

*artículo original*

# Plataforma Educativa Comunitaria para el Desarrollo de Energías Renovables en la Reserva de Biosfera Yabotí, Misiones

## Community Educational Platform for the Development of Renewable Energies in the Biosphere Reserve Yabotí, Misiones

*Elizabeth Pirker<sup>(1)</sup>, Marcelo Juarez<sup>(2)</sup>, Cristian Flores<sup>(3)</sup>*

<sup>(1)</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza  
epirker@unlam.edu.ar

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza  
mjuarez@unlam.edu.ar

<sup>(3)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones  
cristianfloresfio@gmail.com

### **Resumen:**

El siguiente trabajo es un proyecto de extensión interdisciplinario que presenta la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el desarrollo de la plataforma educativa comunitaria para el desarrollo de energías

renovables efectuado en la Colonia Pepirí, dentro de la Reserva de Biosfera Yabotí, El Soberbio, Misiones, Argentina.

En la actualidad y en virtud de la crisis energética, se impulsa la creación de prototipos demostrativos de pequeña escala que permitan resolver parcialmente el déficit energético y ofician de plataforma educativa para las comunidades.

La implantación del prototipo de microturbina hidráulica en el salto del Arroyo Trigeño para autogeneración eléctrica es la primera iniciativa en esa dirección.

**Abstract:**

The following work is an interdisciplinary extension project that presents the methodology used and the results obtained in the development of the community educational platform for the development of renewable energies carried out in the Pepirí Colony, within the Yabotí Biosphere Reserve, El Soberbio, Misiones, Argentina.

At present and by virtue of the energy crisis, the creation of small-scale demonstration prototypes that partially solve the energy deficit and act as an educational platform for communities is being promoted.

The implementation of the hydraulic microturbine prototype in the Trigeño Stream jump for electric self-generation is the first initiative in that direction.

**Palabras Clave:** *energía sustentable, impacto ambiental, microcentral, proyecto social*

**Key Words:** *sustainable energy, environmental impact, microcentral, social project*

## I. CONTEXTO

El presente artículo surge del proyecto de extensión desarrollado por el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), la Facultad de Ingeniería Oberá de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), el Grupo de Energías Renovables Misiones (GERM) y la Asociación Civil Misiones Para Todos (ACMPT). Proyecto enmarcado y desarrollado en dos fases:

- “Energía sustentable para el desarrollo socioproductivo en la zona de influencia de la Reserva de Biósfera Yabotí, Misiones.”, aprobado por el MINCYT-PROCODAS con la Resolución Ministerial N° RESOL-2016-660-E-APN-MCT de fecha 12 de Octubre de 2016.
- “Implantación del prototipo de microturbina hidráulica en el arroyo Yerbas del Paraíso para autogeneración eléctrica en la Reserva Biósfera Yabotí” aprobado por el MINCYT-PROCODAS con la Resolución Ministerial N° RESOL-2017-1133-APN-MCT de fecha 08 de noviembre de 2017.

## II. INTRODUCCIÓN

Este proyecto nace a partir de una iniciativa para la realización de prácticas emprendedoras ingenieriles en territorios y contextos con necesidades tecnológicas ambientales y sociales insatisfechas. En este caso se trata de una experiencia en la Reserva de Biósfera Yabotí (RBY), provincia de Misiones, en uno de los sitios con mayor biodiversidad de Argentina. Es por ello y por su

dotación de agua (Misiones cuenta con más del 1% del agua que transportan anualmente todos los cursos del mundo) y sus carencias sociales, un territorio de interés científico y tecnológico<sup>1</sup>.

