

# HIDR

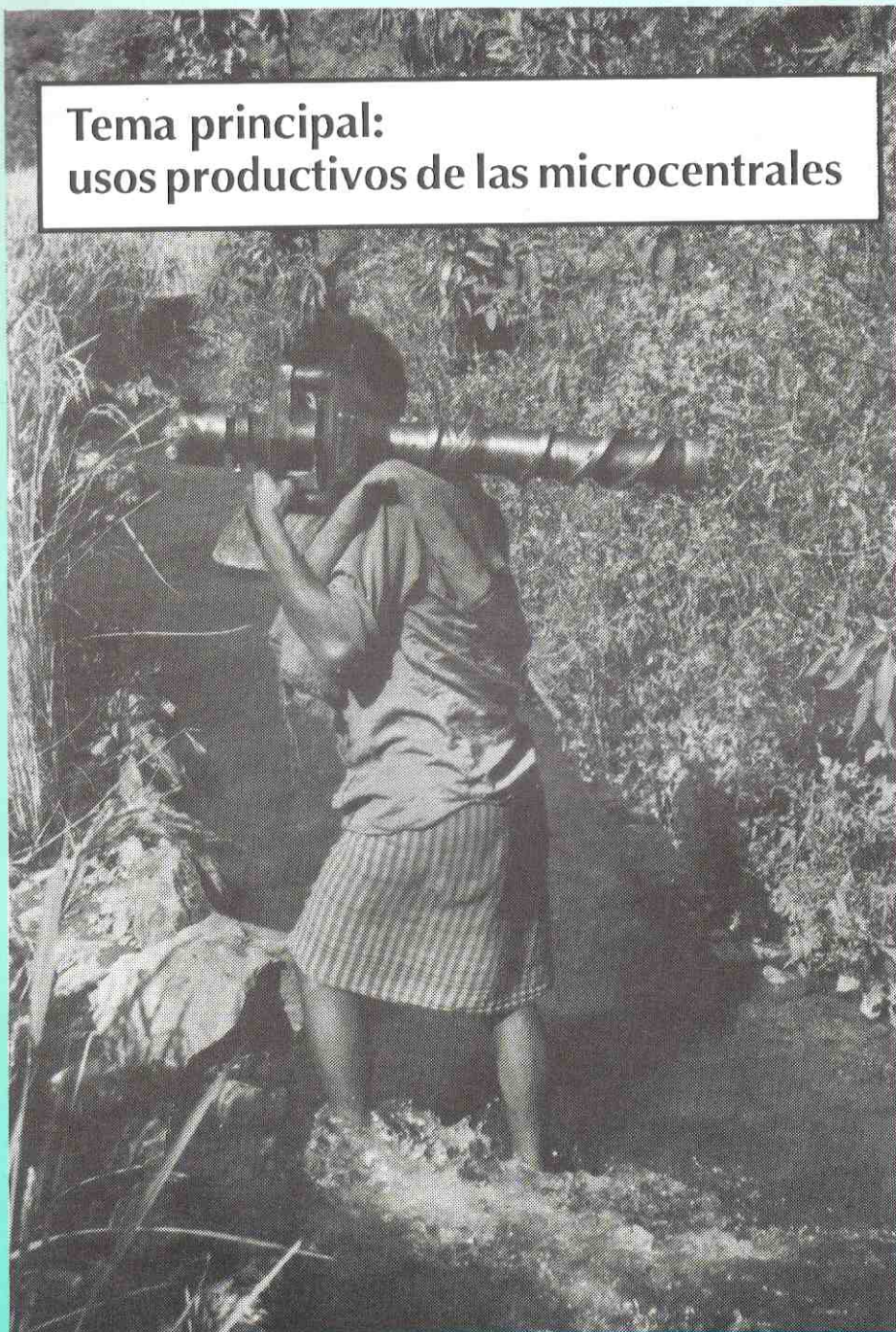


# RED

## Red de Micro Hidroenergía

ISSN 0935 - 0578 **3/91**

### Tema principal: usos productivos de las microcentrales



Mejorando los usos finales de la microhidroenergía.

