

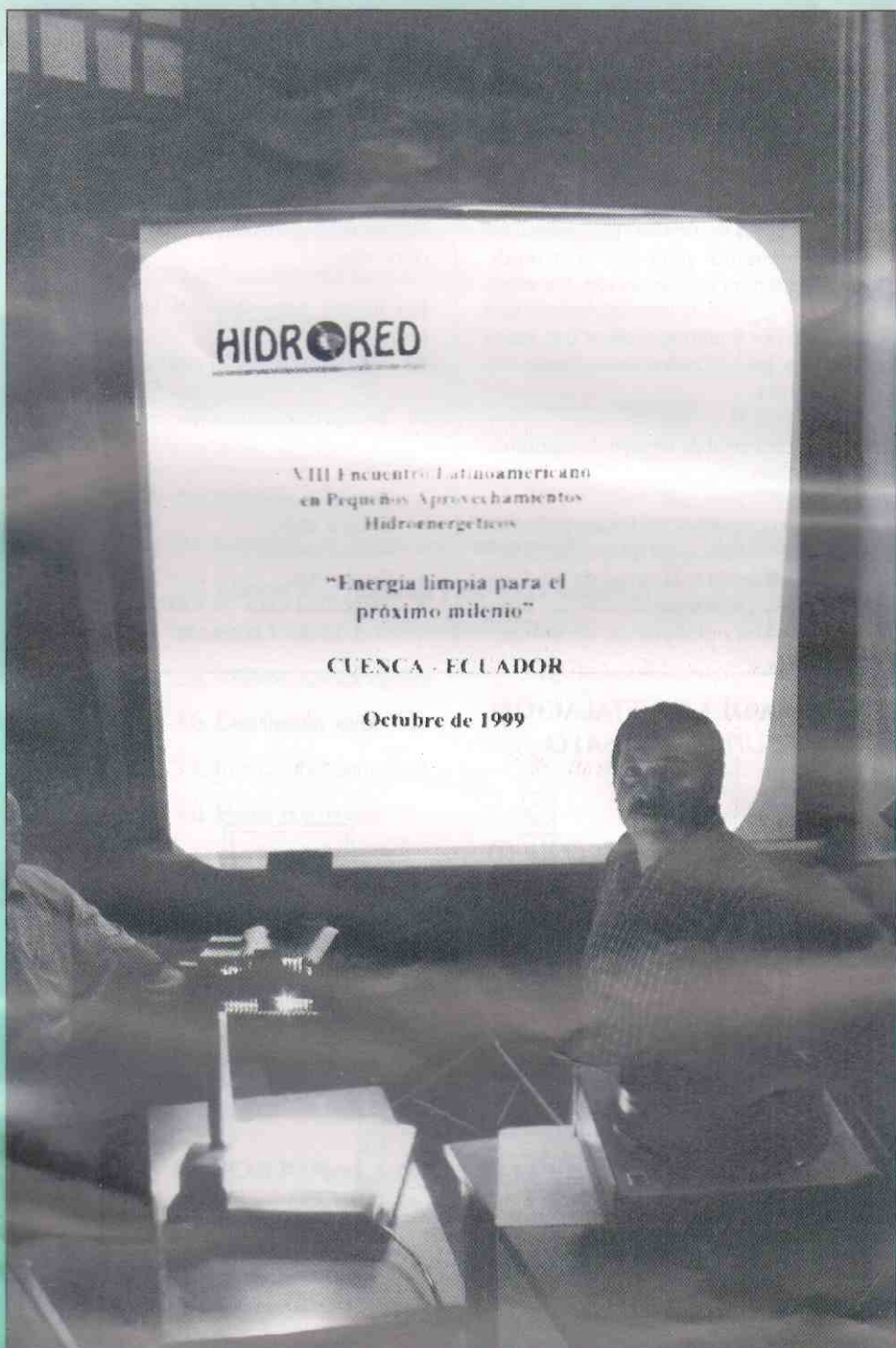
# HIDRORED

RED LATINOAMERICANA DE MICRO HIDROENERGÍA

ISSN 0935 - 0578

EDICIÓN ESPECIAL

2-3/98



## *Estimados lectores,*

*Esta vez les entregamos una edición especial, que corresponde a los números 2 y 3 de 1998. De esta manera, nos estamos poniendo al día en la publicación de la revista y trataremos de mantener la regularidad en la edición para el próximo año.*

*En reunión del Comité Editorial de HIDRORED, realizada en Villavicencio - Colombia en octubre pasado, se decidió ampliar el tema de la revista a temas en energía eólica, lo que iniciamos a partir de la presente edición. Reiteramos la invitación para que nos hagan llegar sus trabajos, ahora en los campos de la microhidroenergía y la energía eólica, y así poder compartirlos a través de esta revista.*

*Por otro lado, les informamos que ya se decidió la sede del VIII Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos. Se realizará en Ecuador, siendo el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección de Energías Alternativas, el encargado de la organización con la colaboración de la Red Latinoamericana de Hidroenergía (HIDRORED).*

*Asimismo, aprovechamos la oportunidad para desearles los mejores augurios en el año venidero. ¡Feliz 1999!*

*El Comité Editorial*



# Bancos de ensayo de turbomáquinas

Sergio Liscia y Cecilia Lucino

## RESUMEN

El Departamento de Hidráulica cuenta con una superficie de 6800 m<sup>2</sup> destinada a actividades de laboratorio, a las que se suman otros 900m<sup>2</sup> para la docencia. Está equipado con dos canales vidriados inclinables, un cuenco con bateales para la generación de oleaje bidimensional, un canal de olas unidireccional, un banco universal de ensayos de turbomáquinas hidráulicas, un banco de ensayos de turbinas de baja potencia, tres bancos de pruebas para diversos tipos de turbinas para uso docente y diversas instalaciones universales para el contraste de instrumental de medición.

Un circuito cerrado permite disponer de un caudal máximo de 900 l/s para el tanque de nivel constante que es alimentado por bombeo desde una cisterna de 1000 m<sup>3</sup>. Por otra parte, el circuito del Banco Universal está equipado con un tanque de calibración volumétrica con una capacidad de 150 m<sup>3</sup>, utilizado frecuentemente para la calibración y contraste de equipos, así como para la realización de ensayos de bombas cuando se requiere medir con errores mínimos.

Los bancos de prueba de turbinas tienen distintos usos, de acuerdo a la precisión con

que se miden las variables operativas. Las microturbinas son ensayadas en el banco de baja potencia, tanto con el fin de certificar el funcionamiento como de desarrollar diseños.

Completan las instalaciones los talleres de carpintería, hojalatería y electrónica aplicada, destinados al mantenimiento y desarrollo de instalaciones e instrumental.

## BANCOS DE ENSAYOS DE TURBOMÁQUINAS

Los bancos de prueba de turbinas atienden diferentes propósitos según su tipo y capacidad. Podemos mencionar los ensayos en modelos reducidos para certificar rendimiento y garantía de cavitación, los ensayos de certificación de microturbinas o que solo tienen por finalidad evaluar una etapa de diseño y los utilizados únicamente con fines docentes.

### Banco universal de ensayo de máquinas hidráulicas

El Banco Universal de Ensayos de Máquinas Hidráulicas (BUEMH) está adaptado para realizar ensayos de modelos reducidos o prototipos de turbinas, bombas o ambos combinados, de los tipos

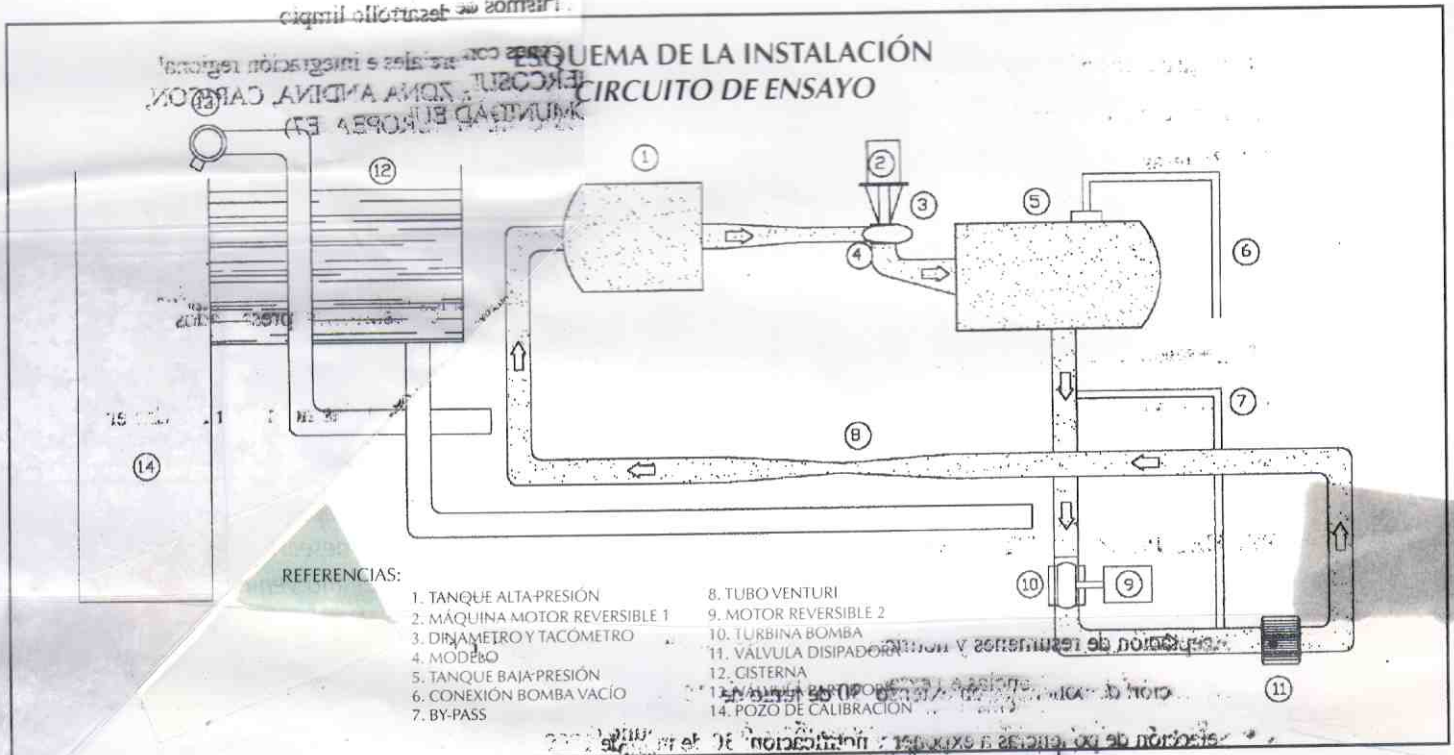
más difundidos y utilizados actualmente:

- TURBINAS: Francis, Kaplan, Hélice, Pelton, Flujo cruzado.
- BOMBAS: Centrífugas, de flujo mixto y axiales.
- TURBINAS-BOMBAS: Francis y Hélice.

Permite también estudiar el comportamiento hidrodinámico de componentes hidromecánicos de obras hidráulicas que estén sometidos a grandes presiones y/o caudales, tales como: válvulas, disipadores de energía, válvulas disipadoras de energía, bifurcaciones, compuertas, recatas, cámaras de succión para estaciones de bombeo en sus más diversas formas, y otros componentes.

Los límites admisibles de los modelos a ensayar son:

- Diámetro máx. del rodete del modelo: 500 mm
- Altura máx. de ensayo de turbinas: 50 mca
- Altura máx. de ensayo de bombas: 70 mca
- Caudal máx.: 900 l/s
- Potencia máx.: 180 kW
- Cupla máx.: 2900 Nm
- Velocidad máx. de rotación: ±2500 rpm





## b) Banco de ensayos de turbinas de baja potencia

Este banco contempla tanto el ensayo de modelos de turbomáquinas de flujo axial en general (del tipo "S", Bulbo, Hélice, y Kaplan), así como el ensayo de modelos y prototipos de micro y mini turbinas Francis y Michell-Banki.

Para el caso del circuito alternativo destinado a máquinas axiales, los límites de disponibilidad de la instalación permiten estudiar modelos dentro de los siguientes límites:

- Diámetro máx. del rodete del modelo: 500 mm
- Diámetro mín. del rodete del modelo: 250 mm
- Altura máx. de ensayo: 4 mca
- Altura mín. de ensayo: 1 mca
- Caudal máx.: 370 l/s
- Caudal mín.: 70 l/s
- Potencia máx. del freno: 25 kW
- Número de Reynolds:  $2 \cdot 10^6$

En el caso del circuito alternativo para el estudio de micro y mini turbinas Francis y Michell-Banki, los límites de disponibilidad se pueden modificar utilizando bombas en serie para alcanzar los valores de salto buscados.