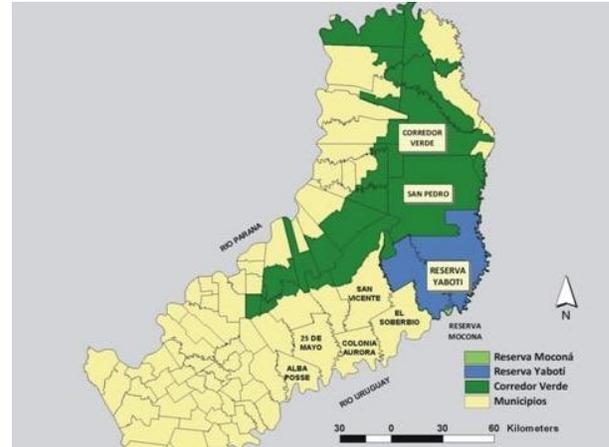


Fig. 1. Reserva de Biósfera Yabotí

A pocos kilómetros de la Reserva se ubica el emprendimiento, iniciado por la docente Lic. Elizabeth Pirker, “Comuna Yerbas del Paraíso, Centro de estudios y prácticas sostenibles”, donde se llevan a cabo actividades educativas, desarrollo del emprendedorismo y formulación de proyectos. En esta zona los colonos hablan otra lengua (un dialecto- portuñol), utilizan como transporte para las faenas la yunta de bueyes con carro de madera y mayormente aplican prácticas agrícolas de “rozado”, tala y quema de material vegetal, muy propia de la cultura de Brasil. Es, por tanto, un escenario desconocido y novedoso para los estudiantes de ingeniería que busquen aplicar sus conocimientos en contextos de alta diversidad y fortalezcan sus compromisos ambientales como emprendedores sociales. La tendencia mundial indica que tanto las empresas como los

<sup>1</sup> En las inmediaciones tienen centros de investigación la Universidad Nacional de Misiones, Fundación Vida Silvestre y Universidad Nacional de La Plata.

profesionales enfocarán sus actividades considerando un triple impacto: económico, social y ambiental<sup>2</sup>.



Fig. 2. Comuna Yerbas del Paraíso

### III. MÉTODOS

En el año 2013 la ACMPT, en su calidad de Centro Emprendedor El Soberbio del Programa Jóvenes Emprendedores Rurales (PJER), brindó asistencia a un joven emprendedor, Maximiliano Espínola, para equipar una carpintería artesanal y ofrecer servicios de bioconstrucción en el área de influencia de la RBY. Una vez ejecutado el proyecto, no logró poner en marcha su emprendimiento debido a los cortes de suministro eléctrico y la baja tensión de la red, que impiden el funcionamiento de los equipos. Esta situación se transformó en el corazón de otro proyecto cuya idea fue gestada por el joven: “¿cómo generar energía eléctrica utilizando fuentes renovables sin dañar el ambiente?”

Esa inquietud más la crisis eléctrica provincial condujeron a tomar contacto con el Ing. Erik Barney, destacado especialmente por su trayectoria en la construcción de microturbinas hidráulicas.

Un grupo de docentes del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la UNLaM de

visita educativa en la región, tomó la iniciativa de traducir esa necesidad en una idea de proyecto junto a la Facultad de Ingeniería Oberá (FIO) de la UNaM. Eso derivó en la presentación ante la convocatoria de Proyectos de Tecnologías para la Inclusión Social (PTIS) del Programa Consejo de la Demanda de Actores Sociales (PROCODAS) 2016, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT). La propuesta consistió en el diseño y fabricación de un prototipo de microturbina hidráulica para ser ensayado en el arroyo Yerbas del Paraíso donde el carpintero posee su emprendimiento.



Fig. 3. Arroyo Yerbas del Paraíso

### IV. RESULTADOS Y OBJETIVOS

#### A. Desarrollo de un prototipo de microturbina hidráulica, tablero y generador asincrónico

El proyecto “Energía sustentable para el desarrollo socioproductivo en la zona de influencia de la Reserva de Biósfera Yabotí, Misiones.”, se ejecutó durante el 2017 con los aportes técnicos y profesionales de la FIO de la UNaM, el DIIT de la UNLaM, el GERM y la ACMPT.

