



**Documento:** DI/47  
**Item Agenda:** GROL 8  
**Presentado por:** Perú

## **“ APLICACIONES DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA ANTÁRTIDA ”**



## **APLICACIONES DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA ANTÁRTIDA**

Ing. Fernando Jiménez  
Grupo de Estudios Antárticos  
Pontificia Universidad Católica del Perú

El Programa de Energía se planteó como objetivo investigar los principales recursos energéticos disponibles en Punta Crepín, la zona de la Estación Antártica Peruana Machu Picchu, evaluar la factibilidad de la utilización de estas fuentes de energía con fines de satisfacer las necesidades energéticas de la Estación y experimentar en la aplicación de tecnología que aún no se había utilizado en ningún sitio de la Antártida.

Para tal fin se desarrollaron proyectos en energía eólica, energía solar e hidroenergía

### **PROYECTO DE UTILIZACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA**

La energía eólica es una fuente cuya aplicación ha sido considerada como alternativa en algunos sitios de la Antártida, existiendo cierta experiencia en proyectos piloto y prototipos, pero que no obtuvieron los resultados esperados por una inadecuada selección de la tecnología que se empleó, la cual no satisfizo los exigentes requerimientos de las condiciones antárticas.

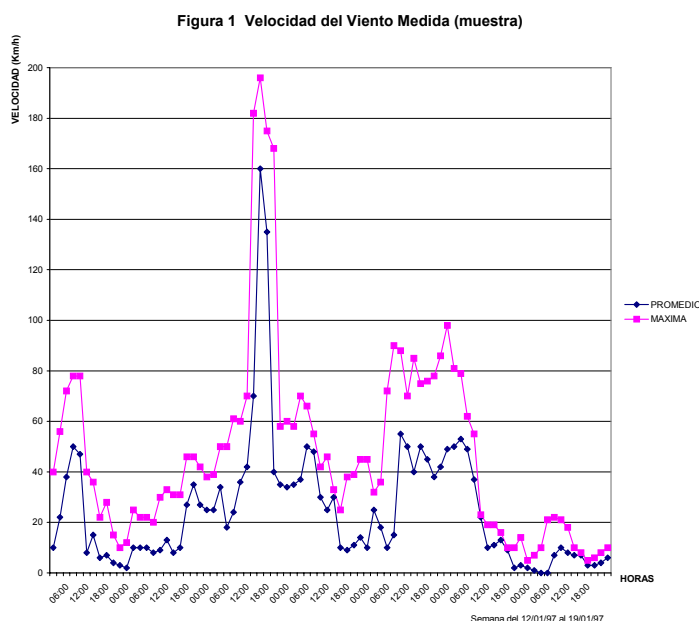
En la actualidad se usan aerogeneradores para cargar baterías y suministrar energía de baja potencia a instrumentos electrónicos en estaciones automáticas de monitoreo, en lugares alejados de las fuentes convencionales de suministro de electricidad (grupos diesel).

El estudio realizado tuvo como objetivo evaluar las características eólicas de Punta Crepín, lugar donde se ubica la Estación Científica Antártica Peruana Machu Picchu, para determinar la viabilidad de satisfacer las necesidades de electricidad de dicha Estación.

Actualmente la permanencia del personal científico en este lugar se circunscribe a los meses de verano y se tiene planificado ampliar esta cobertura a todo el año. En esas condiciones la utilización del recurso eólico sería sumamente interesante para disminuir el consumo de combustible y eventualmente eliminarlo, con la consiguiente reducción del riesgo de contaminación por derrames y de emisiones a la atmósfera.

Para poder salvar la imposibilidad de un monitoreo continuo anual, se hizo una correlación con los datos de los últimos años de la Estación Antártica Comandante Ferraz de Brasil, la cual se encuentra a 3 kilómetros de Punta Crepín. Se analizaron los valores de viento registrados en el mismo período en ambos emplazamientos y se determinó, en función de la dirección del viento, los factores de corrección que deben emplearse para predecir el comportamiento del viento en Punta Crepín en cualquier época del año con la data de la Estación Ferraz.