- Diámetro máx. del rodete del modelo: 300 mm
- Altura máx. de ensayo: 70 mca

## TIEMPO Y COSTOS DE LOS ENSAYOS

Los ensayos de certificación de una microturbina pueden durar alrededor de una semana; esto es, el tiempo destinado al montaje del equipo, ensayos y procesamiento de la información para ser volcada en el protocolo de ensayos que entrega el Laboratorio.

Los costos de los ensayos de microturbinas oscilan entre US\$ 600 y US\$ 4000, según las dimensiones de la turbina, la cantidad de ensayos que el comitente requiera, y el tipo de ensayo (es decir rendimiento turbina, rendimiento conjunto, calibraciones adicional que requiera etc).

## BANCOS DE PRUEBA DE TURBINAS PARA USO DOCENTE

Estas instalaciones son utilizadas para la enseñanza y entrenamiento en el uso de

turbinas hidráulicas, para los alumnos de la facultad así como para alumnos de nivel secundario que realizan anualmente prácticas en áreas técnicas. En el circuito Francis, además del uso tradicional, se hizo una adaptación que permitió desarrollar un proyecto de estandarización de turbinas tipo Michell-Banki.

### Banco Francis

- Diámetro del rodete: 152.5 mm
- Salto nominal: 6 m
- Potencia máxima: 3 HP
- Velocidad nominal: 1000 rpm
- Caudal nominal: 2700 l/min

### Banco Pelton

- Diámetro del rodete: 295 mm
- Salto neto: 61 m
- Potencia máxima: 9.7 HP
- Velocidad nominal: 1100 rpm
- Caudal máximo: 906 l/min
- Rango de operación del regulador:  $\pm 10\%$  ajuste

### Banco de flujo axial

La instalación permite tanto el estudio sobre una turbina como ensayos sobre la bomba axial de impulsión del circuito, la misma que está provista de un visor de acrílico para observar la cavitación sobre los álabes para distintas posiciones angulares.

#### a) Turbina:

- Tipo: Kaplan de eje vertical
- Diámetro del rodete: 200 mm
- Salto neto: 2.3 m
- Máx. potencia de salida: 1.9 kW
- Caudal correspondiente: 100 l/s
- Velocidad nominal: 1080 rpm

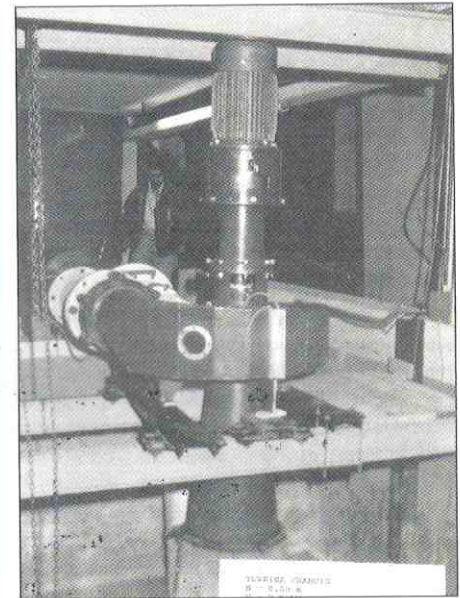
#### b) Bomba:

- Diámetro del rodete: 254 mm
- Velocidad máxima: 1450 rpm
- Velocidad mínima: 1100 rpm
- Caudal: 198 l/s
- Salto: 4.9 m
- Potencia: 22.3 kW

## ALGUNAS EXPERIENCIAS EN MICROTURBINAS

El primer uso que se le dio a estas instalaciones fue la realización de ensayos para desarrollar el diseño de microturbinas de flujo axial, proyecto que se tiene previsto continuar utilizando piezas estandarizadas para optimizar los costos.

Entre otras experiencias en que se utilizaron estas instalaciones, el laboratorio de Hidromecánica fue contratado para proveer el equipamiento completo de una microturbina Francis de eje vertical, de 8 kW de potencia, generación asincrónica y regulación por absorción de carga. El equi-



Turbina Francis

po fue destinado al grupo de gendarmería que custodia la zona de Lago del Desierto, en la provincia de Santa Cruz, cerca de la frontera con Chile.

La microturbina se montó en el Banco de Baja Potencia donde se realizaron ensayos de similitud, en una primera etapa, utilizando el freno del banco. El ensayo se realizó a salto constante y número de vueltas variable. En esta etapa se realizaron los ajustes al diseño hidráulico de la turbina, como el número de álabes del distribuidor y el ángulo de los mismos. En una segunda etapa se ensayó la turbina completa, es decir con su generador y su sistema de regulación. Para este ensayo se utilizaron cargas reales como: lavarropas, heladeras y estufas de cuarzo, hasta cubrir la capacidad total de generación y se las hizo variar en distintas secuencias, verificando que la regulación admita una variación de frecuencia que no exceda el rango  $\pm 5\%$ .

También se realizó la certificación de cinco microturbinas que la empresa Tecnhydro proveyó a la Dirección de Energía de Jujuy. En una primera etapa, los ensayos permitieron a la empresa realizar los ajustes a nivel de detalle que consideró necesarios para luego realizar los ensayos de certificación correspondiente. En este caso se ensayaron tres turbinas Michell Banki y dos turbinas Pelton.

Los autores trabajan en el Departamento de Hidráulica de la Universidad de La Plata - Argentina.  
E-mail: [clucino@volta.ing.unlp.edu.ar](mailto:clucino@volta.ing.unlp.edu.ar)



# Refrigeración mecánica usando una Pelton

por Mauricio J. Gnecco

En los climas cálidos tropicales del mundo, una de las tecnologías que trae mejoras sustanciales en la calidad de vida es la refrigeración. Las elevadas temperaturas obligan a comprar diariamente alimentos como carne, leche y vegetales, y productos agrícolas y pecuarios pierden todo su valor cuando no se refrigeran; sin frío tampoco se puede tener muchas medicinas como vacunas, antibióticos, etc.

## COLOMBIA Y FDTA

En Colombia existen numerosas regiones tropicales montañosas con grandes precipitaciones, hasta de 11.000 mm/año. Estas áreas están habitadas por alrededor de 3 millones de campesinos que no tienen acceso a la energía eléctrica del servicio interconectado.

La Fundación para el Desarrollo de Tecnología Apropiada (FDTA) es una pequeña organización no gubernamental fundada en 1983 y especializada en micro hidroenergía y bombeo de agua. FDTA tiene un Programa de Hidroenergía que está trabajando en dos zonas de estas regiones tropicales: la costa sobre el Océano Pacífico y la zona oriental de la Cordillera de los Andes hacia el Orinoco y el Amazonas.

En estas dos regiones, el programa de Hidroenergía FDTA realiza instalaciones de equipos hidroenergéticos usando microturbinas Pelton, Banki y Axiales.

## MICROTURBINAS PARA REFRIGERACIÓN

FDTA tiene nueve microturbinas instaladas para el accionamiento de pequeñas plantas de refrigeración. Una de estas "plantas" es usada para la conservación y/o refrigeración de pescados en un poblado de la costa, mientras que las otras 8 plantas de refrigeración mecánica funcionan para atender necesidades de viviendas rurales y alojamientos para ecoturismo. También se está planificando la instalación de dos sistemas para conservación de frutas tropicales.

El uso de un accionamiento mecánico entre la turbina y el compresor del congelador es una ventaja porque reduce las pérdidas asociadas a la conversión de la energía mecánica en eléctrica y de ésta, a su vez, en mecánica para accionar el motor del compresor.

También estas pequeñas plantas de refrigeración utilizan eficientemente el agua que sale de la turbina en el sistema de enfriamiento del congelador. Por lo tanto, una turbina de menor potencia puede ser usada para accionar un mismo tamaño de "planta" reduciendo los costos de instalación del sistema.

## ¿CÓMO TRABAJA LA PLANTA DE REFRIGERACIÓN?

Como en cualquier sistema de refrigeración estándar, el proceso o ciclo de trabajo ocurre como se muestra en la figura 1. La energía del agua mueve la microturbina (1) y ésta, mediante correas automotrices en "V", (2) mueve el compresor (3). El gas refrigerante es comprimido y enviado al condensador (5). Como una medida de protección se usa una trampa de aceite (4) común en equipos de refrigeración.

El condensador es enfriado por el agua que sale de la microturbina logrando que la temperatura final del refrigerante sea menor que si se enfriara por convección al aire. Esto conlleva tener condensadores más pequeños con tan sólo 2 o 3 m. de tubo de cobre y, por lo tanto, menor costo.

Por ahora se está usando gases convencionales como refrigerante (Freon), el cual pasa por la válvula de expansión (6) produciéndose un fuerte descenso de la temperatura por la expansión del refrigerante. Luego el

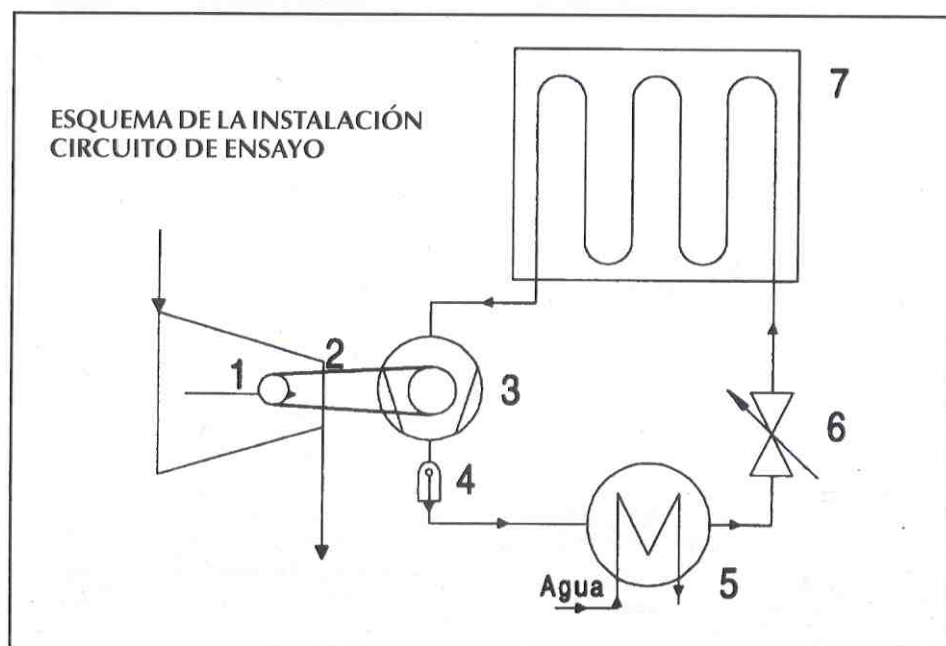
refrigerante ingresa al evaporador (7) que está colocado en un recinto o caja aislada térmicamente. Al pasar el refrigerante por el evaporador (donde se colocan los productos a refrigerar) se produce la transferencia de calor en el fluido, retornando éste al compresor para repetir el ciclo.

## CONTROL DE TEMPERATURA

La temperatura de la "caja fría" o nevera es controlada a través de una válvula que regula el flujo de agua en la turbina y por lo tanto la potencia de salida. Un simple termómetro de alcohol o mercurio se coloca dentro de la "caja fría" o con el bulbo dentro y la escala fuera.

Cuando se ha conseguido la temperatura deseada (usualmente 3 a 5°C), se cierra parcialmente la válvula de la turbina, observando la variación de la temperatura y ajustando la válvula para mantener la temperatura en el rango deseado. En algunos casos, cuando la potencia hidromecánica es equivalente a la requerida por el compresor, el equipo debe operar con la válvula totalmente abierta durante el día y cerrada por las noches.