El financiamiento obtenido permitió la construcción de un prototipo de microturbina hidráulica tipo Michel Banki

<sup>2</sup> Ver por caso, la calificación de Empresas B. disponible en <https://sistemab.org/>

modificada con dos rodetes y diferencial de Peugeot; además se adquirió un motor marca WEG de 5,5 HP, 1000 rpm, que se utilizará como generador asincrónico, y los elementos que componen el tablero de control de la máquina.

La utilización de este tipo de generación se debe:

- a) a la dificultad de disponer de generadores sincrónicos de tan baja potencia, como requiere el proyecto; y
- b) a la generación asincrónica que tiene la ventaja de ser menos costosa y de regulación más sencilla.

También se brindaron talleres de capacitación a estudiantes y docentes, vecinos, productores, sobre el desarrollo de la microturbina y la potencialidad del agua para generar energía.

Para el diseño de la microturbina se tomaron inicialmente los siguientes datos hidráulicos:

- $Q = 300 \frac{l}{s} = 0,3 \text{ m}^3/s$  (caudal del arroyo)
- $H = 2,5 \text{ m}$  (altura del arroyo)

Con estos datos calculamos la potencia de la micro-central:

$$P_{MC} = 5 \cdot H \cdot Q = 5 \cdot 2,5 \cdot 0,3 = 3,75 \text{ KW}$$

Luego procedemos al cálculo de los parámetros del rodete la turbina, el cual es el encargado de transformar la energía hidráulica en energía mecánica de movimiento y por medio del generador, acoplado a su eje, transforma esta energía en energía eléctrica.

Calculo de los parámetros del rodete:

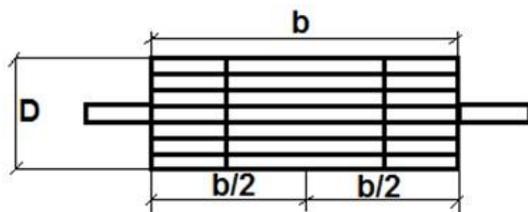


Fig. 4. Parámetros del Rodete

$$N = \frac{39 \cdot \sqrt{H}}{Q} = \frac{39 \cdot \sqrt{2,5}}{0,3}$$

$= 208 \text{ rpm}$  (Velocidad de la turbina)

$$b = 0,036 \cdot \frac{N \cdot Q}{H} = 0,036 \cdot \frac{208 \cdot 0,3}{2,5} = 0,89 \approx 0,9 \text{ m}$$

$$D = 0,3 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta los datos obtenidos y considerando las siguientes pérdidas:

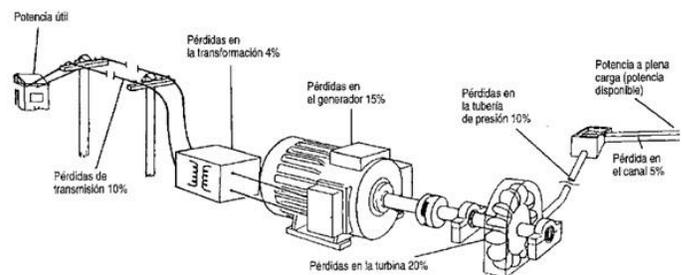


Fig. 5. Pérdidas de Eficiencia

Agregando que el generador será utilizado a partir de un motor de inducción, por lo tanto, esta transformación supondrá una pérdida en su eficiencia de aproximadamente del 30%.

Además se diseñó una novedosa turbina de doble rodete, es decir, con doble alimentación (como se ve en las figuras), con el fin de aprovechar la variación extrema de los caudales. Cuando se tiene un caudal bajo se utilizará solamente un conducto de alimentación que hará mover un rodete y en caso de tener un caudal mayor se utilizarán los dos conductos que moverán los dos rodetes obteniéndose así la potencia máxima.

