo, el equipo trabaja en articulación con el Doctor en Física, Pablo Rinaldi, investigador en la Universidad Nacional de los Comechingones (UNLC) de la provincia de San Luis, quien estuvo a cargo de la modelización, los cálculos y diagramas.





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

## La universidad como agente activo en la sociedad

“Hay docentes de la UNLaM que están radicados en Misiones, quienes son nuestro vínculo con la UNaM para que trabajemos juntos. Lo bueno es que ellos ya cuentan con experiencia en el área de lo fluvial; entonces, simplemente, les transferimos la modelización y pueden allí aumentar la escala de la turbina, es decir, pasar a modelos más grandes según las necesidades de la población local”, dijo el co-director del proyecto.

Por su parte, Moscato resaltó: “Si bien se dificultaron algunas cuestiones por la pandemia, como la compra de materiales, o reunirnos para fabricar la turbina, pudimos sortear los obstáculos y ahora esperamos que esto se siga amplificando, que haya más proyectos”.

“Los ingenieros siempre tratamos de buscar soluciones. En nuestro caso particular, son soluciones a baja escala, porque se requiere de menor presupuesto. La realidad es que quizás no resuelven por completo el problema, pero ayudan a atenuar esas demandas. Por eso, intentamos brindar respuestas en el corto plazo y de manera sencilla a aquellas personas que no tienen recursos y que, con esta novedad, puede cambiarles su forma de vida por completo”, concluyó Fauroux.

Tags: [DIIT-UNLaM](#), [sustentabilidad](#), [turbinas hidroeléctricas](#)



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

• ANEXO II

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas DIIT  
Código: C-228

Título del Proyecto: *Análisis de micro hidro turbinas tipo Gorlov*

Director del Proyecto: Eterovic, Jorge E.

Fecha de inicio: 1/1/2020

Fecha de finalización: 31/12/2021

**1. Datos del alumno**

Apellido y Nombre: Moscato, Néstor A.

DNI: 41470944

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa: Ingeniería Mecánica

Período evaluado: 1/1/2021 al 31/12/2021

**2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:**

*Colocar una cruz donde corresponda*

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El alumno se dedicó a las tareas que se le asignaran en el cronograma de trabajo, las que consistieron en la búsqueda bibliográfica, y el análisis de las características generales para el funcionamiento del producto. Los resultados de sus tareas se sumaron a las conclusiones realizadas por los integrantes del equipo. En este sentido se le ha brindado participación al alumno en todas las áreas de su interés.

En el transcurso del año 2021, se enfocó en el análisis de diseño y análisis de variables para el dimensionamiento y montaje del prototipo de la turbina, demostrando interés y consultando sobre las distintas aplicaciones que tienen los conocimientos desarrollados en otras materias que son de su competencia. De esta forma, obtuvo un enfoque práctico, además de demostrar voluntad de presentar sus propuestas. Se interiorizó del aspecto social de la implementación y los beneficios para la comunidad, de este modo anticipar posibles dificultades para el usuario final. Cabe destacar que a causa de la problemática sanitaria, que aconteció durante todo el 2020, no ha sido posible realizar ensayos prácticos en laboratorio.

San Justo, 10 de febrero de  
2022

Mg. Eterovic, Jorge E..

.....  
Lugar y fecha

.....  
Firma del Director

.....  
Aclaración de firma





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas DIIT

Código: C-228

Título del Proyecto: *Análisis de micro hidro turbinas tipo Gorlov*

Director del Proyecto: Eterovic, Jorge E.

Fecha de inicio: 1/1/2020

Fecha de finalización: 31/12/2021

---

### 1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: Vázquez, Juan P.

DNI: 39511499

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa: Ingeniería Mecánica

Período evaluado: 1/1/2021 al 31/12/2021

### 2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

*Colocar una cruz donde corresponda*

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El alumno se dedicó a las tareas que se le asignaran en el cronograma de trabajo, las que consistieron en la búsqueda bibliográfica, y el análisis de las características generales del producto. Los resultados de sus tareas se sumaron a las conclusiones realizadas por los integrantes del equipo. En este sentido se le ha brindado participación al alumno en todas las áreas de su interés.

En el transcurso del año 2021, se enfocó en el análisis de las piezas necesarias, presupuestos, factibilidad técnica y económica de la turbina, demostrando interés y consultando sobre las distintas aplicaciones que tienen los conocimientos desarrollados en otras materias que son de su competencia. De esta forma, obtuvo un enfoque práctico, además de demostrar voluntad de presentar sus propuestas.. Cabe destacar que a causa de la problemática sanitaria, que aconteció durante todo el 2020, no ha sido posible realizar ensayos prácticos en laboratorio.

Fundamentos del dictamen:

Por su desempeño e interés en la temática de investigación se ha postulado a la Beca de Investigación Científica (CIN) para el segundo año de duración del Proyecto de Investigación.

San Justo, 10 de febrero de  
2022

Mg. Eterovic, Jorge E..

---

Lugar y fecha

---

Firma del Director

---

Aclaración de firma



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas DIIT

Código: C-228

Título del Proyecto: *Análisis de micro hidro turbinas tipo Gorlov*

Director del Proyecto: Eterovic, Jorge E.

Fecha de inicio: 1/1/2020

Fecha de finalización: 31/12/2021

### 1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: Capeans, Mariano E.

DNI: 37248246

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa: Ingeniería Mecánica

Período evaluado: 1/1/2021 al 31/12/2021

### 2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

*Colocar una cruz donde corresponda*

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

#### Fundamentos del dictamen:

El alumno se dedicó a las tareas que se le asignaran en el cronograma de trabajo, las que consistieron en la búsqueda bibliográfica, y el análisis de las características generales del producto. Los resultados de sus tareas se sumaron a las conclusiones realizadas por los integrantes del equipo. En este sentido se le ha brindado participación al alumno en todas las áreas de su interés.

En el transcurso del año 2021, se enfocó en el análisis de diseño y planos tentativos del prototipo de la turbina, demostrando interés y consultando sobre las distintas aplicaciones que tienen los conocimientos desarrollados en otras materias que son de su competencia. De esta forma, obtuvo un enfoque práctico, además de demostrar voluntad de presentar sus propuestas. Se interiorizó del aspecto técnico de la implementación con el objeto de ponderar la dificultad y el valor de la mano de obra que deba involucrarse en la implementación, de este modo anticipar posibles dificultades para el usuario final. Cabe destacar que a causa de la problemática sanitaria, que aconteció durante todo el 2020, no ha sido posible realizar ensayos prácticos en laboratorio.

#### Fundamentos del dictamen:

Por su desempeño e interés en la temática de investigación se ha postulado a la Beca de Investigación Científica (CIN) para el segundo año de duración del Proyecto de Investigación.

San Justo, 10 de febrero de  
2022

Mg. Eterovic, Jorge E..

.....  
Lugar y fecha

.....  
Firma del Director

.....  
Aclaración de firma

- Cargar este formulario junto con los documentos correspondientes **exclusivamente** al Anexo I en SIGEVA UNLaM. Realizar la presentación impresa de los mismos junto con los restantes Anexos en la Secretaría de Investigación de la unidad académica correspondiente. **Límite de entrega: 28 de febrero de 2022.**