Las plantas instaladas pueden mantener la temperatura de 4°C en una caja de 0.7 m<sup>3</sup> y congelar volúmenes de 0.2 m<sup>3</sup> hasta -10°C. El equipo más grande instalado hasta ahora es accionado por una turbina de 1.8kW, y puede mantener refrigerada una "caja" de





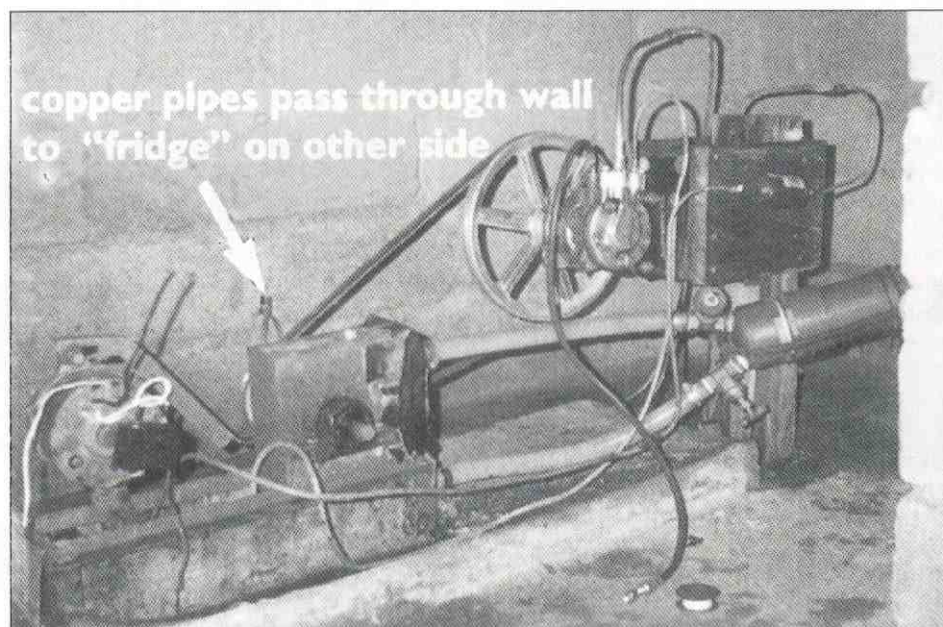
3 m<sup>3</sup> a 4°C o producir 50 kg. de hielo en 3 horas. Esta *performance* es alcanzada a pesar de las grandes pérdidas térmicas debido al pobre aislamiento.

Cuando se desea producir hielo, la planta puede operar al máximo en forma continua. Por ejemplo, el equipo instalado en el poblado de la costa fue utilizado por los pescadores y sus familias en forma continua durante 520 horas (en época de pesca abundante, 25 días) para producir hielo y hacer posible el transporte (en pequeñas canoas) de los peces capturados hasta un puerto a dos días de viaje, obteniendo mejores precios por sus productos porque no tuvieron que esperar que un barco con refrigerador llegara hasta el poblado a comprar la pesca.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO

Las microturbinas utilizadas en estas instalaciones son del tipo Pelton con rodets fundidos en aluminio por cera perdida. Estos equipos operan con un caudal de 2 a 10 l/s y caídas netas entre 15 m. y 80 m. Para el sistema de transmisión se utilizan correas en "V" (tipo automotriz) que son flexibles, livianas y adecuadas a las potencias requeridas.

La fotografía muestra una instalación accionada por una microturbina Pelton con un rodete de 100 mm de diámetro, 2 chorros a 90° cada uno. El caudal de trabajo es de 4 l/s y una altura de 15 m, produciendo una potencia de 600W a una velocidad de 2,000 r.p.m. con una eficiencia del 60%. El sistema de transmisión tiene una relación de 2.5:1, que permite girar al compresor a 800 r.p.m.



Turbina Pelton accionando el compresor de un congelador.

### Comparación de eficiencias para diferentes alternativas de refrigeración

Microturbina: Accionamiento mecánico		Microturbina: Accionamiento eléctrico		Generador diesel: Accionamiento eléctrico
Turbina Pelton	60%	Turbina Pelton	60%	Generador diesel
Transmisión por fajas	85%	Generador	70%	(5kW, 20% de carga) 10%
Compresos mecánico	65%	Compresor eléctrico	50%	Compresor eléctrico 50%
	33%		21%	5%

Los compresores son abiertos (disponen de un eje libre para acoplar las polea) de pistón o de tornillo. Pueden operar desde 500 a 3,000 r.p.m. y su precio varía entre US\$350 hasta US\$1,000 dependiendo de la potencia, el tipo, la marca, y sobre todo del vendedor, pues un mismo compresor de 1/2HP de pistón puede costar US\$ 350 en un almacén y US\$ 500 en otro, en la misma calle. FDTA viene utilizando compresores de hasta 3 HP.

Los compresores de tornillo son entre 15% y 20% más costosos que los de pistón, para la misma potencia, pero su comportamiento es más adecuado a las características de las microturbinas. Arrancan más fácilmente cuando la potencia de la microturbina es similar a la requerida por el compresor en operación. Son livianos y durables y algunos se pueden utilizar con gases limpios como propano o butano dependiendo de sus características.

### COMPARACIÓN DE EFICIENCIAS

Los refrigeradores convencionales tienen un moto-compresor eléctrico, el cual viene herméticamente sellado formando una sola

unidad. En los lugares donde no existe la red, éstos requieren un generador diesel o gasolinero. En Colombia, los generadores diesel no son disponibles para potencias menores a 5kW, siendo las necesidades de una pequeña planta de refrigeración de alrededor del 20% de este valor, lo cual produce una baja eficiencia y altos costos de mantenimiento. Las máquinas gasolineras son menos confiables que los diesel y son raramente usadas.

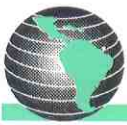
La tabla anterior muestra una comparación de eficiencia entre los equipos mecánicos accionados por microturbina y de aquellos convencionales que requieren electricidad generada localmente con una microturbina o un generador diesel.

### DISEMINACIÓN

La experiencia de FDTA demuestra que el uso de microturbinas para el accionamiento mecánico de plantas de refrigeración es técnicamente factible. Hasta la fecha, en las 9 instalaciones efectuadas, sólo se ha presentado la rotura de un tubo de cobre a la salida del compresor, al dejar caer un machete que se encontraba sobre una mesa.

FDTA está trabajando en el desarrollo de equipos más compactos, con gases "verdes" y apoyados por un fondo rotatorio para créditos directos, con el fin de que más campesinos puedan tener acceso a equipos que ayudan directamente a la conservación de los bosques tropicales. A su vez, FDTA adelanta su programa mediante la difusión de esta tecnología a través de demostraciones y cursos de hidroenergía básica para campesinos, técnicos y entusiastas de la ecología y de las energías renovables, y promotores de desarrollo rural. Por ello, invitamos a todos los interesados a comunicarse con nosotros.

Mauricio José Gnecco es Director General de FDTA. Mayores informes: Cdra 45#49B-22, C-11, Panorama del Campo, Villavicencio, Meta, COLOMBIA. Tel/Fax : +57 86 632692 E-mail: [mjgnecco@villavicencio.cetcol.net.co](mailto:mjgnecco@villavicencio.cetcol.net.co)



# Algunos elementos sobre la energía eólica

por Teodoro Sánchez

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía eólica ha sido utilizada por la humanidad desde tiempos muy remotos en la navegación y en otras actividades. Existen evidencias de que, antes de la era cristiana, los persas la usaron para la molienda de granos y el bombeo de agua. En Europa, en especial en los Países Bajos e Inglaterra, la energía eólica fue utilizada intensamente durante los siglos XVI y XVII a través de molinos de viento artesanales, para la molienda de granos y el bombeo de agua.

A fines del siglo XIX, el francés Paul La Cour hace el primer intento de introducir las ecuaciones para determinar su comportamiento físico y construye un pequeño aerogenerador. Sin embargo, los grandes avances sobre la tecnología y el uso del viento como fuente energética se producen durante las tres últimas décadas. Esto se debe, entre otras cosas, por un lado a la llamada crisis energética (ampliamente difundida entre fines de la década del 60 y comienzos de la del 70) y, por otro, a los efectos contaminantes que los hidrocarburos producen para el medio ambiente.

En la actualidad, el país que lidera en cuanto a la explotación y uso de la energía eólica es EE.UU. debido a importantes inversiones hechas durante la década del 80 y comienzos del 90, aunque actualmente sus programas de inversión han disminuido fuertemente. Otros países como Inglaterra, Alemania, Dinamarca, España, India y China, se muestran más activos y cuentan con programas ambiciosos de inversión para el futuro inmediato.

En lo que se refiere a tecnología, en la actualidad se está promocionando aerogeneradores de hasta 1 MW de potencia como tecnología probada, mientras que el trabajo de desarrollo continúa avanzando y tratando de introducir unidades cada vez de mayor capacidad.

En los países en desarrollo, excluyendo China e India, por el momento no se han anunciado grandes programas eólicos. Las razones de ello no necesariamente tienen que ver con la falta de interés por las fuentes alternas sino, posiblemente, con el hecho

de que en su agenda de prioridades hay problemas más inmediatos como la pobreza y el desempleo.

## 2. USOS DE LA ENERGÍA EÓLICA

En principio, la energía eólica podría aplicarse a cualquier uso final puesto que la energía del viento es transformada y entregada a través del eje de la turbina en forma de energía mecánica, la cual eventualmente podría utilizarse de muchas formas de acuerdo a la necesidad que se presente.

Los principales usos de este recurso energético han sido: bombeo de agua, molienda de granos y generación de electricidad. Podemos decir que las dos primeras aplicaciones tienen muchos años en la historia de la humanidad, mientras que la generación de electricidad es un tema de mucha importancia actual.

El mayor aporte de la energía eólica en el bombeo de agua ha sido para uso doméstico y abreviar ganado. Miles de pequeñas granjas en diversas partes del mundo y en especial en EE.UU., Australia, Argentina etc., pueden confirmar esto, mientras que el bombeo de agua con fines de irrigación ha tenido una aplicación limitada, inclusive en los últimos años, en los que ha merecido una atención importante por parte de los grupos de desarrollo y cooperación técnica internacional.

La molienda de granos utilizando molinos de viento actualmente ha pasado a segundo plano. Pocas instituciones o grupos de desarrollo hablan hoy de este tema. No obstante, existen interesantes nichos donde podría ser aún una alternativa apropiada, como es el caso de zonas rurales aisladas donde no hay otras alternativas que los grupos diesel o la molienda manual y donde, sin embargo, hay recursos eólicos aprovechables (es el caso de muchas comunidades de las zonas altoandinas). La generación de electricidad, como se ha dicho, es la aplicación que tiene mayor interés actual, tanto para suministrar a la RED como para atender muy pequeñas demandas domésticas aisladas (unifamiliares) a través del cargado de baterías.

## 3. LA ENERGÍA DEL VIENTO

La energía del viento no es más que la energía cinética de éste y se determina por la ecuación:

$$E = \frac{1}{2} m V^2$$

Donde:

m = masa del aire (kg)

V = velocidad del viento (m/s)

E = energía (Joules)

Uno de los parámetros más importantes en el tratamiento de cualquier fuente energética es la potencia. En este caso, cuando se instala una turbina eólica, lo que se hace es interceptar una cierta cantidad de aire en un área del tamaño "A" que viene a ser el área de la turbina eólica, a la que también se llama el área barrida por la máquina eólica.

En dicha área se produce la transformación de la energía cinética del viento, o quizás deberíamos decir la potencia cinética del viento en potencia mecánica, que es entregada a través del eje de la turbina. La ecuación que la determina es la siguiente:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3$$

Donde:

P = Potencia (Watts),

$\rho$  = densidad del aire (kg./m<sup>3</sup>)

A = área barrida por el rotor (m<sup>2</sup>)

V = velocidad del viento (m/s)

Como es de esperarse, en toda conversión energética existen pérdidas y las turbinas eólicas no podrían ser la excepción. Para considerar las pérdidas de transformación de la máquina, se introduce el llamado coeficiente de potencia ( $C_p$ ), que no es otra cosa que la eficiencia de conversión de las turbinas eólicas, obteniéndose la ecuación de comportamiento de las turbinas eólicas de la forma que sigue:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p$$

Betz, un investigador de la energía eólica, demostró que el máximo valor posible de obtener para el " $C_p$ " es de 16/27. En la práctica, este valor es inalcanzable; los valores

## Estándares: ¿ventaja u obstáculo para la Mini hidrogenación?

El progreso experimentado en la calidad ha sido una de las claves del éxito en la industria en la década de 1990. Esto, unido a la adhesión a los estándares de códigos de práctica, forma una parte esencial de este proceso.

Sin embargo, muchos sistemas de mini hidrogenación se construyen con poca referencia a tales estándares, con excepción, quizás, en el caso de la compra de equipamiento tal como los alternadores.

Una de las causas es que existen pocos estándares escritos para la mini hidrogenación y otra es que, en algunos casos, los estándares adaptados de un ambiente urbano industrializado no son

útiles para los pequeños sistemas remotos ubicados en las áreas menos desarrolladas.

La mayoría de los sistemas de mini hidrogenación abarcan posturas competitivas que hacen que los estándares sean muy útiles. Cualquier sistema propuesto estará amenazado por la falta de estándares adecuados, haciendo que la evaluación de la calidad de las diferentes propuestas sea difícil y pueda conducir a la selección de ofertas de baja calidad.

A pesar de un número de ensayos abandonados, ya existen estándares útiles sobre la mini hidrogenación y hay muchos más en proceso de preparación. Es difícil encontrar estándares útiles sin

gastar dinero en informaciones inapropiadas. Afortunadamente, Internet se está haciendo rápidamente más útil en la industria y es una buena fuente de información para iniciar una búsqueda del material correcto.