La potencia máxima entregada por la turbina deberá ser de:

$$P_T = P_G \cdot 1,1 = 5,5 \cdot 1,1 = 6,05 \text{ kW}$$

Siendo 1,1 la consideración de las pérdidas por transmisión mecánica entre el generador y la turbina y  $P_G$  la potencia del generador la cual se dimensionó teniendo en cuenta

sus pérdidas (25 %) y las pérdidas de transmisión eléctrica (10%).

$$P_G = P_{MC} \cdot 1,45 = 3,75 \cdot 1,45 = 5,44 \cong 5,5 \text{ kW}$$

Por lo tanto, el caudal máximo total que debemos turbinar será de:

$$Q_{max} = \frac{P_T}{5 \cdot H} = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

Teniendo en cuenta que este caudal circulará por dos tubos donde cada uno alimenta un rodete. Todos estos parámetros se corroborarán mediante los ensayos in-situ una vez que el sistema esté instalado.



Fig. 6. Microturbina Hidráulica

A fin de cotejar las condiciones topográficas y ambientales para el emplazamiento de los equipos, docentes de ingeniería civil de la UNLaM<sup>3</sup> efectuaron una visita para analizar la hipótesis de elevación de nivel mediante la construcción de un azud.



Fig. 7. Visita Delegación UNLaM, UNaM y ACMPT

La materialización del mismo sobre el arroyo Yerbas del Paraíso, para una sobreelevación mínima de 2,50 metros respecto del fondo del cauce existente, produciría incrementos en los tirantes del curso de agua que generarían el anegamiento de las planicies de inundación del arroyo, en particular de aquellas ubicadas sobre la margen derecha donde se encuentran parcelas con viviendas.

Por su parte, el remanso hidráulico generado por el azud, generaría sobreelevaciones en los tirantes normales del arroyo, hasta unos 3,00 metros aguas arriba de la obra. Esto generaría la ampliación del valle natural de inundación del arroyo, afectando a las parcelas linderas al cauce.

En virtud de ello, recomiendan emplazar la turbina en otra localización, en la cual exista un desnivel en el lecho del río de no menos de 2,50 m a fin de reducir la envergadura de la obra y asegurar el eficiente funcionamiento de la microturbina.

<sup>3</sup> Delegación UNLaM integrada por Lic. Marcelo Juárez, Ing. Pablo Espiñeira, Ing. Gabriel Celentano e Ing. Federico Pencieri.