### Contenido

|   |    |
|---|----|
| Compresores de aire en Nepal.                       | 2  |
| Cocinando con electricidad.                         | 5  |
| El efecto de las tarifas.                           | 6  |
| Luz en los pueblos.                                 | 7  |
| MCH para un suministro rural de agua.               | 8  |
| Molienda tradicional en el Perú.                    | 10 |
| Nuevo expulsor de aceite en Nepal.                  | 11 |
| Requerimiento de energía en el sector post-cosecha. | 12 |
| Noticias, contactos y concurso de conocimientos.    | 14 |
| Gira de estudio a Cuba.                             | 15 |

### Estimado lector ,

La viabilidad definitiva de los proyectos de microhidrogeneración depende del aspecto económico de su uso final. Algunos de los beneficios de los usos finales reclamados son difíciles de cuantificar, como por ejemplo: el estímulo a la industria local. Aun cuando sean cuantificables (iluminación), muchos de ellos pueden presentar problemas particulares de recuperación de costos. La viabilidad económica está determinada, en última instancia, por la habilidad de los productores de hidroenergía para proporcionar un volumen suficiente de energía a un precio apropiado —y confiablemente suministrado— a los empresarios y a los usuarios agricultores. Para lograr esto, los proyectos hidroenergéticos deberían ubicarse en áreas donde exista actividad económica o, por lo menos en áreas donde se vislumbre un rápido incremento de usos finales productivos de hidroenergía. Sin embargo, sería ingenuo pensar que los empresarios y otros usuarios invertirán en maquinaria para usos productivos simplemente porque la hidroenergía está disponible. La lealtad de los usuarios dependerá más de la confiabilidad y de una disponibilidad estable que de las tarifas. Los proyectos exitosos de hidroenergía deben proporcionar un producto competitivo, ya que los usuarios finales productivos exigirán ante todo que el suministro sea confiable.

Alex Arter / SKAT





# El reto de accionar compresoras de aire para la mina de Paigutang en los Himalayas

por Amaty V. Bhushan

Accionar compresoras de aire para taladrar es la única carga importante en minas pequeñas. Frecuentemente el acceso a los asientos remotos de las minas es extremadamente difícil y el transporte de grupos Diesel resulta muy costoso y poco seguro. La hidroenergía ofrece una alternativa perfecta, ya que las compresoras garantizan un alto factor de carga. Sin embargo, puede haber dificultades. El autor describe sus experiencias en la construcción de una planta de energía para un proyecto minero en los Himalayas de Nepal.

## Un lugar remoto

Cuando se inició el «Proyecto de Zinc-Plomo de Ganesh Himal», se consideró factible construir una PCH de unos de 150-200 kW de capacidad para el suministro de electricidad al campo minero y a la actividad minera del proyecto. El lugar se encuentra a una altitud de 4115 m y a unos 52 km al NO de Katmandú, la capital de Nepal. El acceso es difícil: de Katmandú 70 km por carretera hasta Trishuli, luego 116 km por un camino de tierra que estaba en construcción y que no se podía usar durante todo el período de implementación de la PCH. El lugar era accesible solamente por un sendero de montaña que supone unos 4 ó 5 días de camino desde Trishule. Se tenía que construir también una línea de 33 kV para su uso futuro por parte del Estado. Por consiguiente, la PCH estaba destinada para el suministro de energía hasta que la energía de la red estuviese disponible, después de lo cual cualquier energía generada sería considerada como adicional.

## La idea

Para generar electricidad, el agua tuvo que ser desviada del río Mailung —alimentado por un pequeño glaciar— a través de un túnel de 170 m de longitud, pasando por un desarenador excavado en el lado de la toma del túnel, para luego ingresar a una tubería de presión de acero de 240 mm de diámetro. Se construyeron 3 casas de fuerza para albergar 4 turbinas de flujo transversal, diseñadas para una potencia de 50 kW e instaladas en serie mediante la alimentación de la descarga de una turbina en la tubería de la siguiente turbina. Se seleccionaron alternadores británicos sin escobillas (70 kVA) equipados con reguladores automáticos de voltaje debido a que requerían de poco mantenimiento. Los alternadores tuvieron que ser sobredimensionados para compensar la pérdida de su capacidad de enfriamiento a causa de la gran altitud. Para controlar la frecuencia se seleccionaron reguladores electrónicos de carga, cada uno capaz de controlar 108 kW y producir agua caliente

con el exceso de energía. La figura 1 nos muestra la disposición general en la toma del túnel y el túnel en toda su extensión.