Los artículos de Internet y los estándares de esta edición están dirigidos a aquellos que sienten que pueden hacer mayor uso de estas herramientas.

Esta edición también informa sobre la perspectiva para el futuro del desarrollo de la mini hidrogenación en Etiopía y da una mirada a un sistema innovativo en Alemania, que ha sido construido para armonizar con el paisaje que lo rodea.

*Andy Brown, editor*

## Minicentral hidráulica en Heidelberg será casi invisible

Un proyecto innovador está en camino en Alemania, planeado para su culminación para inicios de 1998 y que comprende una central hidráulica de río completamente sumergida en el río Neckar. El proyecto, conocido como Karlstor, se ubicará al pie del castillo de Heidelberg.

En 1998, la empresa Neckar AG inició un programa de expansión con el objeto de obtener un 44% más de energía de las 200 Km de extensión del río que está bajo su control. Un componente importante de este proyecto fue una central hidráulica adicional, a ser construida en Heidelberg, que serviría como un ejemplo demostrativo dentro del marco de referencia del programa de hidroelectricidad de la Comisión Europea.

Sin embargo, la proximidad de la ciudad histórica de Heidelberg obligaba a que el impacto ambiental fuera el mínimo posible. Por consiguiente, el actual dique Karlstor es una estructura que tiene que ser conservada de modo que la nueva obra sea integrada sin que varíe la apariencia total.

Uno de los problemas provenía del lecho de granito del río que no permitía realizar excavaciones mediante explosivos debido al riesgo de dañar la fauna del río.

Todas estas razones llevaron a la decisión de construir una central completamente sumergida.

La maquinaria consistirá en dos turbinas Kaplan de 1535 kW controladas en forma dual, del tipo tubular con rodetes de 3.35 m. de diámetro. Las turbinas operarán bajo un salto neto de 2.52 m. con un caudal de descarga de 70 m<sup>3</sup>/s, a una velocidad de rotación 115 rpm. Para elevar la velocidad a 750 rpm, se utilizará una caja de engranajes.

Las turbinas serán reguladas en forma dual con lubricación de aceite a presión y poseen un dispositivo automático de arranque y parada. El diseño del rodetes de 3 álabes toma en consideración los requerimientos de la capacidad de ope-



*Vista aérea del proyecto Karlstor en Alemania.*

ración más alta posible con el diámetro más pequeño posible.

Los limpiadores de las rejas de la toma operan sumergidos y están unidos al bloque principal de la central. Los costos de operación de los limpiadores constituyen los únicos elementos que necesitan ser visibles por encima del nivel del agua. La remoción de los desechos se realiza mediante una draga accionada por un motor.

El equipamiento electrónico se diseñó para ser controlado en forma remota. Cada máquina tiene su propio equipo de control programable que se comunica a través de un sistema con las otras unidades de control del sistema. Esto será incorporado a un sistema central de control remoto automático.

La central operará casi con ausencia de personal; sólo se requerirá personal de las centrales vecinas y aquél de la unidad de control para las rutinas de inspección.

La construcción empezó en marzo de 1994, luego de haberse construido una ataguía y empezado los trabajos de excavación usando explosivos controlados para aflojar el suelo.

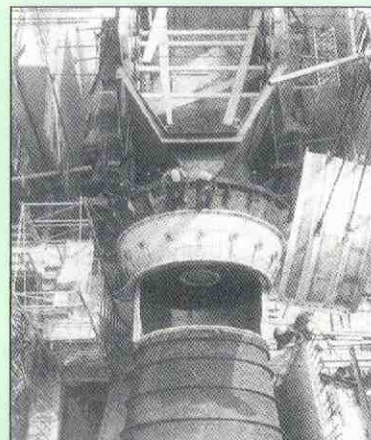
Para reducir el impacto sobre la ciudad, el 80% del transporte al lugar se realizó por el río. El ruido del sistema de enfriamiento del generador ha sido minimizado usando agua en lugar de aire.

El análisis económico del proyecto se realizó en

base a una operación de vida de 60 años. Sobre esta base, el precio proyectado para la generación de energía es de US\$ 0.095/kWh, evaluado después del subsidio de la Unión Europea (UE).

El proyecto Karlstor, planeado para iniciar su operación a inicios de 1998, permitirá una contribución importante a la producción de electricidad en la región, con un mínimo impacto ambiental. Se demuestra que los sistemas de mini hidrogenación pueden construirse aún en el centro de las ciudades sin un significativo impacto visual.

*J. Gunther y H.P. Hugg, Neckar AG, Alemania.*



*Instalación de una de las turbinas tubulares de 1535 kW.*

## Necesidad de más estándares para la mini hidrogenación

Una revisión de una muestra de los estándares existentes que se ha escrito especialmente para los sistemas de mini hidrogenación (o que podrían ser útiles para aplicarlos a estos sistemas) revela que son bastante escasos, a pesar de los intentos que se han hecho para desarrollarlos por parte de algunas grandes organizaciones. Este artículo da una mirada a lo que se ha hecho en este campo y a la experiencia en la aplicación de los estándares.

### Experiencia internacional en la preparación de estándares

En febrero de 1995, la Asociación Europea de Generación Hidráulica en Pequeña Escala (ESHA) publicó un estudio de las diferentes marcas legales y financieras relacionadas con la pequeña hidrogenación dentro de los países miembros de la Comunidad Europea (ESHA, 1995<sup>1</sup>). Este estudio recomienda un número de vías de simplificación de los procedimientos existentes, para mejorar la penetración en el mercado de pequeña hidrogenación. El resultado de este estudio fue un borrador de una directiva de la Comunidad Europea que incorpora las recomendaciones del informe. Esto pasó luego a la Comisión Europea (ESHA, 1995<sup>2</sup>).

A mediados de 1980, se formó un Grupo de Pequeña Hidrogenación dentro del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE UU. del Centro de Diseño Hidroeléctrico, siendo parte de su trabajo dar una mirada a los estándares. Sin embargo, el Grupo encontró, en general, bastante dificultad para preparar estándares técnicos debido a la naturaleza singular de muchas instalaciones de pequeña y mini hidrogenación, y por la necesidad de evitar sobre-especificaciones de dichas centrales si se deseaba que continuaran siendo económicas.

Los esfuerzos del grupo fueron alimentados en un ejercicio similar realizado al mismo tiempo por la IEEE (ver tabla 1) y culminaron con el estándar IEEE 1020, que será reseñado y comentado más adelante en este artículo.

Por otro lado, ONUDI y OLADE (Organización Latinoamericana de la Energía) también se

lanzaron a realizar proyectos para producir estándares para la mini hidrogenación, pero ambos decidieron abandonarlos.

### Reseña de los estándares disponibles

Se realizó una búsqueda en INTERNET y se encontró información sobre varios estándares aplicables a las pequeñas centrales hidráulicas, los cuales se comentan a continuación. La tabla proporciona una lista de abreviaturas usadas por las diferentes organizaciones de estándares y las direcciones a las que uno puede dirigirse para obtener copias de dichos estándares.

BS EN 1116 (1995): *Electromechanical guide for small hydroelectric installations* (Guía electromecánica para instalaciones de pequeñas centrales hidroeléctricas)-equivalente a IEC 1166 (1992), 59 páginas. Esta útil guía trata de las relaciones directas entre el comprador del equipo electromecánico para la pequeña hidrogenación y el suministrador. No cubre la obra civil o las condiciones comerciales. La guía detalla lo siguiente:

- El lugar y las condiciones de operación que el comprador debería suministrar al proveedor;
- Las especificaciones de los diferentes componentes electromecánicos que el proveedor debería entregar y que permitan al comprador comparar ofertas;
- Los procedimientos de inspección, aceptación, operación y mantenimiento de la instalación.

IEEE 1020 (1988): *Guide for control of small hydroelectric power plants* (Guía para el control de pequeñas centrales hidroeléctricas), 35 págs. Esta guía es realmente un conjunto de instrucciones más que un estándar, y como tal es de mayor utilidad para el comprador que para el suministrador de equipo hidroeléctrico. Toma en consideración la protección y control en mayor profundidad que la BS EN 1116.

Otros de los estándares útiles son:

BS 534 (1990): *Specification for steel pipes, joints and specials for water and sewage* (Especificaciones para tuberías de acero, juntas y otros para agua y desague), aplicable a tuberías de presión de centrales.

BS 3680: *Methods of measurement of liquid flow in open channels, Part 4: Weirs and flumes* (Métodos de mediciones de caudal en canales abiertos. Parte 4: vertederos y canalones). Se dan las ecuaciones y especificaciones para la medición de caudal, usando vertederos rectangulares y triangulares, vertederos de placa delgada y un vertedero rectangular de cresta ancha. BS 1042: *Measurements of fluid flow in closed conduits* (Mediciones de caudal en conductos cerrados). Se detalla los métodos y especificaciones para el uso de orificios de placa para la medición de caudal en tuberías, pudiéndose aplicar a tuberías de presión.

Los precios de estos estándares varían por lo general entre US \$50 y \$150, y están disponibles en gran cantidad dado que son de uso corriente. Estos estándares se encuentran a menudo disponibles en bibliotecas nacionales y universitarias.

### Uso de los estándares: la experiencia de Nepal

En 1991, tuvo lugar en Nepal una súbita corriente para alejarse de los sistemas hidromecánicos, -tales como la molienda-, en favor de los sistemas hidroeléctricos, precipitada por la disponibilidad de fondos para préstamos del Banco de Desarrollo de la Agricultura de Nepal (ADB/N). Estos préstamos estaban disponibles sobre una base blanda con las ofertas más bajas a otorgarse en el contrato. Pero al mismo tiempo, no existía disponibilidad de estándares apropiados para dichos proyectos. Esto significaba que algunos de los fabricantes eran capaces de suministrar e instalar el equipo cuya calidad estaba muy por debajo de los niveles aceptables.

Los únicos estándares eléctricos aceptables eran de la India, basados en los estándares británicos y, en consecuencia, muy inapropiados. Por ejemplo, la tolerancia sobre voltaje y frecuencia era muy severa, lo cual requería que las viviendas tuvieran sólo una conexión eléctrica si cumplían con especificaciones exigentes de construcción.

Tecnología Intermedia de Nepal (IT-Nepal) decidió encarar este problema. En unos seis meses, realizó, con la ayuda de expertos extranjeros, una serie de reuniones con fabricantes locales y otras organizaciones, incluyendo a ADB-Nepal. Esto resultó en la producción de un juego de pautas eléctricas detalladas para sistemas aislados de microhidrogenación.

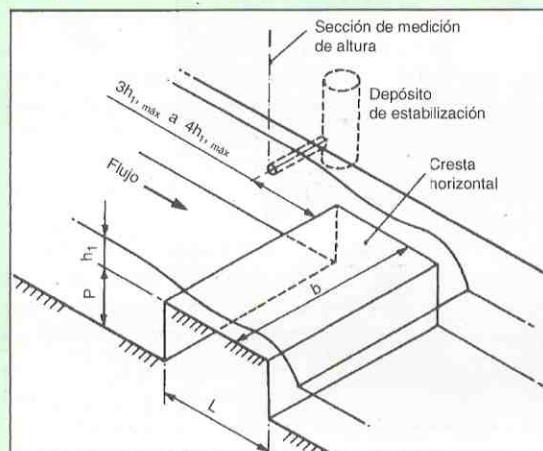
Este modo de abordar el problema resultó exitoso con el transcurso de los años, ya que la mayoría de los nuevos micro hidrosistemas en Nepal cuenta ahora con estas pautas, las que aseguran que los sistemas alcancen un nivel aceptable de seguridad y calidad. Un grupo de trabajo especializado en calidad ha empezado a dar una mirada a este asunto a fin de reforzar los estándares y pautas.

### Conclusión

Parece ser que el número de estándares y pautas disponibles que pueden aplicarse a la mini hidrogenación es extremadamente limitado. Los esfuerzos para crear estándares son complicados por lo singular de cada una de las diferentes instalaciones y por la necesidad de evitar sobre-especificaciones. La experiencia del Nepal ha mostrado que se puede preparar con éxito más estándares especializados para su aplicación en los países en desarrollo, para el beneficio tanto de los compradores como de los proveedores, a pesar de que hacer cumplir dichos estándares es un asunto de otra índole.

Los estándares técnicos que se encuentran disponibles, relacionados con toda la instalación,

Vertedero rectangular de cresta ancha (tomada de la BS 3860, parte 4E).





# MINIHIDROGENERACIÓN: POLÍTICA Y PRÁCTICA

son más usados por los compradores de equipo que por los proveedores. Es interesante notar que un número de grandes organizaciones, tales como ONUDI y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU, ha considerado inapropiados sus esfuerzos para preparar estándares.