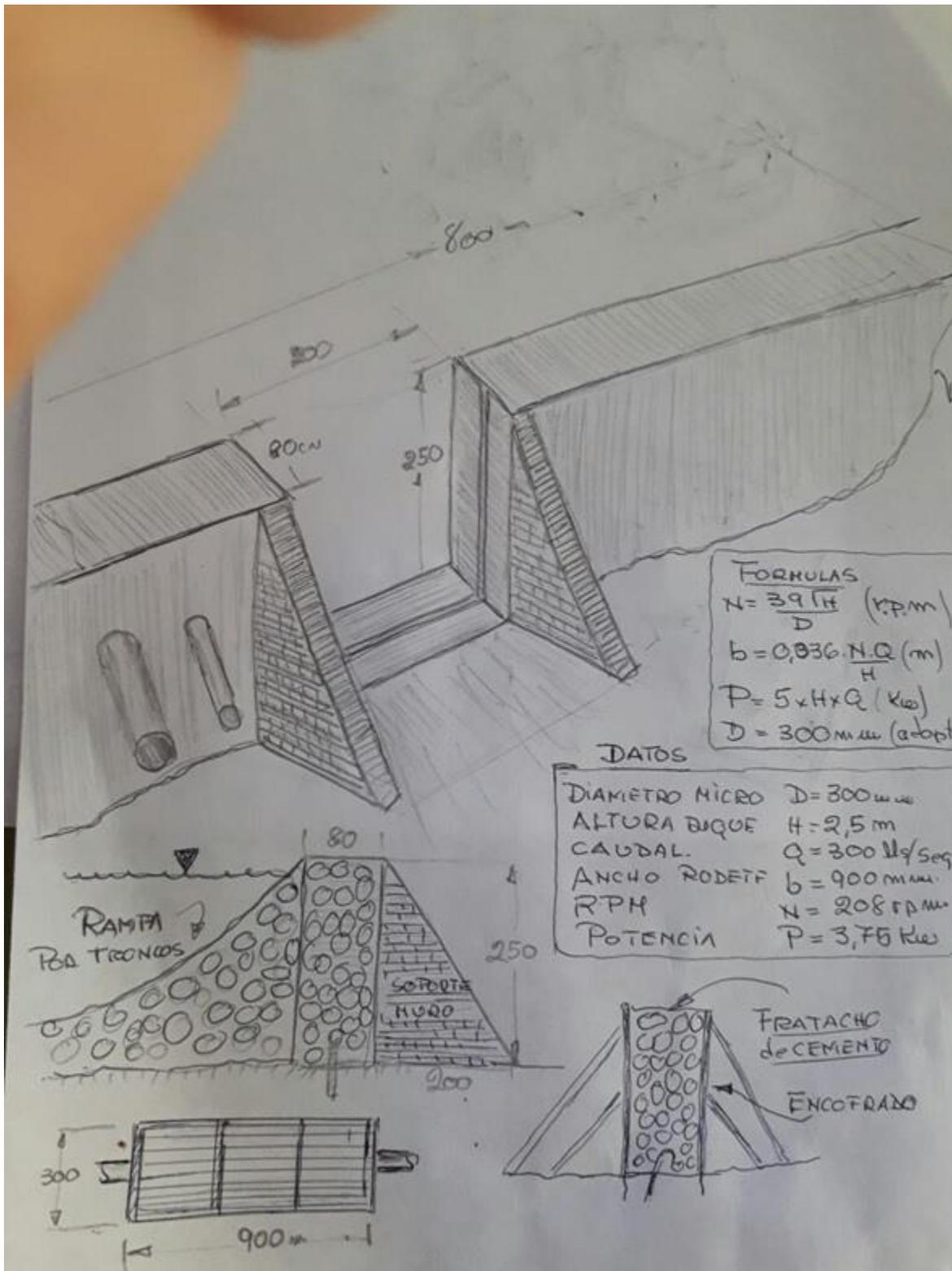


Fig. 8. Esquema Preliminar del Azud

## V. DISCUSIÓN

### A. Implantación del prototipo de microturbina en Colonia Pepirí

Atendiendo las recomendaciones de los ingenieros civiles, se exploraron otras opciones de emplazamiento del prototipo de microturbina, tomando en consideración lo expresado por D. Baranger [1] en la “Guía metodológica para la implementación de pequeños emprendimientos hidráulicos”. En consecuencia se encontró un lugar con las condiciones ambientales y sociales adecuadas sobre el arroyo Trigeño. Ubicado a menos de 30 metros de la ruta provincial N° 2 (15 kilómetros antes del Parque Provincial Saltos del Moconá), y donde el arroyo presenta un salto de 9 metros de altura, con un caudal similar al del proyecto original de 300 l/s.



Fig. 9. Ubicación Colonia Pepirí

A priori, estimando dicho caudal en una cuenca de 16 km<sup>2</sup>, se podría obtener unos 12 kW de potencia. La turbina diseñada originalmente para trabajar con dos metros de altura estaría operando a una altura mayor a la prevista, dando un aporte de potencia de 3 kW; esto se debe a que no se turbinará el total del caudal del arroyo para preservar su cauce.

Para su desarrollo, se solicitó apoyo al MINCYT-PROCODAS, con el proyecto “Implantación del prototipo

de microturbina hidráulica en el arroyo Yervas del Paraíso para autogeneración eléctrica en la Reserva Biósfera Yabotí”. El cual fue ejecutado durante el año 2018 y permitió financiar la construcción de tubos, codos, perfil, rejilla y compuertas.