## ... y el reto

### 1. Transporte del equipo y material

La única manera de transportar el material y el equipo fue empleando cargadores. Esto limitaba el peso de los componentes a menos de 50 kg en general. Sin embargo, algunos componentes más pesados también fueron transportados a mano. Las piezas más pesadas fueron los alternadores que tenían un peso de alrededor de 500 kg c/u y que tuvieron que ser transportados por helicóptero sólo hasta un campo base a 3000 m de altitud, pues más arriba el aparato no podía elevarse debido a la altura. Desde allí los componentes fueron transportados por cargadores hasta el lugar mismo. Además de las dificultades del áspero terreno y de las duras condiciones climáticas, habría que añadir que la mano de obra sólo era estacional.

Todos estos factores aumentaron los costos de transporte, los cuales no se habían considerado en la fase de planeamiento del proyecto. El uso de cargadores para trasladar 1000 kg tuvo un costo de US\$ 300-400 y el del helicóptero ascendió a US\$ 2400 por 1000 kg. El servicio, proporcionado por el ejército nepalés, fue difícil de obtener y sólo se recurrió a él para las piezas más pesadas. En la tabla 1 se aprecia

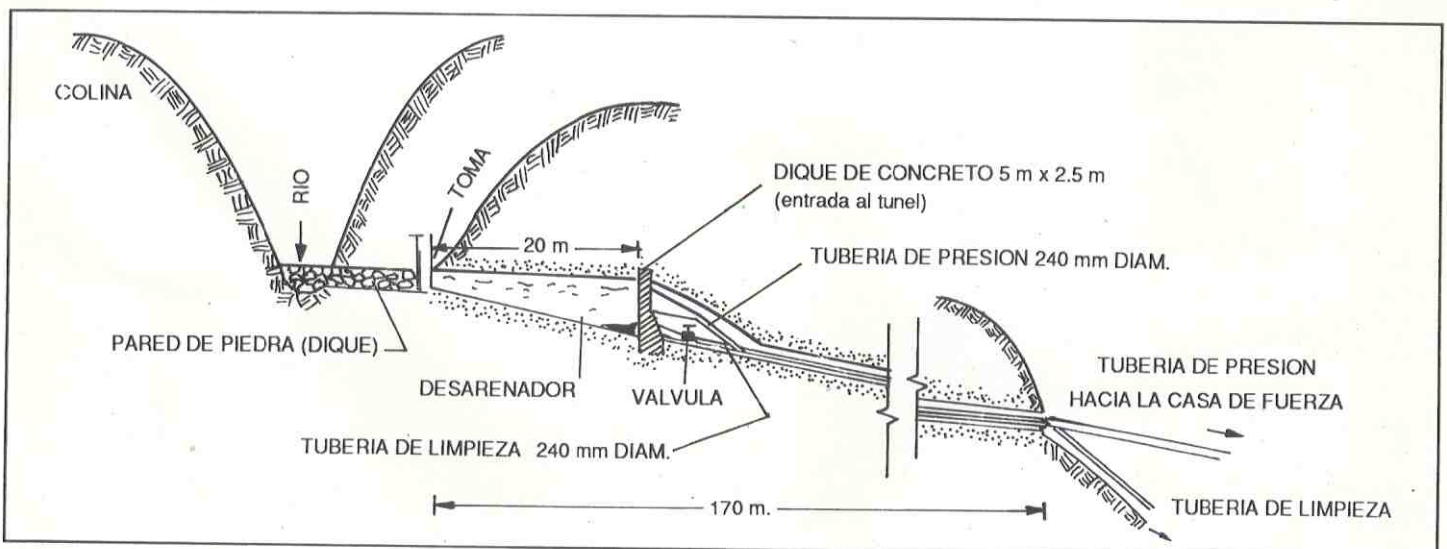


Fig. 1 La toma y el túnel.



|                                      | Katmandú  | En el lugar |
|--------------------------------------|-----------|-------------|
| Cemento (bolsa de 50 kg)             | US\$ 8.00 | US\$ 21.00  |
| Combustible Diesel (100 lt)          | 45.00     | 75.00       |
| Acero (1000 kg)                      | 550.00    | 800.00      |
| Mano de obra (no calificada) por día | 2.00      | 3-5.00      |

Tabla 1: Comparación de costos.

la diferencia expresada en dólares 1983, en el costo de los materiales (usando cargadores como medio de transporte) y la mano de obra empleada entre Katmandú y el sitio referido.