## Referencias

1. Small Hydropower - General Framework for Legislation and Authorization Procedures in the European Union, ESHA. (with funding provided under the Alterner programme); febrero 1995.
2. Proposed Draft Directive Relating to Renewable Energies, submitted to the European Commission by ESHA; julio 1995.

**Tabla 1 : Abreviaturas y direcciones de las organizaciones de estándares mencionados.**

Abreviatura	Título completo	Dirección
IEEE	Institute for Electrical and Electronical Engineers	IEEE Customer Services Center, 445 Hoes Lane, PO Box 1331 Piscataway, NJ 08855-1331, USA Tel:+1 908 981 0060
BS	The British Standards Association	389, Chiswick High Rd., London, W4 4AL Tel:+44 181 996 9000 Fax:+44 181 996 7400
IEC	International Electrotechnical Commission	3, Rue de Varambé, PO Box 131, 1211 Geneva 20, Switzerland Tel:+41 22 919 02 11 Fax:+41 22 919 03 00
EN	Norme Européene (European Standard). European Committee for Electrotechnical Standardisation	Central Secretariat: rue de Stassart 35, B-1050, Brussels

## Al día con Internet

Desde la última mirada a INTERNET (H&D, número 3, 1996), se encuentra disponible una gran información sobre pequeña hidrogenación. En aquella época, durante la búsqueda de información disponible usando la palabra clave *small hydropower* y *micro hydropower* ubicamos solamente 20 artículos sobre el tema. Sin embargo, una búsqueda similar realizada sobre el tema arrojó mucho mayor información.

Las búsquedas se realizaron usando uno de los números de los llamados códigos de búsqueda (*search engines*). Estos son servicios de libre disponibilidad de la World Wide Web (WWW). Ellos tratan a la red y otras partes de INTERNET como una amplia base de datos que permite la búsqueda por palabras claves o por tópicos. Al usar estas facilidades de búsqueda, se tiene la clave para obtener información útil de la vasta cantidad de datos que posee Internet.

Las direcciones de la red de algunos de los códigos de búsqueda son:

- <http://www.lycos.com/>
- <http://www.infoseek.com/>
- <http://www.webcrawler.com/>
- <http://www.mckinley.com/>
- <http://www.yahoo.com/>
- <http://www.altavista.digital.com/>

Como cada uno de estos códigos de búsqueda trabaja en forma ligeramente diferente, es aconsejable probar alguno de ellos para encontrar información de claves diferentes. Cada uno de ellos tiene sus propias facilidades de ayuda, las que sirven de guía para las opciones de búsqueda.

Para dar una idea de la información sobre mini hidrogenación disponible, se realizó una búsqueda con el código de búsqueda usando las palabras *small hydropower*, *mini hydropower* y *micro hydropower*. El número de ítems encontrados fue de 75, 35 y 62 respectivamente. Se seleccionó los primeros diez ítems de cada búsqueda, de los cuales se muestra un ejemplo para cada categoría a continuación.

También se visitó dos lugares más. El primero, en la dirección <http://h20.usgs.gov/publi->

[c/realtime](http://h20.usgs.gov/publi-). El html suministra datos confiables de caudales de los lugares en los EEUU. Este lugar presenta datos hidrológicos reales del *US Geological Survey*.

El segundo lugar, que puede encontrarse en <http://www.eece.maine.edu/Research/Power/>, en la Universidad de Maine, presenta una demostración de una simulación de una central hidráulica. Este lugar utiliza el nuevo lenguaje de computación JAVA que ha sido desarrollado especialmente para permitir que los programas de cómputo se puedan correr en INTERNET. Sin embargo, para correr estos programas se ne-

cesita contar con las más recientes versiones del software (*Web browsing*).

Para concluir, parece que ahora existe, tanto en INTERNET como en la World Wide Web, alguna información útil sobre la mini hidrogenación, que está aumentando cada vez más. La clave para acceder a esta información es conocer cómo utilizar los diferentes códigos de búsqueda mencionados anteriormente. Aquellas personas que no tienen experiencia en este campo pueden empezar explorando la red en INTERNET de esta revista, la cual puede encontrarse en <http://www.hydropower-dams.com/>.

### Pequeña hidrogenación

Dirección en la red	Descripción
<a href="http://www.nic.in/India-Image/PIB/benergy.html">Http://www.nic.in/India-Image/PIB/benergy.html</a>	Oficina de Información de Prensa Gobierno de la India
<a href="http://www.sintef.no/misc/ich/ichnews2.htm">Http://www.sintef.no/misc/ich/ichnews2.htm</a>	ICH. Newsletter, octubre 1995
<a href="http://www.undp.org/tcdc/cpr4022.htm">Http://www.undp.org/tcdc/cpr4022.htm</a>	China - International Centre for Small Hydro Power

### Mini hidrogenación

Dirección en la red	Descripción
<a href="http://is.eunet.ch/astarte/pbo/pip/pipb7.txt.html">http://is.eunet.ch/astarte/pbo/pip/pipb7.txt.html</a>	Cayagan De Oro-Iligan corridor - development vision
<a href="http://www.dtv.dk/ipg/7/1/index_e.htm">http://www.dtv.dk/ipg/7/1/index_e.htm</a>	Energy:Journals
<a href="http://duke.usask.ca/~tabill/xuca/atc.html">http://duke.usask.ca/~tabill/xuca/atc.html</a>	Appropriate Technology Center, Philippines

### Mini hidrogenación

Dirección en la red	Descripción
<a href="http://www.web.net/newenergy/links.html">http://www.web.net/newenergy/links.html</a>	Enlaza a los lugares de energía sostenibles en la www, e incluye enlaces a un número de lugares de pequeña hidrogenación.
<a href="http://syssrv9.nrel.gov/business/international/rsvp/library_files/nrecaart.html">http://syssrv9.nrel.gov/business/international/rsvp/library_files/nrecaart.html</a>	Biblioteca de artículos sobre electrificación rural de la NRECA.
<a href="http://www.unicamp.br.nipe/enews/enews.32.htm">http://www.unicamp.br.nipe/enews/enews.32.htm</a>	Hoja informativa internacional sobre aspectos de eficiencia energética en los países en desarrollo.
<a href="http://snt.student.utwente.nl/~wot/water/micro-hp.htm">http://snt.student.utwente.nl/~wot/water/micro-hp.htm</a>	Componentes esenciales de un sistema de micro hidrogenación.



# MINIHIDROGENERACIÓN: POLÍTICA Y PRÁCTICA

## Revisión de libros

Micro Turbines Pelton, por Marcus Eisenring: Volumen 9 de la serie sobre Microhidrogeneración MHPG, Harnessing Water Power on a Small Scale, publicado por SKAT, St. Gallen, Switzerland, y GATE, German Appropriate Technology Exchange, Eschborn, Germany. ISBN 33-908001-34-x; Costo: £ 17.=.

Además de los textos estándares, existe muy poca información publicada a un nivel práctico sobre la construcción, instalación y operación de turbinas Pelton muy pequeñas. El libro de Marcus Eisenring in-

tenta de algún modo llenar este vacío. El libro contiene una gran información para los interesados en fabricar turbinas hasta 50 kW, presentando el material en un lenguaje simple.

En la primera parte se presenta la dimensionamiento de la turbina con un claro ejemplo sobre los parámetros principales, aunque hubiese sido de gran ayuda haber definido las variables con mayor precisión. A continuación, el autor se ocupa de los principales componentes del sistema, discutiendo en forma general aspectos co-

mo la cámara de carga, así como la presentación de información más específica sobre perfiles de cucharas, deflectores de chorro, etc.

Se presenta un número de dibujos de fabricación, lo que da pautas muy útiles sobre el diseño práctico. Se acompaña de una buena bibliografía y lista de direcciones para mayor información, así como de detalles sobre fabricantes y cursos de entrenamiento.

Dirigirse a: IT Publications, Southampton Row, London WC1B4HH, United Kingdom.

## Perspectivas de la Minihidrogeneración en Etiopía

El potencial hidroenergético total de Etiopía ha sido estimado en unos 30000 MW, del cual sólo se ha utilizado un 1% para la red nacional, la cual es abastecida casi en su totalidad por energía hidráulica. El uso nacional de la electricidad es bajo y grandemente concentrado en las áreas urbanas.

La energía hidráulica se ha usado en Etiopía por cientos y posiblemente miles de años (algunas referencias le atribuyen la invención en Abisinia del molino de eje vertical "Arab"). En la actualidad, existen unos pocos cientos de esos molinos en operación, a pesar de que los restos de miles de ellos todavía se pueden encontrar.

Estudios dirigidos por grupos extranjeros han estudiado e identificado en los últimos años más de 60 lugares para la mini hidrogeneración, a pesar de haber cubierto sólo unas pocas regiones del país. La mayoría de los posibles sistemas tienen saltos entre 5 y 50 m. Comparaciones realizadas con programas de otros países en desarrollo con niveles más avanzados en la utilización de la mini hidrogeneración indican que se puede desarrollar en los próximos años unos 300 mini sistemas (de hasta 2 MW), principalmente en las zonas altas de lluvias y áreas montañosas.

La Ethiopian Electric Light and Power Authority (EELPA) posee y opera una gran red

conectada a sistemas hidráulicos. Tiene un departamento de mini hidrogeneración que ha operado, en el pasado, varios (de 8 a 9) pequeños sistemas no conectados a la red en el rango de 100kW a 5 MW. Estas unidades han sido puestas fuera de servicio cuando la red llegó al área. En la actualidad, existen unos cuantos sistemas que operan en el rango de 0.3 MW a 5 MW.

La EELPA posee también una red y opera alrededor de 30 grupos Diesel fuera de la red, típicamente entre los 100 kW y 700 kW de capacidad. Es muy poco probable que la EELPA participe en sistemas menores que 1 MW, pues está concentrando todos sus esfuerzos en sistemas más grandes; pero tiene el propósito de construir 25 pequeñas centrales hidráulicas entre los años 1990 y 2000.

Sin embargo, ha habido alguna actividad con pequeños grupos de generación, realizada por ONGs en el sector privado. En 1989, la Mekane Yesus Church empezó a trabajar en molinos con accionamiento de origen hidráulico usando una turbina Michell Banki modelo 205 diseñada por FAKT (la ONG alemana) para operar molinos TEFF, usando los lugares donde operaban los molinos axiales verticales "Arab" puestos fuera de servicio. (Teff es el grano que en las áreas rurales es molido a mano o mediante energía Diesel). El Selam Technical and Vocational Center (STVC) fabrica ahora las turbinas, la transmisión y las tuberías de presión de acero.

Hasta la fecha, se han instalado 24 turbinas Michell Banki en Etiopía. La mayoría opera molinos, compitiendo con molinos similares accionados por motores Diesel. Las potencias varían entre 5 kW y 22 kW con saltos en el rango de 6 m a 25 m. Otras organizaciones han usado estos molinos, que cuestan, completos, unos US\$ 12000. El nicho para los molinos hidráulicos probablemente esté en las áreas más remotas, donde el combustible y el mantenimiento de los motores Diesel es caro y en las áreas donde hay suficiente actividad para mantener un sistema de alto factor de carga.

La experiencia de otros países indica que podría haber un mercado para varios cientos de

tales unidades en los próximos años.

También existe un pequeño número de sistemas hidroeléctricos del sector privado, principalmente en el rango de 20 a 80 kW, instalados sobre todo en hospitales. En marzo de este año se instaló en Addis Abeba un sistema hidráulico de generación, por parte de la STVC, usando un regulador electrónico de carga y una turbina Michell Banki de fabricación local. Esto forma parte de un programa del Ministerio de Minas y Energía para promover el uso de la mini hidrogeneración y atraer la inversión local e internacional.

Visto así, el futuro se ve promisorio para la mini hidrogeneración en Etiopía. La vuelta a la paz después de muchos años de guerra está atrayendo donaciones y préstamos de organizaciones internacionales. Por otro lado, el nivel de explotación de la energía hidráulica es muy bajo; existe también capacidad técnica en el sector público y ya se ha establecido un naciente sector industrial privado. El mercado todavía tiene que ser evaluado pero, con más de 30 millones de personas viviendo en las zonas altas sin electricidad, el futuro se ve muy prometedor.

### Mini Hydro Power Group

Este suplemento ha sido recopilado por el Mini Hydro Power Group (MHPG), asociación integrada por las siguientes organizaciones:

The Swiss Centre for Development Co-operation in Technology and Management (SKAT), Suiza.  
The Association for Appropriate Technology (FAKT), Alemania.  
The Intermediate Technology Development Group (ITDG), Reino Unido.  
Projekt-Consult (PC), Alemania.