Como era de esperar, en función de la topografía, los valores fueron similares con viento SW, S, SE y NW. Cuando el viento es W en Punta Crepín es 20% mayor que en Ferraz. Al tener viento N, en Ferraz es 40% mayor y al ser NE esta zona tiene viento 30% mayor, con relación a Punta Crepín.



Monitoreo de viento

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Velocidad Media	6,24	m/s (22,5 Km/h)
Ráfagas	54,3	m/s (195,5 Km/h)
Densidad Eólica	33,5	kW/m <sup>2</sup>
Persistencia (3,5 m/s)	61,78	%

Se ha determinado que para poder cubrir las necesidades totales de energía, en verano, de la Estación Machu Picchu un arreglo adecuado sería de 5 aerogeneradores de 10 kw de potencia nominal cada uno.

Esta tecnología ya tiene comprobada aplicación en la Antártida, faltando desarrollar apropiados criterios de selección para condiciones antárticas.



## **PROYECTO DE UTILIZACIÓN DE ENERGÍA SOLAR**

El uso de la energía solar en estaciones antárticas ya es una realidad para suministrar electricidad a equipos electrónicos, existiendo experiencias al respecto. El empleo de electricidad fotovoltaica a baja potencia y voltaje satisface requerimientos específicos como el monitoreo en puntos aislados.

El objetivo del proyecto fue investigar sobre dos nuevas aplicaciones para las estaciones antárticas: el calentamiento de agua y el bombeo de agua. Paralelamente se estudiaron los niveles de energía solar en la zona.

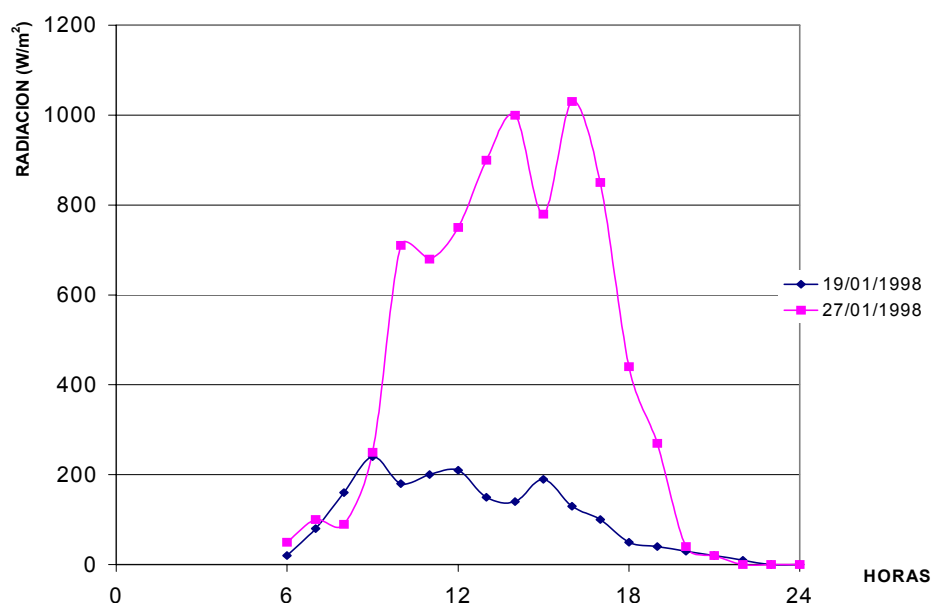
El sistema para el calentamiento de agua experimentado fue un calentador de tubos al vacío de 80 litros de capacidad, que es una tecnología de alta eficiencia, confiabilidad y resistencia.

Los resultados obtenidos han sido bastantes alentadores, obteniéndose una eficiencia de transformación de energía solar en agua caliente del orden del 72% e incrementos de temperatura del agua del orden de 23°C, en condiciones de radiación promedio de 460 W/m<sup>2</sup>.