### 2. Falta de información y de datos

La central fue diseñada para un caudal de 170 lt/s. Previamente a su diseño y construcción, se realizaron mediciones del caudal en el río durante el otoño, habiéndose encontrado que la descarga era más que suficiente, incluso si se reducía el caudal una decena de veces. Sin embargo, después de aceptarse la obra se descubrió que el caudal era el adecuado sólo entre la primavera y el otoño. Durante el invierno la descarga disponible no resultaba suficiente debido al congelamiento del río y al poco derretimiento de la nieve y del hielo aguas arriba, por un lado, y a las excesivas fugas a través del dique, por otro. Es muy probable que usando un dique de concreto más sofisticado se hubiese logrado suficiente agua; pero un dique de esas características era imposible de construir debido a diversos factores tales como lo remoto de su ubicación, costos, falta de mano de obra calificada, etc. El resultado fue una disminución de la energía generada durante el invierno. La disminución de la energía se acentuó aún más cuando las turbinas empezaron a operar con un caudal menor para el que habían sido diseñadas, lo que sin embargo tuvo que ser compensado con la instalación de dos turbinas de diferentes anchos (60 mm y 120 mm), en lugar de una turbina simple de 180 mm de ancho en la tercera casa de fuerza. Los ejes de ambas turbinas fueron acoplados directamente uno al otro, lo cual permitió operar una o ambas turbinas al mismo tiempo con el resultado de un incremento de la potencia en momentos de bajo caudal.

### 3. Acoplamiento de las compresoras a la turbina

El empleo de las compresoras de suministro de aire para operar el equipo neumático era lo que consumiría la mayor cantidad de energía. Teniendo esto en mente, se pensó que las pérdidas en la transmisión mecánica y la necesidad del transporte de los motores eléctricos de 90 kVA -cada

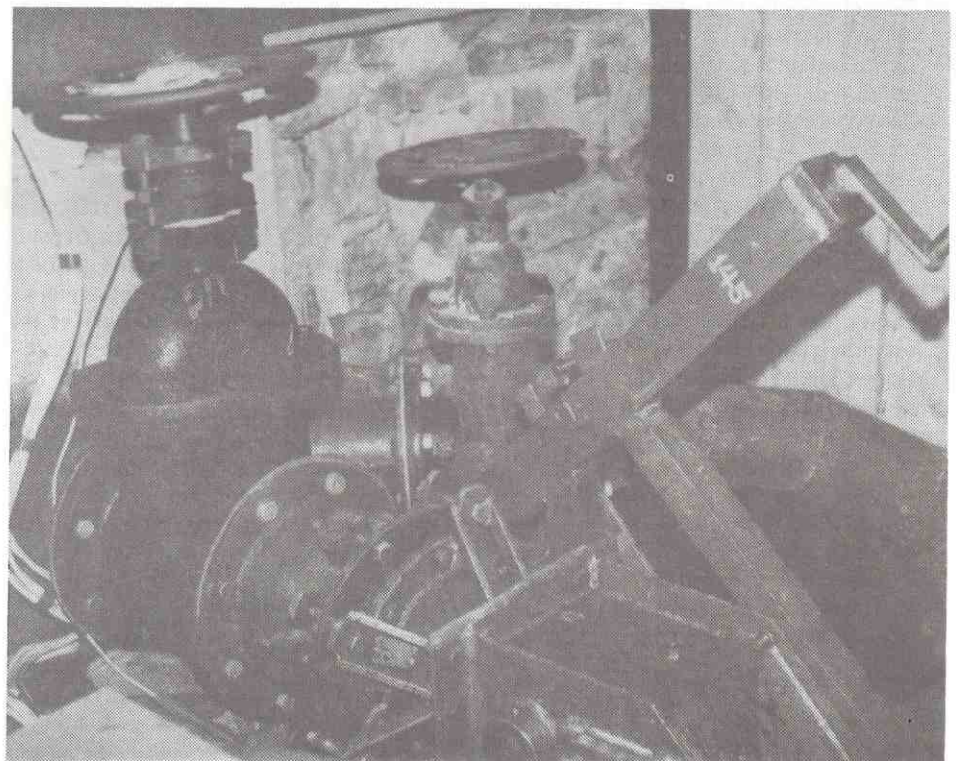
uno con un peso de más de 500 kg- podían ser evitadas si las compresoras se acoplaban directamente a la turbina y el aire comprimido se transmitía desde la casa de fuerza a la mina. Siguiendo esta pauta, los fabricantes realizaron una prueba que terminó siendo exitosa. Pero por desgracia no funcionó bien en la mina, y esto por dos motivos. Primero, el regulador mecánico suministrado por el fabricante fue prácticamente incapaz de regular el caudal de agua de la turbina durante la carga y descarga de la compresora, haciendo que la turbina trabajara a excesiva velocidad. Segundo, el tendido de la tubería de aire comprimido fue tan difícil en el terreno que fue casi imposible sellarla, lo cual impidió reducir las pérdidas de energía durante la transmisión. En consecuencia la idea fue desechada optándose por instalar alternadores para generar electricidad, los que a su vez accionarían la compresora próxima a la entrada del túnel.