### Comité Editorial

A.P. Brown (Editor-coordinador)  
Alison Doig (ITDG)  
R. Metzler (FAKT)  
B. Oetli (SKAT)  
T. Scheutzlich (PC)

Este suplemento ha sido financiado por Environment & Forestry Department, Swiss Development Cooperation.

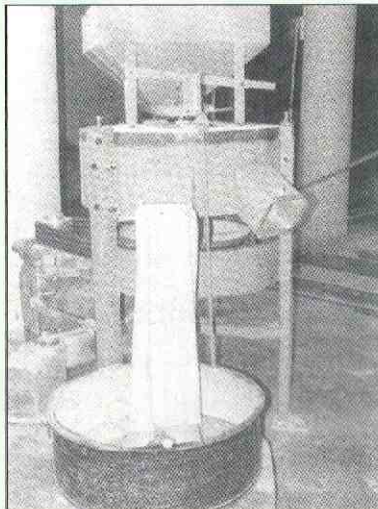


Foto: Turbina Michell Banki modelo 205, diseñada por FAKT de Alemania, operando un molino Teff en Etiopía.



que se llega a obtener están entre 0.4 y 0.5 para generación de electricidad y entre 0.3 y 0.4 para el bombeo de agua usando las tecnologías modernas. Para el caso de las máquinas artesanales, los coeficientes de potencia oscilan entre 0.15 y 0.20 dependiendo de los materiales y de los modelos utilizados.

#### 4. CLASIFICACIÓN DE LAS TURBINAS EÓLICAS

Hay varios puntos de vista para clasificar las turbinas eólicas. El más difundido es el que considera la posición del eje; según esto, se clasifican en turbinas eólicas de eje horizontal y de eje vertical.

##### 4.1 Turbinas de eje vertical

Dentro de esta clasificación hay varios modelos: Savonius, Darrieus, Musgrove (nombres que corresponden al diseñador que inventó cada modelo).

El modelo o tipo Savonius es sencillo, y consiste en dos planchas arqueadas en forma de mitades de cilindro acopladas sobre un eje vertical. Este modelo ha sido utilizado principalmente para el bombeo de agua. Se caracteriza por su sencillez para la fabricación y su bajo costo, pero su coeficiente de potencia es bajo (aproximadamente  $C_p=0.15$ ).

El tipo Darrieus es un modelo que tiene una forma tromboide y ha sido propuesto y utilizado principalmente para la generación de electricidad. Los álabes son fabricados utilizando perfiles aerodinámicos y su coeficiente de potencia llega a valores altos, teóricamente hasta  $C_p=0.48$ , e incluso mayores. Este tipo de máquina tiene un inconveniente en el arranque, pues necesita velocidades altas del viento para poder arrancar.

El tipo Musgrove, propuesto por el Prof. Peter Musgrove de Inglaterra, es un modelo que consiste en arreglo de eje vertical con alabes aerodinámicos también en posición vertical. Este modelo, a pesar de sus características de alta eficiencia y otras ventajas teóricas, aún no ha pasado a la fase comercial y sigue en desarrollo en universidades inglesas.

##### 4.2. Turbinas de eje horizontal

Éstas son hasta hoy las de mayor éxito comercial en todos sus tamaños y modelos, pequeñas potencias, altas potencias, artesanales, industriales, de diverso número de álabes, etc. El coeficiente de potencia es

diferente. De acuerdo a su grado de sofisticación y a los materiales y cuidados de fabricación. Hay máquinas de eje horizontal artesanales como es el caso de los clásicos molinos de viento holandeses que apenas llegan a un  $C_p$  entre 0.15 a 0.17. En este mismo rango están los molinos de viento MIRAMAR en el norte del Perú (donde hay al rededor de 3000 Has irrigadas con estos molinos), pero hay también máquinas altamente sofisticadas que reportan valores de  $C_p$  que superan el valor de 0.5.

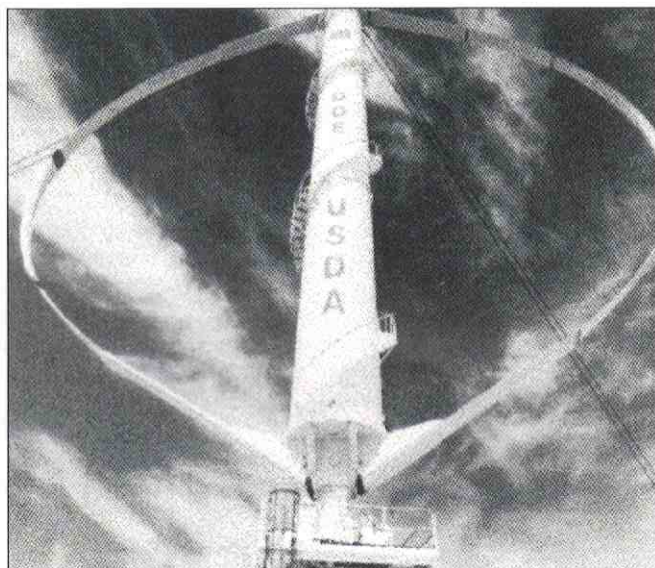


Fig. 1: Modelo tipo Darrieus

#### 5. MÁQUINAS EÓLICAS PARA EL BOMBEO DE AGUA Y PARA GENERAR ELECTRICIDAD

Todas las turbinas eólicas funcionan bajo el mismo principio transformando la energía cinética del viento en energía mecánica al eje como primer paso para convertir en energía útil. Sin embargo, los modelos, los materiales, los tamaños, las técnicas de fabricación, etc., son distintos en las aerobombas que en los aerogeneradores.

##### 5.1 Bombeo de agua

Las máquinas eólicas para esta aplicación normalmente son de múltiples álabes (alta solidez). Sus tamaños más grandes a nivel comercial internacional no pasan de los 5 metros de diámetro, aunque hay casos particulares poco difundidos que se han construido e instalado con rotores de hasta 10 metros de diámetro (caso Ing. Matto en Perú) o el caso de los molinos de viento holandeses mencionados anteriormente.

Estas máquinas, por ser de muchos álabes (alta solidez), son relativamente lentas y generalmente son acopladas a bombas de desplazamiento positivo, las cuales a su vez requieren bajas velocidades pero altos torques para su arranque y funcionamiento.

Para su fabricación, rara vez se usan perfiles aerodinámicos. Mayormente son fabricadas con planchas curvadas, aunque hay diversos materiales que se vienen usando para este fin como la tela (para los molinos de velas que se hicieron famosos en la Isla de Creta en Grecia), madera y otros materiales.



Fig. 2: Molino de eje horizontal de varios números de álabes (ITINTEC)

El tipo de bomba que comúnmente se acopla a estas máquinas es la de desplazamiento positivo o aspirante impelente, entre otras razones porque se acopla adecuadamente en términos de velocidad, es de simple fabricación y de fácil reparación. Sin embargo, hay que mencionar que hay una diversidad de propuestas sobre tipos de bombas para esta aplicación, la mayoría de las cuales no han pasado de los niveles experimentales (entre ellas las bombas de sogas).

##### 5.2 Generación de electricidad

Las máquinas eólicas para esta aplicación, en contraste con las anteriores, generalmente son de muy pocos álabes (baja solidez); de 2 ó 3 álabes, e inclusive se ha hecho ensayos con un solo álabes. La razón principal



es que mientras menor sea el número de álabes, estas máquinas eólicas son más rápidas y, precisamente, para generar electricidad se requiere de rotores rápidos.

Para la generación de electricidad, como se comentó al inicio de este artículo, hay un intenso trabajo en el desarrollo tecnológico, con modelos cada vez más grandes. Los últimos modelos ofertados en forma comercial son los de 1 MW de potencia con rotores de 40 o 50 metros diámetro y con torres entre los 40 a 50 metros de altura, y se continúa desarrollando tamaños mayores.

Es interesante mencionar que en la actualidad los rangos de mayor aceptación en el mercado están en los dos extremos. En uno de los extremos están los grandes aerogeneradores con capacidades de cientos de kW (hasta MWs) para acoplar a la RED y en el otro extremo los pequeños aerogeneradores de fracciones de kW normalmente utilizados para dotar de electricidad a una sola familia. Inclusive los de menores tamaños (50 W) utilizados en caravanas, botes, señalización y otras demandas son muy pequeños.

Los modelos de capacidades intermedias están dejando de ser populares, entre otras razones por los costos y por las dificultades para armonizar la oferta con la demanda. Es decir, en una aplicación aislada, llá-

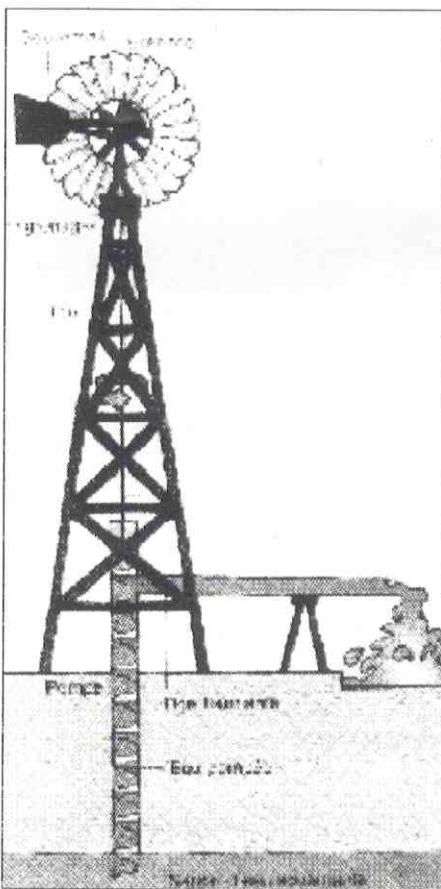


Fig. 3: Esquema de una aerobomba

mese un pequeño pueblo (de unas decenas de familias), la mayor demanda se da entre las 6 p.m. y las 10 p.m. horas, que no necesariamente (casi nunca) coincidirán con las horas pico de viento, lo que genera una necesidad de almacenaje que encarece el sistema. Aunque muchos proponen como solución el uso de sistemas híbridos (diesel-viento, hidro-viento y otros), la verdad es que en pocos casos pasan el "test" económico y técnico frente a las opciones tradicionales.

## 6. COEFICIENTES DE POTENCIA

Como se ha comentado en los párrafos anteriores, el coeficiente de potencia en realidad es la eficiencia de conversión de la energía eólica en energía mecánica y depende de una serie de factores: el modelo, el tipo de perfil que se usa para los álabes (o palas), el material del cual están hechos, el acabado superficial de los álabes, etc.

En la siguiente figura se puede ver uno de los gráficos más difundidos sobre coeficientes de potencia eólicos en función de la celeridad ( $\lambda$ ) de las turbinas.

Se entiende por celeridad  $\lambda$  la relación entre la velocidad tangencial al extremo de la pala ( $U$ ) y la velocidad del viento ( $V$ ), esto es:

$$\lambda = \frac{U}{V}$$

Como se puede observar en la ecuación anterior, la celeridad es proporcional a la velocidad de giro del rotor o turbina eólica. Por lo tanto, si conocemos su valor, estamos en capacidad de calcular su velocidad de giro, obteniéndose:

$$N = \frac{30\lambda V}{\pi R}$$

siendo  $R$  el radio del rotor.

Las aerobombas clásicas como las americanas tipo multipala comúnmente tienen un valor de celeridad bajo de aproximadamente 1.0, mientras que los aerogeneradores tienen valores de celeridad mayores o iguales a 5, aunque debemos señalar también que en los últimos años se ha hecho esfuerzos por introducir valores más altos para las aerobombas (se han utilizado hasta valores de celeridad de 2.0). La idea que está detrás de esto es hacer máquinas más ligeras para bombear agua (con menos álabes). Sin embargo, esta tecnología aún no ha sido difundida comercialmente. Al menos hasta donde se sabe, los resultados no son tan alentadores como se pensó al inicio (fines de los 70's comienzos de los 80's) y más bien, contra el pequeño ahorro que se produce en estas aerobombas,

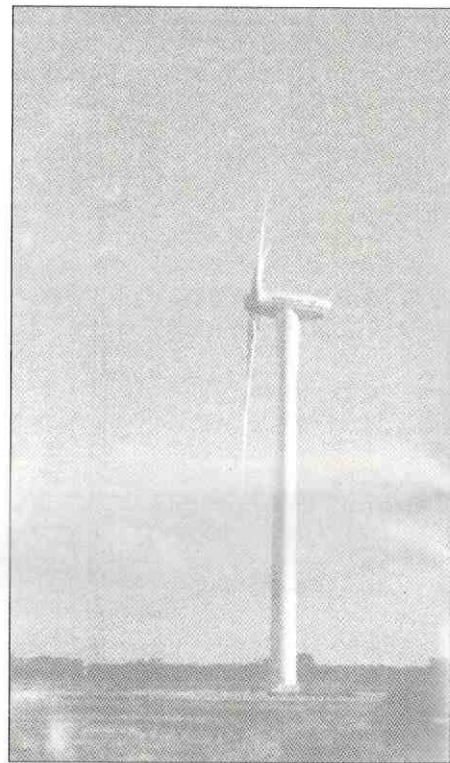


Fig. 4: Aerogenerador típico

resulta que requieren mayor cuidado en la selección de la bomba y accesorios.