Este salto de agua se encuentra en el Paraje Mbiguá, Colonia Pepirí, dentro de la Reserva Biosfera Yabotí, donde sus habitantes e incluso el Aula Satélite Escuela de Frontera 618 carecen de suministro eléctrico.

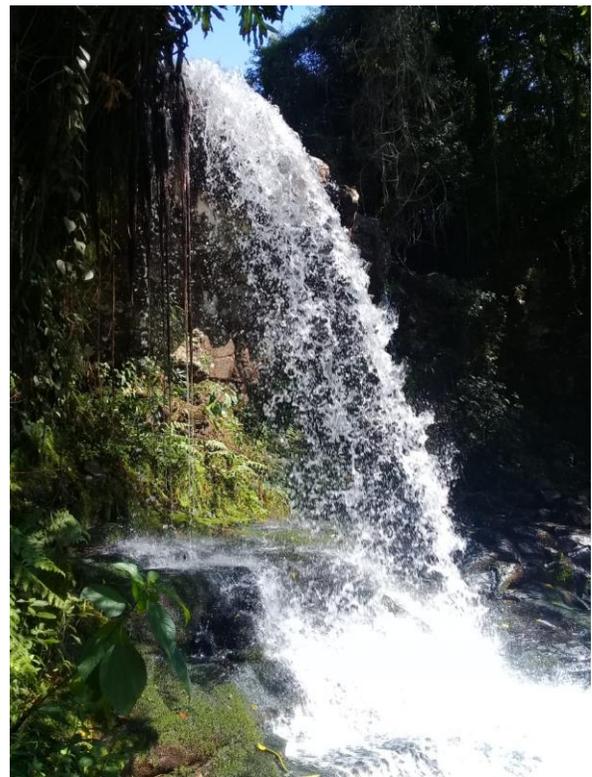


Fig. 10. Salto Arroyo Trigeño

Con este prototipo se podrá abastecer de electricidad al Aula Satélite y alguna familia miembro del Consorcio Colonia Pepirí, una comunidad integrada por aproximadamente 30 familias. A la vez, permitiría alentar el turismo educativo, con jóvenes de universidades y escuelas que puedan aprender sobre energías renovables y disfrutar del entorno natural.