### 4. Regulador hidráulico-mecánico y regulador electrónico de carga

El regulador hidráulico resultó muy lento para reaccionar a los cambios de carga y no era apropiado para la operación de equipo sensible a la frecuencia y al voltaje, tal como motores para compresoras, ventiladores, cargadores de batería, equipo inalámbrico, etc. En cambio, el regulador electrónico de carga (ELC), ensamblado localmente, apareció como una opción adecuada y resultó todo un éxito. El circuito de tiristores del ELC controlaba la energía hasta 36 kW. Por encima de este valor, tres contactores controlados electrónicamente conectaban 24 kW c/u, permitiendo al regulador controlar hasta 108 kW de potencia provenientes de los dos generadores operando en paralelo. El comportamiento del regulador de carga fue tan bueno que la fluctuación de energía fue limitada a menos del 2% y corregida en menos de una fracción de segundo. El costo del ELC fue de unos US\$ 1600 (1983), y el del balastro y la instalación cercano a los US\$ 10,000, excluyendo los costos del transporte.

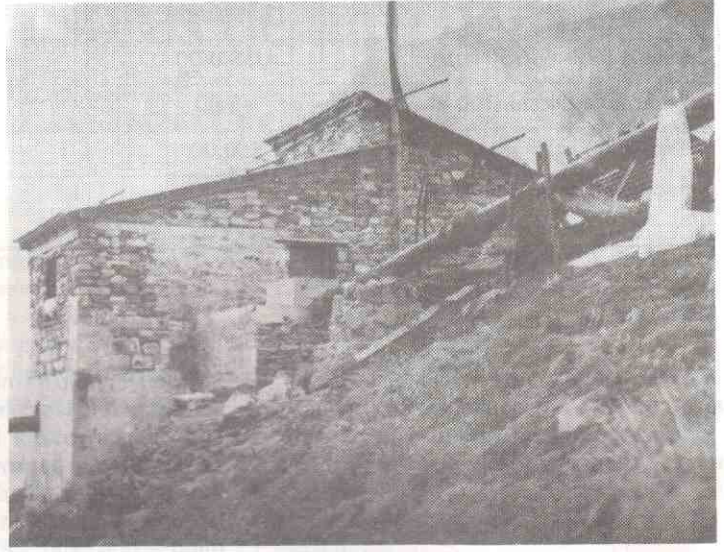
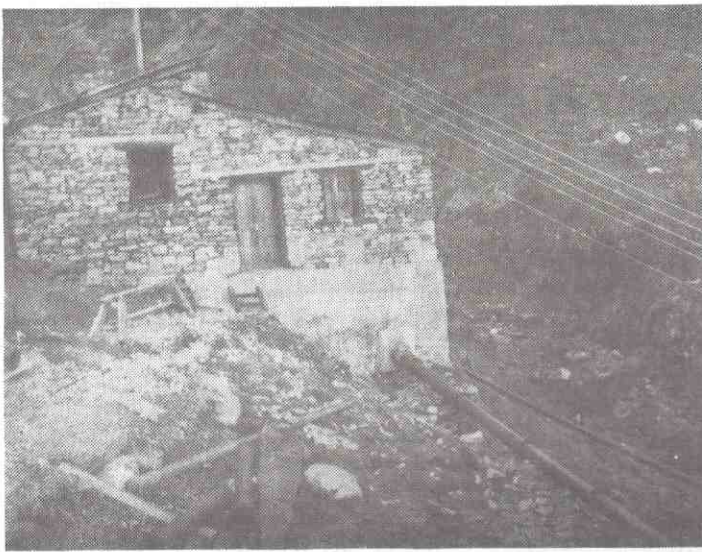
### 5. Operación y mantenimiento