## 7. LOS RECURSOS EÓLICOS Y SU EVALUACIÓN CON MOTIVOS ENERGÉTICOS

La variable más importante en una máquina eólica es la velocidad del viento ya que ésta contribuye a la potencia en forma cúbica, como se refiere en mucha bibliografía. Si se duplica la velocidad del viento, la máquina eólica produce 8 veces más potencia. Es decir que si trasladamos la misma máquina a un lugar donde la velocidad del viento es el doble, su potencia sería 8 veces mayor.

Cuando hablamos de la evaluación del recurso eólico, nos estamos refiriendo principalmente a la evaluación de la velocidad del viento. Se recomienda, para llevar a cabo una instalación eólica, hacer varios años de registros de la velocidad del viento con la finalidad de evaluar la viabilidad técnico-económica. Cuando se trata de aplicaciones puntuales, se recomienda al menos tres meses de registros continuos del viento. La precisión de la evaluación dependerá en gran medida del tiempo de registro.

Sin embargo, cuando se trata de unidades muy pequeñas, es posible hacer instalaciones con mediciones puntuales, complementadas en lo posible con otros datos que confirmen la existencia de vientos la mayor

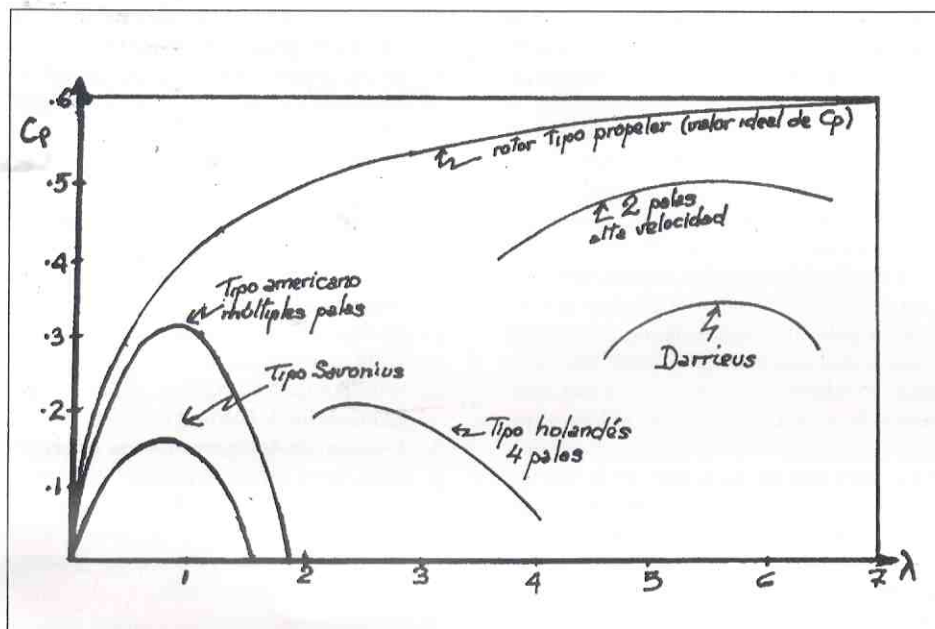


Fig. 5: Variación de los coeficientes de potencia con la celeridad

parte del año. Pueden ser datos sinópticos de las instalaciones meteorológicas cercanas, registros de aeropuertos cercanos, observaciones sobre la inclinación de árboles de la zona y datos verbales de los vecinos.

Hay que tener presente que cuando se habla de la instalación de un aerogenerador de 500 kW, el nivel de exigencia en cuanto a precisión debe ser muy diferente a la requerida para un aerogenerador de 50 ó 100W.

Para mediciones importantes para instalaciones de granjas o parques eólicos, se requiere evaluaciones de largas temporadas. Para ello, actualmente existen instrumentos sofisticados que permiten registrar y almacenar datos en memoria para luego extraerlos y procesarlos en computadoras con *softwares* preparados para este fin. Sin embargo, para unidades pequeñas de generación (unifamiliares) y para bombeo de agua, muchas veces será suficiente con las mediciones puntuales y los datos complementarios mencionados líneas arriba.

En la actualidad, el procesamiento de los datos de las zonas en evaluación ha sido simplificado enormemente gracias a la introducción del método matemático por el cual se considera que las curvas de frecuencia de vientos que vienen a ser la base para los cálculos de energía tienen una correlación muy cercana con la función estadística de Weibull que se muestra a continuación. En virtud de ello, el proceso de evaluación se reduce a instalar los anemómetros registradores en la zona a las alturas adecuadas, recolectar los datos y procesarlos con determinados

*softwares* que modelan el comportamiento del viento.

$$P(V) = \left(\frac{K}{K_0}\right) \cdot \left(\frac{V}{C_0}\right)^{k-1} e^{-(V/C_0)^k}$$

Donde P(V) = Probabilidad de ocurrencia de una velocidad de viento V  
 K = Parámetro de forma de la ecuación, parámetro de escala (m/s)  
 V = velocidad del viento

Se puede encontrar más información sobre esta ecuación y sus aplicaciones en la bibliografía especializada.

### 7.1 Variación de la velocidad del viento con la altura

La altura estandarizada para la evaluación de los vientos es de 10 m sobre el suelo. Sin embargo, la velocidad del viento varía de acuerdo a la altura sobre el suelo en forma exponencial. Para fines prácticos, la ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$\frac{K}{K_0} = \left(\frac{V}{C_0}\right)^n$$

Dónde:  
 $H_0$  = altura a la que se midió la velocidad  
 $V_0$  = velocidad del viento a la altura  $H_0$   
 $V$  = velocidad del viento a la altura  $H$   
 $H$  = altura para la cual se desea calcular la velocidad

El valor de "n" varía dependiendo de la topografía, de la velocidad del viento y de otras variables. Alguna bibliografía como el manual de Marks considera  $n=1/2$  para velocidades de viento menores de 8 km/h,

$n=1/5$  para velocidades entre 8 - 56 km/h y  $n=1/7$  para velocidades superiores a los 56 km/h.

Como se puede observar, en un mismo lugar la potencia o la energía posible de obtener con una máquina eólica depende de la altura a la que está el rotor o turbina eólica. En otras palabras, mientras más alta es la torre más energía se obtiene. Pero esto demanda también mayor costo, de modo que en la práctica hay que balancear la ganancia de energía con el costo extra que resulta por incrementar el tamaño de la torre.

## 8. RECOMENDACIONES SOBRE VELOCIDAD ANGULAR

Hemos mencionado que los parámetros que influyen en la velocidad angular de las turbinas eólicas son:

- La solidez, que viene a ser la relación entre el área proyectada de los álabes sobre el área barrida por el rotor, y tiene una estrecha relación con el número de álabes; a mayor solidez, se hace necesario un mayor número de álabes.
- El tamaño del rotor, en términos de diámetro del rotor.
- La celeridad ( $\lambda$ ), que se escoge a conveniencia del diseño a desarrollar; como se ha dicho previamente, para generar electricidad se trabaja con valores de  $\lambda$  de al menos 5, mientras que para bombeo de agua se usa valores de alrededor de 1.0.

Celeridad ( $\lambda$ )	Nº de álabes recomendado (Z)
1	6-20
2	4-12
3	3-6
4	2-4
5-8	2-3
8-15	4-2

## 9. LA ENERGÍA EÓLICA Y LOS COSTOS

Durante los últimos años se ha difundido abundante información sobre los logros en cuanto a la reducción de costos en el aprovechamiento de la energía eólica. En EE.UU., en la India y en otros países, se han reportado costos por kWh muy bajos, efectivamente competitivos con los costos generados con energías convencionales como la gran hidroenergía, el carbón o el Diesel, etc.

Los costos por kW instalado que se reportan a nivel de conferencias y artículos técnicos están en el orden de los 600 a 800 US\$/kW instalado. Estos precios son evidentemente atractivos. Sin embargo, es impor-



tante señalar que cuando se hace una evaluación de la energía eólica en comparación con otras fuentes, hay que considerar los costos de la energía generada (kWh) más que los costos en términos de potencia instalada. El costo por kW es poco relevante con referencia al costo real de la energía, ya que ésta dependerá principalmente de las características del viento de la zona.

Los costos reportados líneas arriba son válidos para los grandes sistemas (centenas de kW). No sucede lo mismo con los sistemas muy pequeños (fracciones de kW) que, como hemos señalado anteriormente, es el rango de mayor aceptación dentro de los pequeños sistemas eólicos y en especial para aplicaciones en la electrificación rural. En estos casos, los costos por kW instalado es variado, depende del tamaño de las unidades y otros factores, y está en el orden de los US\$ 5,000.00 a US\$ 10,000.00/kW de potencia.

En el caso de aerobombas, una máquina con capacidad de bombeo de 80 a 100m<sup>3</sup>/día (en condiciones de vientos moderados) puede costar entre los 3 a 4 mil dólares cuando se trata de fabricaciones locales del tipo industrial y tiene costos mayores cuando se trata de máquinas importadas. Cuan-

do se trata de modelos artesanales, se puede llegar a costos tan bajos como mil dólares, aunque hay que hacer la salvedad de que estos costos están referidos a Latinoamérica, y pueden ser menores donde hay intensa mano de obra barata.

Entonces se puede decir que la energía eólica ya es competitiva con otras fuentes de energía, en especial con los sistemas convencionales. Sin embargo, hay que tener cuidado en el sentido de no generalizar estos datos para cualquier parte del mundo. Como hemos visto en los acápite anteriores, la velocidad del viento influye grandemente en la cantidad de energía generada y por ende en los costos de la misma. Asimismo, hay que tener claro que la economía de escala en este caso se aplica incuestionablemente. Mientras que en un aerogenerador de centenas de kW se habla de US\$ 600 a 800, en los sistemas de potencias fraccionarias se habla de costos de varios miles de dólares de modo que el costo de la energía generada también es muy diferente cuando se habla de pequeños y grandes sistemas eólicos.

Algo más que debemos agregar es que, lamentablemente, en Latinoamérica aún no

tenemos la tecnología de fabricación de los grandes sistemas para aerogeneración. Y en lo que se refiere a los pequeños sistemas, exceptuando a Brasil, los costos de fabricación sumados a los costos de importación definitivamente los hacen costosos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. *International course on the implementation of wind energy*. ECN (Energy Center Foundation), Holanda, 1994.
2. *Windpumps for irrigation*. H.J. Van Dijk, P.D. Goedhart, CWD, Holanda, 1987.
3. *Proyecto de Aerogeneradores*. CESADE-RED, Remi Rijs, Holanda, 1997.
4. Tesis para optar el grado de Ingeniero Mecánico, *Bombas de desplazamiento positivo para molinos de viento*. Teodoro Sánchez C., Lima, 1986.

*El autor es gerente del Programa de Energía de ITDG-Perú.*

*Mayores informes:*

*Tel. (511) 4475127,*

*Fax (511) 4466621,*

*E-mail: teo@itdg.org.pe*

# Nueva tecnología en el bombeo de agua

*Por Enock Matute y Henk Holtslag*

Aerobomba de Mecate, así se llama un nuevo molino de viento para el bombeo de agua desarrollado en Nicaragua con tecnología de Holanda. Esta tecnología fue presentada en el "1º Encuentro Internacional sobre la Tecnología de Aerobomba de Mecate", que se realizó en Managua en Abril de este año. Representantes de Argentina, Bolivia, Colombia, Perú, Cuba y países Centroamericanos, asistieron a este primer taller que fue financiado por la embajada de Holanda en Nicaragua. El encuentro fue organizado por el Centro de Estudios y Acción para el Desarrollo, CESADE - Nicaragua y Renewable Energy Development, RED - Holanda.

El objetivo de este encuentro fue presentar los resultados de la evaluación de la Aerobomba de Mecate y demostrar la tecnología a personas y organismos interesados en energía eólica y/o el desarrollo rural. Esta evaluación fue ejecutada en abril por especialistas en energía eólica de Colombia, Inglaterra, Holanda y Costa Rica, que analizaron y evaluaron los aspectos técnicos, económicos y sociales de dicha tecnología.

La tecnología, promoción y evaluación de

las Aerobombas de Mecate, fueron presentadas como sigue:

## DISEÑO Y TECNOLOGÍA DE LA AEROBOMBA DE MECATE

Esta parte fue presentada por los Sres. Luis Román y Henk Holtslag, quienes trabajaron en la producción y desarrollo de esta tecnología.