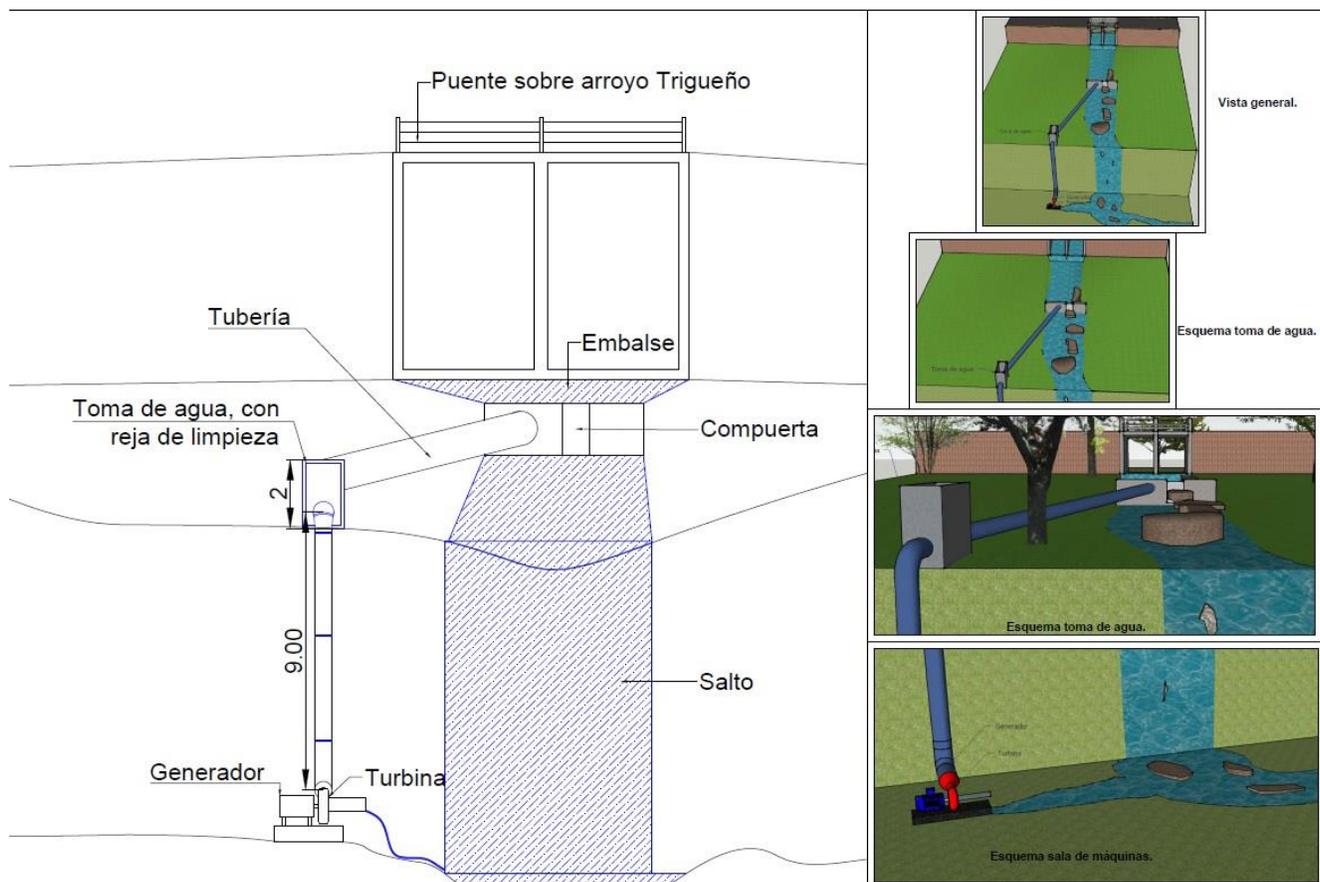


Fig. 11. Diseño de la Obra Civil

## VI. CONCLUSIONES

Concluido el financiamiento, la comunidad local continuó las obras civiles en el área de intervención, instalándose una microcentral de laboratorio de 1 kW (cedida por Erik Barney) para que se disponga de energía eléctrica en obra y la comunidad se familiarice con el uso y mantenimiento del equipo. No obstante, como no se dispone de los materiales necesarios ni con financiamiento para su adquisición, el final de obra se encuentra demorado pese a la voluntad y el entusiasmo de la población.

Con este proyecto, al mismo tiempo que se empodera la comunidad local en el manejo de fuentes de energía, se

fortalece la educación y la igualdad de acceso a los servicios públicos. También abre una perspectiva de turismo temático-educativo ya que se ubica en el corredor que conduce al Parque Provincial Moconá, a 15 kilómetros de distancia del emplazamiento.

Además de crear una innovación para el hábitat social, el proyecto afianzó lazos de intercambio técnico y académico entre el DIIT de la UNLaM, la FIO de la UNaM y el GERM. Tanto las publicaciones como las

presentaciones del proyecto en foros internacionales<sup>4</sup> fueron resultado de este trabajo mancomunado.



Fig. 12. Intercambio Técnico y Académico

Por último, de manera indirecta, el proyecto expone la interpelación de un tema sensible y cuestionado por la población misionera: la amenaza de construcción de nuevas megarepresas con afectación negativa al ambiente y la sociedad, y su contrapunto, la posibilidad de crear microcentrales a escala comunitaria.

Esta unidad piloto educativa para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, integrando las distintas fuentes disponibles (sol, agua, bioma), es potencialmente replicable en otras zonas naturales protegidas de la provincia.