Estas actividades estuvieron a cargo del personal de la compañía minera. Los operadores fueron capacitados en dos fases. En la primera fueron capacitados por los fabricantes para la operación y mantenimiento en la misma fábrica por espacio de un mes y en la segunda fase, fueron



Instalación en la casa de fuerza mostrando la turbina, la válvula de control de la turbina, válvula de compuerta de la turbina y tubería de by-pass.





Tubería de presión y tubería de expansión dirigiéndose a la casa de fuerza 1 (izquierda), tubería de presión dirigiéndose hacia la segunda casa de fuerza desde la primera.

capacitados en la planta por supervisores de los fabricantes y por ingenieros de la compañía. Fue entonces que trabajaron bajo supervisión en el sistema durante los primeros 15 días antes de empezar a trabajar por su propia cuenta.

Los principales problemas que se encontraron durante la operación del sistema fueron los siguientes:

- Excesivo desgaste de los rodetes de las turbinas y otros elementos (cojinetes) debido al alto contenido de sedimentos en el agua.
- Congelamiento de la tubería de presión durante las noches originando en ocasiones la detención del sistema. En una oportunidad, trozos de hielo arrastrados por el agua estropearon las válvulas de control y el rodete de la turbina. Posteriormente, las tuberías fueron cubiertas con hierba seca y envueltas con tela de yute y plástico, lo cual ayudó a reducir el problema.
- Los repuestos enviados por los fabricantes de las turbinas no estaban estandarizados en cuanto a las dimensiones, lo que obligó a realizar trabajos de ajuste en la planta con el consiguiente alargamiento de los períodos de interrupción del servicio.
- A pesar de que el ELC trabajaba muy bien, requería de personal calificado para su mantenimiento, lo que obligó a adquirir un regulador de carga de repuesto para reducir el tiempo de interrupción del servicio.

### Lecciones aprendidas

Una serie de tropiezos y demoras producidos durante la construcción y operación de la planta pueden atribuirse principalmente a la falta de información, a la rela-

tiva mala administración y a las condiciones ambientales.

- Los proyectos deben ser analizados en su totalidad por adelantado, teniéndose en cuenta su diseño, concepto y adaptación a las condiciones reinantes del lugar.
- Todos los datos importantes deben ser tomados en cuenta antes de entrar a la fase final del proyecto, sin importar el costo y tiempo empleados en esos estudios iniciales (específicamente datos hidrológicos, topográficos, climáticos).
- Al principio se descuidaron una serie de aspectos tales como la revisión de cada detalle del diseño, lo que podría haber ayudado a mantener bajo el costo del proyecto. No hubo siquiera garantía por parte del fabricante sobre la confiabilidad y el funcionamiento satisfactorio del equipo, que al principio podría haber sido adquirido a bajo costo, pero que habría evitado otros gastos a largo plazo (el costo de acoplamiento de la compresora a la turbina es un típico ejemplo que la compañía tuvo que asumir sin ningún resultado).
- Otras causas fueron: un plan de construcción y un cronograma de trabajo inadecuados, deficiente suministro de material y materiales consumibles (combustible Diesel, explosivos, cemento, etc).

### Mirando al pasado

Se puede concluir ahora que se trató de un proyecto factible, realizado en condiciones muy difíciles. A pesar de que se pudo evitar una serie de gastos por situaciones imprevisibles, la obra siguió siendo barata, comparada con proyectos similares emprendidos por el gobierno en mejores