Así, se ha demostrado la factibilidad del calentamiento de agua, con la tecnología propuesta, en el verano austral, cuando la necesidad de agua tibia (no helada) es importante, por el incremento del personal en las estaciones científicas. Habría que notar que una parte importante de la energía total utilizada en las estaciones es por este concepto.

Paralelamente se experimentó con un sistema fotovoltaico de bombeo de agua. La bomba evaluada es de 4 galones por minuto de capacidad (GPM) nominal, accionada por un motor eléctrico de 24 voltios y ¼ HP de potencia. El suministro de energía se obtuvo de dos paneles fotovoltaicos de 48 W cada uno, conectados directamente a la bomba, es decir, sin baterías de acumulación. Esta condición de operación se seleccionó para poder conocer el comportamiento en situaciones extremas y analizar si efectivamente son requeridas las baterías, que son costosas, pesadas y requieren cuidado en su manipulación desde el punto de vista ambiental.

Los resultados mostraron que, con los equipos ensayados, es posible mantener un suministro promedio de 1,7 GPM de agua, durante el mes de Enero, con una radiación promedio de 400 W/m<sup>2</sup>, siendo capaz de satisfacer las necesidades de agua para una población de 20 personas en la Estación Machu Picchu durante el verano. La ventaja es que estos sistemas tienen diferentes potencias y arreglos, además de posibilitar un crecimiento modular.

**Figura 2. Radiación Solar diaria (muestra)**


Pruebas con bomba solar



Pruebas de calentador solar de agua

### PROYECTO DE UTILIZACIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA

Mientras se realizaban las primeras mediciones energéticas en la zona de la Estación Machu Picchu, se identificó a la hidroenergía como una alternativa energética que podría ser aprovechada, específicamente en verano, época del año en la que se producen los deshielos y

la Estación tiene la mayor actividad y, en consecuencia, el más alto consumo de agua y energía eléctrica.

No se conocían antecedentes de la utilización de hidroenergía en otras estaciones antárticas, sin embargo en el Perú existe experiencia de importancia regional en microturbinas hidráulicas, por lo que se creyó conveniente investigar sobre esta fuente de energía.

El Proyecto desarrollado tuvo como objetivo:

1. Evaluar el recurso hidroenergético de los deshielos en la zona de la estación Machu Picchu.
2. Evaluar el comportamiento de una microturbina hidráulica bajo condiciones reales.
3. Estudiar el impacto ambiental que produciría la instalación permanente de un sistema hidroenergético.

### **Recurso Hidroenergético**

El agua proveniente de los deshielos forma un riachuelo, que normalmente sale por una gruta, por debajo del glaciar y desemboca en el mar.

Se realizó un levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio y así se pudo determinar el Salto Bruto Disponible, que es de 13 metros, entre la salida de la gruta y el cuerpo de agua que se forma antes de la desembocadura del riachuelo al mar. Una representación tridimensional de este levantamiento se muestra a continuación:



Levantamiento topográfico



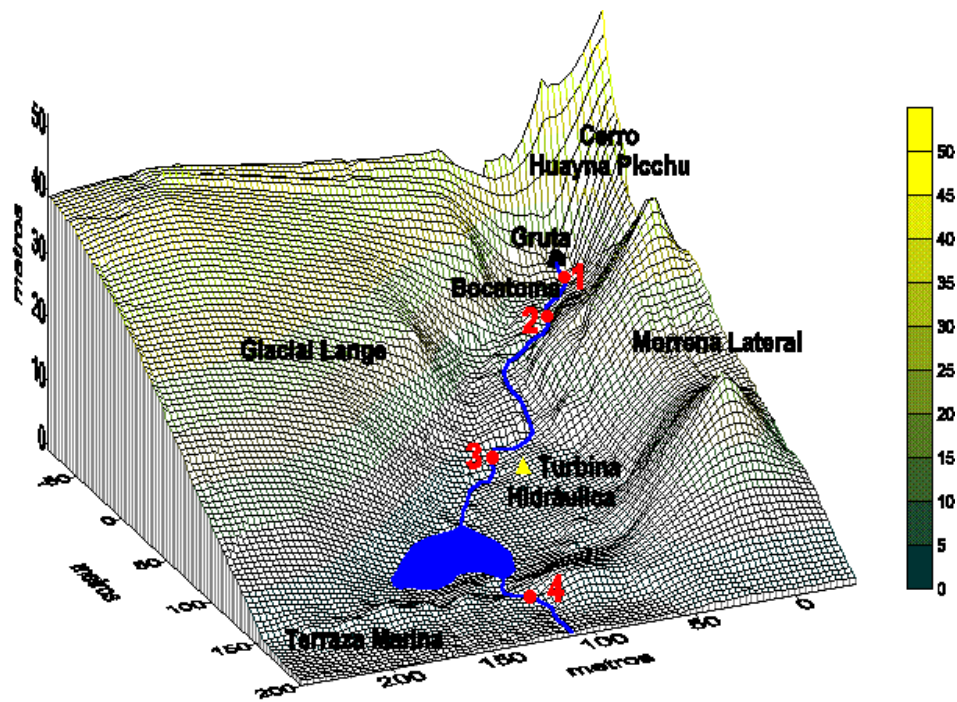


Figura Nº 1. Área de estudio (ubicación de los puntos de medición de caudal y muestreo de agua)

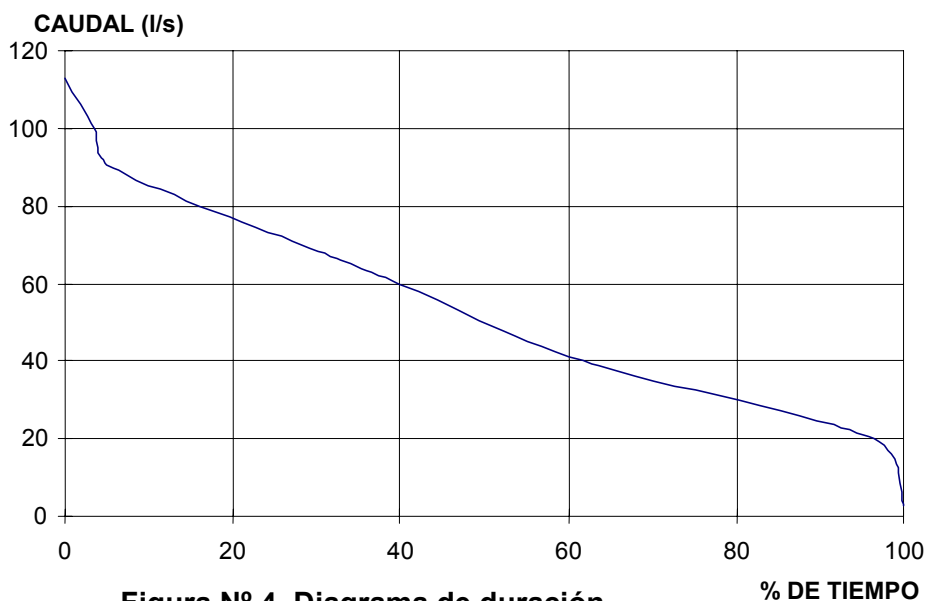
El diagrama de duración se muestra en la Fig. 4. El diagrama de duración nos indica el porcentaje de tiempo durante el cual se cuenta con un caudal igual o mayor al indicado.



Monitoreo de caudal de agua



Pruebas de microcentral

**Figura N° 4 Diagrama de duración**

La Energía Eléctrica que se hubiese podido generar durante el período que duró la permanencia en la estación sería de 892,8 kW-h; lo cual serviría para cubrir el 25% de la demanda de energía de la estación durante el mismo período de tiempo.