En síntesis, el desarrollo de este tipo de experiencias piloto, aspira a plantear de forma visible las divergencias entre enfoques productivistas y los enfoques sociales donde el centro y finalidad de las acciones se orientan a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

*“En una gran selva, por razones desconocidas, comenzó a desatarse un enorme incendio. Las llamas eran cada vez más grandes y se llevaban todo por delante.*

*En medio de ese caos, un pequeño colibrí voló al río, mojó en él sus alas, y regresó al incendio agitándolas con la intención de apagar el fuego. Repitió el proceso incansablemente, yendo y viniendo una y otra vez. El fuego no parecía reducirse ni un poco.*

*Los otros animales, que estaban viendo lo que sucedía, le dijeron al colibrí*

*-Oye, ¿por qué estás haciendo eso? ¿Cómo crees que con esas gotitas de agua puedes apagar un incendio de tales dimensiones? ¡Jamás lo podrás lograr!*

*El colibrí, sin desanimarse, les respondió:*

*-La selva me ha dado todo, tengo un inmenso amor por ella. Yo nací en esta selva que me ha enseñado el valor de la naturaleza. Me ha dado todo lo que soy y tengo. Es mi origen y mi hogar, por eso y aunque no lo pueda apagar, si es necesario voy a dejar mi vida intentándolo con estas gotas de agua.*

*Los animales se quedaron conmovidos al escuchar al colibrí, y poco a poco muchos de ellos comenzaron a sumarse a sus esfuerzos y entre todos, lograron apagar el fuego.<sup>5</sup>”*

Como el colibrí, podemos hacer nuestra tarea con pasión para que otras iniciativas crezcan y se potencie la gestión autónoma de las comunidades y la educación, especialmente en el manejo de la energía y el agua. Y finalmente, que podamos construir alternativas para preservar el ambiente y aportar nuestra “gotita de agua” que apague el incendio y reemplace aquello que hace daño a la selva y el planeta Tierra.

<sup>4</sup> Presentaciones en: 4° Congresso de Engenharia e Ciências Aplicadas nas Três Fronteiras (MEC3F-2019) realizado en Foz do Iguaçu, del 02 al 04 de octubre de 2019; Salão do Conhecimento 2019

en la XX Jornada de Extensão. UNIJUÍ. IJUI, del 21 al 24 de Octubre de 2019.

<sup>5</sup> Cuento popular, anónimo.

## VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

### A. Referencias bibliográficas:

[1] D. Baranger, et al. “Guía metodológica para la implementación de pequeños emprendimientos hidráulicos”. Revista Imagen. Universidad Nacional de Misiones. Volumen 4. 1997.

### B. Bibliografía:

CAMMESA. “Informe Anual 2018”. 2019. [en línea].

Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2019. Disponible en:

<http://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/Informe%20Anual%202018.pdf>

CAMMESA, “Informe Mensual, Principales Variables del Mes”. Octubre 2019. [en línea]. Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2019. Disponible en:

<http://portalweb.cammesa.com/MEMNet1/Informe%20Mensual/Informe%20Mensual.pdf>

El Territorio. “Con poca inversión, colonos pueden tener luz de por vida”. Julio 2017. [en línea]. Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2019. Disponible en:

<https://www.elterritorio.com.ar/con-poca-inversion-colonos-pueden-tener-luz-de-por-vida-0909324431916520-et>

Honorable Congreso de la Nación Argentina. “Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica”. Ley 26.190. 2006. [en línea]. Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2019. Disponible en:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/123565/norma.htm>

Vargas, F. et al. “Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica, en Informador Técnico”. Colombia. Edición 75, pp. 73 – 85, Enero - Diciembre 2011.

**Recibido:** 2019-12-04

**Aprobado:** 2019-12-19

**Hervínculo Permanente:** <https://reddi.unlam.edu.ar>

**Datos de edición:** Vol. 4 - Nro. 2 -Art. 2

**Fecha de edición:** Formato: 2020-01-31