condiciones climáticas y en localidades más accesibles. La inversión de la compañía se estimó en unos US\$ 4,000/kW, mientras que las realizadas por el gobierno varían entre US\$ 6,000 y US\$ 8,000/kW. En lo concerniente a los costos de operación y confiabilidad, el resultado es favorable respecto a un grupo Diesel debido a lo mínimo de sus costos de operación. Por añadidura, ya no se tiene que depender de la disponibilidad estacional de mano de obra para el transporte del combustible Diesel. Comparada con otras microcentrales construidas en Nepal, la planta tiene una ventaja por el hecho de accionar las compresoras, ya que permite una carga continua que eleva el factor de carga por encima del 80% (!), con la consiguiente disminución del costo por unidad de potencia. Otras plantas en Nepal operan con un factor de carga muy bajo (20% o menos, a no ser que exista un procesamiento de productos agrícolas con las turbinas) produciendo energía, principalmente para iluminación por pocas horas durante la noche y permaneciendo sin trabajar durante el resto del día, de donde provienen problemas de generación de ingresos para operar el sistema.

**Amatya Bhushan trabajó en la ejecución del Proyecto de Paigutang.**

**Contactar:**

**c/o System Design Engineering  
University of Waterloo  
Waterloo, Ontario N2L 3G1,  
Canada**





# Cocinando con electricidad

por Rod Edwards, ITDG

La cocina doméstica es uno de los usos de la electricidad proveniente de la microhidrogeneración y se ha vuelto muy popular en los últimos años. ¿A qué se debe esto?

Existen probablemente tres razones básicas. En primer lugar, los combustibles tradicionales, tales como la madera, son cada vez más escasos y más caros en muchas zonas, obligando a menudo a recorrer grandes distancias para obtenerlos. En segundo lugar, cocinar con electricidad beneficia a la salud al reemplazar a la fogata, que llena de humo la casa y causa enfermedades respiratorias y de otra índole, en especial a los niños. La tercera está relacionada con el aumento de la tarifa fija que pagan los consumidores conectados a un sistema de microhidrogeneración. En este sistema cada consumidor paga una tarifa fija por mes, limitándose el consumo máximo mediante un dispositivo de control. Así, un usuario en Nepal puede pagar, por ejemplo, 10 rupias al mes por 200 W de suministro. Por lo general, esta cantidad se consume por pocas horas de iluminación durante la noche, habiendo poca demanda durante el resto del día. Mientras tanto, el usuario tiene que pagar por combustible para cocinar o perder tiempo en recolectarlo, resultando obvia la ventaja de poder usar los 200 W por los cuales ya pagó.

Existe, sin embargo, una desventaja al usar la electricidad para cocinar. Por ejemplo, una comida simple para cuatro personas consume un promedio de 1 kWh y por lo general, la gente de una comunidad tiende a cocinar casi a la misma hora. Como consecuencia, tendríamos que la microcentral no podría satisfacer la demanda máxima en las horas en que se acostumbra a cocinar, tanto en la mañana como en la noche.

Consideremos una microcentral de 10 kW. Si todos los usuarios pagasen una tarifa fija por 200 W, la planta podría suministrar electricidad a 50 usuarios. Pero, si todos decidiesen cocinar al mismo tiempo (lo cual es muy probable en la realidad), la demanda alcanzaría los 50 kW, lo que excedería la capacidad de la planta.

En cambio, si suponemos que el usuario sólo usa los 200 W disponibles durante 6 horas diarias (lo que es también probable), quedarían  $18 \times 200$  Wh de energía que no se consume y que ya ha sido pagada. Si se pudiera acumular esta energía, se tendrían 3.6 kWh (olvidemos la eficiencia por el

momento) disponibles para otros usos, los cuales cubrirían las necesidades de cocina de una familia promedio sin exceder la capacidad de la planta.

Desde el punto de vista económico, acumular electricidad es difícil, de modo que se debe encontrar un método alternativo para lograrlo. Una manera de hacerlo es almacenando directamente la energía en forma de calor, lo que constituye la base de lo que se conoce con el nombre de «Cocina de acumulación de calor».

En los últimos años se han desarrollado dos aparatos basados en este concepto. El primero es el BIJULI DEKCHI o cocina de bajo vatiaje, creado en Nepal por los Servicios de Consultoría en Desarrollo, y que actualmente se fabrica comercialmente en ese país. El Bijuli Dekchi consiste en una cacerola de aluminio (dekchi), soldada dentro de otra ligeramente más grande, dejando un espacio de aire entre ellas. En la parte exterior de la cacerola interior se fijan unas piezas planas controlándose la temperatura mediante un termostato. La figura 1 nos muestra la construcción básica del Bijuli Dekchi.