### Comportamiento de la turbina hidráulica

En base a mediciones preliminares y la calidad de agua se determinaron los siguientes parámetros para el diseño y construyó una turbina hidráulica:

Tipo	flujo cruzado:
velocidad nominal	600 rpm
salto neto	5 m
caudal nominal	20,4 l/s
potencia nominal	1 HP

La microcentral hidroeléctrica se concibió para una rápida instalación (y retiro), con tubos de polímeros de ensamble rápido. Se realizaron ensayos en Laboratorio para comprobar la resistencia del material a bajas temperaturas. Se evitó hacer represamiento para el almacenamiento de agua y se puso en funcionamiento en el riachuelo, operando satisfactoriamente.





## **Impactos Ambientales Potenciales**

### **Impactos Negativos**

- Con la implantación de un proyecto hidroenergético se ocasionaría una alteración del balance natural del ecosistema y del hábitat local, aunque mínimo y transitorio al ser una micro central.
- Durante la operación de la central hidroeléctrica, la calidad del ambiente será afectada por los ruidos y vibraciones generados por la central, aunque son reducidos por ser una micro central.

### **Impactos Positivos**

- La central hidroeléctrica es una fuente de energía que no genera contaminación atmosférica.
- El uso de la hidroenergía reduce el riesgo de derrame por transporte y manipulación de combustible.
- La disponibilidad de la energía hidroeléctrica significaría la reducción del consumo de combustibles y reducción de costos a largo plazo.

### **Prevención / Mitigación**

- Se sugiere que se utilicen micro centrales hidroeléctricas de carácter temporal, con una estructura lo suficientemente flexible para emplazarla solamente cuando se requiera.
- Se requiere un estudio hidrológico detallado del régimen de caudales con el fin de diseñar una central hidroeléctrica que utilice el mínimo necesario para generar la energía para los requerimientos de la Estación.
- Se debe cumplir la normatividad ambiental vigente en la Antártida.

### **Conclusiones del proyecto**

- Se ha evaluado el potencial del recurso hidroenergético del deshielo del glaciar Lange, en la zona del riachuelo; determinándose que se puede satisfacer la energía equivalente al 25% de la demanda de energía de la Estación Machu Picchu durante los meses de verano.
- La energía generada puede ser utilizada para una estación de monitoreo, refugio o estación de bombeo de agua, ubicada en la zona del riachuelo, para la Estación Machu Picchu.
- Se ha diseñado, construido y evaluado una micro central hidroeléctrica en la cual se ha comprobado la posibilidad de utilización de una tubería de material liviano como el PVC, y



la conveniencia de utilizar una turbina de flujo cruzado de diseño robusto y sin embalse de agua significativo.

- El Estudio de Impacto Ambiental nos indica que no sería conveniente la instalación permanente de una Central Hidroeléctrica, así como la construcción de grandes obras civiles de almacenamiento de agua.
- Se ha comprobado la factibilidad técnica de una instalación temporal para verano, de rápido traslado y ensamble, y con un mínimo impacto sobre el medio ambiente. Se abre así una posibilidad no aprovechada aún en la Antártida, en zonas de deshielo de glaciares.

### **CONCLUSIONES FINALES**

1. Antes de iniciar cualquier proyecto abastecimiento de energía por fuentes renovables se debe hacer un estudio de uso eficiente de la energía, para reducir al mínimo racional las necesidades de energía de una Estación, sin alterar su comodidad y funcionalidad.
2. Es factible, como en muchas zonas de la Antártida, utilizar energía eólica para abastecer los requerimientos eléctricos de la Estación Machu Picchu.
3. Es factible utilizar la energía solar en el verano austral, no solamente para generar electricidad en estaciones remotas, sino también para el calentamiento directo del agua, así como para el bombeo de agua.
4. Es factible, y ambientalmente aceptable, instalar microcentrales hidroeléctricas de rápido ensamble en los deshielos de glaciares, utilizando turbinas de flujo cruzado, que resisten altos valores de material sólido en suspensión.
5. Se recomienda considerar la utilización de estas tecnologías cuando se evalúe el abastecimiento de energía y así reducir el impacto ambiental que genera la utilización de hidrocarburos en la Antártida.