La tecnología de la Aerobomba de Mecate fue desarrollada usando las experiencias de varios proyectos de energía eólica de los años ochenta. Países como Holanda (a través de CWD, Consultancy Windenergy, Developing Countries), Inglaterra, Colombia, etc., querían desarrollar aerobombas de bajo costo y con una tecnología más sencilla que las aerobombas tradicionales como el Chicago Aeromotor. Por lo general, estos intentos no tuvieron mucho éxito por diversas razones. La Aerobomba de Mecate es una nueva combinación de molinos de viento modernos -como el CWD 2000 de Holanda y Delta de Canadá- y una bomba rotativa que, en Nicaragua, se llama "Bomba de Mecate" o "Bomba de Soga".

La Bomba de Mecate es una bomba manual que ha sido mejorada en Nicaragua en los últimos 15 años. Existen más de 15.000 instalaciones de este tipo, que son producidas o fabricadas en unos 10 talleres.

El éxito tecnológico de esta bomba se debe a los siguientes factores:

- Su sencillez, pues no tiene válvulas, sondas, tubos pesados.
- Su alta eficiencia debido al movimiento rotativo.
- Su peso, que es por lo menos 10 veces menor que el de las bombas de pistón.
- Su bajo mantenimiento, que es tan sencillo que los usuarios lo realizan sin necesidad de equipos y/o herramientas sofisticadas.
- Su bajo costo, que puede ser de US\$ 50 a US\$ 90.

La Aerobomba de Mecate combina el movimiento "rotativo" de la bomba directamente con el eje del rotor que también es rotativo. De esta manera, no hay fuerzas dinámicas en la estructura. Por su construcción moderna y los materiales usados, el peso de una Aerobomba de Mecate está entre el 25 y el



30 % del de las aerobombas tradicionales y su precio es de 2 a 3 veces más bajo.

## PROMOCIÓN Y FINANCIAMIENTO

Estos aspectos fueron explicados por los Sres. Allan Fajardo y Enock Matute, de CESADE.

CESADE ha apoyado en el desarrollo, la promoción y la difusión de las aerobombas por medio de su asesor Henk Holtslag, que es financiado por el organismo Dienst Over Grenzen, DOG - Holanda. Para promover la tecnología, CESADE hace publicaciones y participa junto con el taller AMEC (Aerobombas de Mecate) en ferias y eventos, buscando contactarse con organismos y ministerios que trabajan en el área rural.

Gracias a este trabajo, existen alrededor de 100 equipos instalados, un 30% de los cuales fue realizado a través de un programa de crédito de CESADE, acompañado de asistencia técnica en el uso de las aerobombas. Los principales usos que se da a estos equipos son: suministro de agua para uso doméstico, ganadería y riego. En este último caso se construye un reservorio para almacenar el agua para unos 2 ó 3 días. En el caso de un interesado en una aerobomba, primero se hace un diagnóstico del sitio para verificar aspectos como la ubicación, la disponibilidad de recursos de agua y viento, los requerimientos de agua del usuario, las posibilidades de pago, etc. En el caso de un crédito, éste cubre el 80% del total, que es pagado en un período de 2 a 4 años con una tasa de interés de 15 a 18 % anual en dólares, dependiendo el tipo de uso del equipo.

## RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Jan de Jongh, de RED coordinó y trabajó en la evaluación de las Aerobombas de Mecate conjuntamente con Mauricio Gnecco de Colombia y Antonio Belli de Enlace/Simas, Nicaragua, y presentaron en resumen los siguientes resultados.

Aspectos de tecnología y producción, comparados con aerobombas tradicionales:

- El costo de inversión por unidad de agua bombeada es más bajo.
- El diseño, la producción y el mantenimiento son mucho más sencillos.
- La construcción se puede realizar con herramientas básicas y con materiales que se encuentran en el mercado local.
- De todos los equipos visitados, más del 80% estaban en funcionamiento.

Aspectos de uso y aceptación:

- Los usuarios se encuentran contentos con el equipo, a pesar de que requiere

mayor atención que una aerobomba tradicional.

- La atención que requiere el equipo depende de las condiciones del viento y del uso.
- El Mecate o Soga de la aerobomba a veces requieren ajustes o cambios.
- En cuanto al uso, en la mayoría de casos los usuarios sub-utilizan el equipo.

## TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

En base a los resultados de la evaluación y el interés de los participantes en el encuentro internacional, la embajada de Holanda en Nicaragua decidió financiar una primera fase de la transferencia de esta tecnología a 4 países de Latinoamérica. Este transferencia consiste en la producción e instalación de una aerobomba demostrativa en cada uno de estos países para evaluar el interés sobre esta tecnología. En caso de ser positivo, más adelante se podría establecer una producción en pequeñas series.

En este momento se están recolectando datos de diferentes países para definir dónde, con qué organismo y cuándo se comenzará con la transferencia, pero todo este trabajo debe realizarse al finalizar el presente año.

## OTRAS EXPOSICIONES DE PARTICIPANTES

En general, los participantes del encuentro presentaron la situación actual en su país respecto a la cantidad de aerobombas instaladas, los fabricantes, el potencial y los problemas manifestados.

Aparentemente, la situación en los diferentes países es muy variada. Por ejemplo, en Cuba hay miles de aerobombas y en Argentina hasta medio millón (Fiasa), mientras en Guatemala casi no existen. Se mencionó los proble-

mas de Molinos Gaviota en Colombia y las experiencias de molinos Miramar en el Perú.

Por lo general, en casi todos los países todavía hay interés y, por cierto, potencial para las aerobombas y pequeños aerogeneradores. Sin embargo, en algunos lugares estos equipos están quedando en desuso, al llegar la "luz". Por ejemplo, en Argentina, los ganaderos, que son el sector con capacidad de pago y que mayormente utilizaba las aerobombas o aerogeneradores, actualmente ya cuentan con un equipo Diesel o tienen acceso a la energía eléctrica. El pequeño y mediano productor rural que estaría interesado en otras actividades como el riego no compran este tipo de aerobombas por razones de costo y alta inversión.

Las experiencias con aerobombas más pequeñas y/o más baratas, por ejemplo la Gaviota de Colombia, por lo general no han sido muy exitosas, salvo algunas excepciones como los molinos Miramar de Perú, donde funcionaron bien por las condiciones favorables de viento y del acceso a materiales.

Por lo general, los altos costos de inversión, la falta de un sistema crediticio adecuado y los problemas con el mantenimiento (el manejo, capacidad, acceso, repuestos, costo, etc.), parecen ser limitantes para que el gran grupo de pequeños y medianos productores no compren aerobombas. En resumen, existe mucho interés y potencial en varios países, pero las "aerobombas convencionales" son muy costosas y las "experimentales" por lo general no han funcionado bien.

## VISITAS DE CAMPO Y AL TALLER AMEC

Durante el evento, se combinó las exposiciones teóricas con las visitas de campo y a



Participantes del Taller Internacional de Aerobombas de Mecate, abril 1998, Managua-Nicaragua.



talleres. En las visitas de campo, los participantes visitaron tres instalaciones, dos de las cuales estaban destinadas al riego, contando con un reservorio y un sistema de riego básico.

Los días de la visita, se presentó mucho viento y los caudales que bombearon los equipos sorprendieron a los participantes. Algunas expresiones como "esta tecnología es una maravilla", "La Bomba de Mecate es una revolución en el bombeo de agua", pueden certificar lo manifestado. También se visitó el taller AMEC en Managua, donde se desarrollaron y ahora se producen las Aerobombas de Mecate. Este taller tiene un campo demostrativo donde exponen Bombas de Mecate accionadas por pedales de bicicleta, con tracción animal (caballo), con motor eléctrico o diesel y varios tamaños de aerobombas, incluyendo una combinación con un generador para cargar baterías. Los precios de las Aerobombas varían según el modelo, pero van desde los US\$ 50 para



Aerobomba de Mecate modelo 270 con rotor de 3,6 m., pozo de 10 m con pila de 60 m<sup>3</sup> para regadío, instalado en Santa Rita, Nicaragua.

## DISTRIBUCION GRATUITA

una bomba manual sencilla, hasta los US\$ 800 para una aerobomba grande. También el taller desarrolla otras tecnologías como pilas o reservorios para agua, sistemas de riego por gravedad y un aerogenerador pequeño con un rotor de 2 metros que tendrá un costo de unos US\$ 350. El responsable del taller, Luis Roman, explicó que todas las tecnologías de AMEC están desarrolladas con el objetivo de un bajo costo y de un fácil mantenimiento.

*Enock Matute es responsable del Programa de Tecnologías Alternativas en Cesade. Henk Holtslag tiene una experiencia de 12 años de trabajo en diseño y producción de aerobombas, y actualmente es asesor de CESADE. Mayores informes: Telf. (505) 266 9149 E-mail: cesade@nicarao.org.ni E-mail: holtslag.dapper@wxs.nl*

## VIII ENCUENTRO LATINOAMERICANO EN PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS HIDROENERGÉTICOS

### "ENERGÍA LIMPIA PARA EL PRÓXIMO MILENIO"

CUENCA - ECUADOR  
Octubre de 1999

#### Objetivos

- \* Impulsar el desarrollo de la hidroenergía a pequeña escala, bajo criterios de rentabilidad económica, social y ambiental.
- \* Fomentar las relaciones comerciales y de integración regional
- \* Vincular a: organizaciones, planificadores, ejecutores, consultores, financiadores y tomadores de decisión

#### Temática de las ponencias

- \* Tecnología y desarrollo
- \* Gestión de empresas hidroenergéticas
- \* Marco legal e institucional
- \* Hidroenergía y medio ambiente
- \* Mecanismos de financiamiento

#### Presentación de trabajos

El comité organizador invita a la presentación de ponencias. Las mismas que serán preseleccionadas en base a sus resúmenes. La selección final se efectuará mediante la revisión de trabajos in extenso

Para mayor información, dirigirse a:

#### Ministerio de Energía y Minas

Dirección de Energías Alternativas  
Páez 657 y Carrion  
Casilla Postal 17-15-007C  
Quito, Ecuador  
Telfs: (5932) 565474 565980 565342  
Fax: (9232) 565474  
E-mail: mbalseca@uio.satnet.net

#### Participantes

- El evento está dirigido a:
- \* Personal técnico de instituciones estatales y privadas relacionados con la implementación de Aprovechamientos Hidroenergéticos.
  - \* Funcionarios de entidades financieras, agencias de cooperación internacional y agencias multilaterales de desarrollo y ONG's
  - \* Investigadores y profesionales interesados en difundir sus experiencias
  - \* Profesionales y personas interesadas en el tema
  - \* Fabricantes de equipos, contratistas de obras, consultores y ejecutores de proyectos en hidroenergía

#### Programa de Energía de ITDG-Perú

Av. Jorge Chávez 275, Miraflores  
Lima 18 - Perú  
Telfs: (511) 4475127 4467324 4447055  
Fax (511) 4466621  
E-mail: hidro@itdg.org.pe

#### IMPRESSUM

HIDRORED es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en micro hidroenergía. Paralela a ésta existe la revista HYDRONET editada en inglés en Sri Lanka con quienes tenemos una mutua colaboración.

#### Corresponsales:

Argentina (Misiones): Jorge Senn  
Bolivia (Cochabamba): Walter Canedo  
Colombia (Bogotá): José Montaña  
Ecuador (Quito): Milton Balseca  
Honduras (Comayagüela): Jorge F. Rivera  
México (Xalapa): Claudio Alatorre  
Perú (Lima): Teodoro Sánchez  
Venezuela (Caracas): Carlos Flores

#### Comité Editorial:

Teodoro Sánchez (ITDG-Perú)  
Walter Canedo (PROPER-Bolivia)  
Carlos Bonifetti (MTF-Chile)  
Mauricio Gnecco (FDTA-Colombia)

#### Editores Asociados:

Gabriel Ibarra  
(Universidad del País Vasco, España)  
José A. Muñiz (HIDROSERVIS, Perú)  
Jorge Senn (ATAHUALPA, Argentina)  
Carlos Zárate (FAKT, Alemania)  
Instituto Nacional de Recursos  
Hidráulicos de Cuba (INRH, Cuba)

#### Editores:

HIDRORED: ITDG-Perú,  
Casilla Postal 18-0620 Lima, Perú,  
Fax (511) 446-6621,  
E-mail: hidro@itdg.org.pe

#### Traducción:

Federico Coz

#### Corrección:

Fortunata Barrios

#### Coordinación:

Saúl Ramírez, Homero Miranda  
Beatriz Febres, ITDG-Perú

#### Producción:

Programa de Energía, ITDG-Perú

#### Impresión:

Tarea Gráfica