Un uso típico del Bijuli Dekchi es calentar agua para cocinar. Para esto se le llena de agua y se le enciende cuando aún existe electricidad disponible, por ejemplo justo antes de que el usuario vaya a acostarse. Debido al buen contacto entre el elemento y el agua, se alcanza la máxima temperatura en aproximadamente una hora, dependiendo de la capacidad del aparato. El termostato mantiene esa temperatura hasta que se tenga que usar el agua. Para evitar que el agua hirviendo se evapore por completo, la temperatura máxima se ha fijado a unos 80°C.

Además de calentar agua, el Bijuli Dekchi se puede usar para cocinar una variedad de comidas tales como arroz o avena, pero teniendo cuidado de evitar un sobrecalentamiento localizado, ya que se puede quemar la comida; esto se debe al buen contacto que existe entre el elemento y la cacerola. Sin embargo, no se puede usar para freír, ya que para el efecto se requiere de una temperatura mínima de 160°C.

En la actualidad el Bijuli Dekchi es fabricado en diferentes tamaños con una capacidad que va desde uno a más de 10 lt. Se emplean ya varios centenares, siendo la aceptación de los usuarios, en la mayoría de los casos, muy elevada. Los problemas iniciales con los detalles de fabricación y la calidad de los termostatos y de sus otras piezas han sido superados.

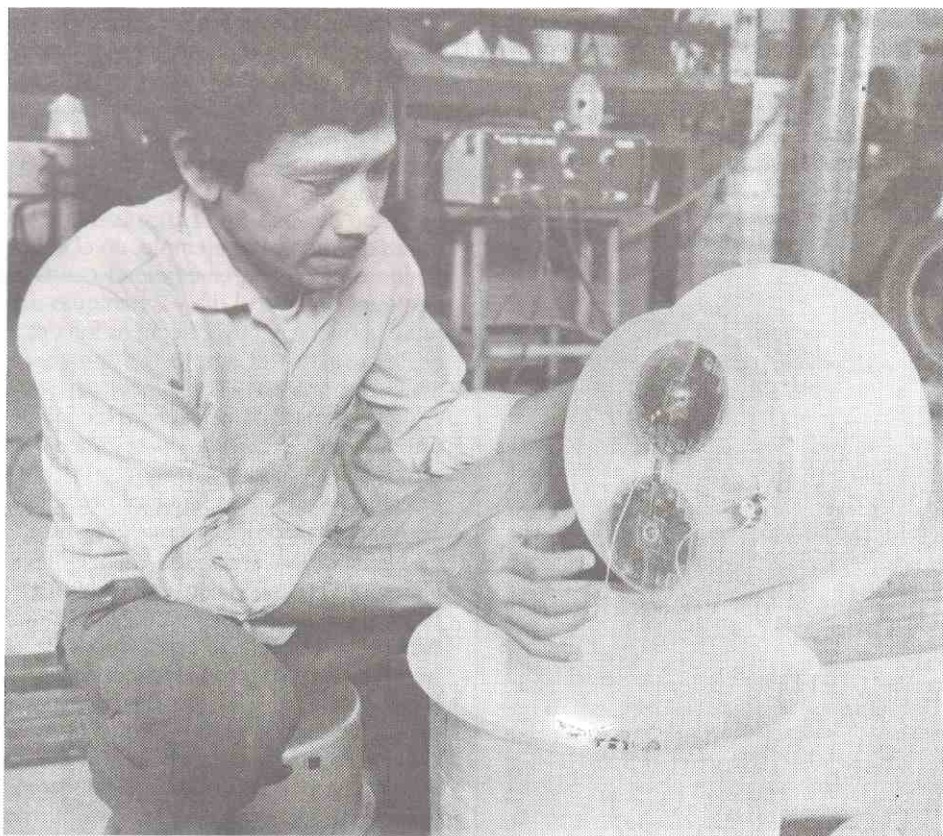


Fig. 1: La construcción básica del Bijuli Dekchi.





La segunda alternativa (la «cocina de acumulación de calor») está siendo desarrollada hoy por ITDG en colaboración con «Industrias Metálicas de Katmandú» y la compañía británica «Dulas Engineering». La meta es lograr una cocina que ahorre la mitad de la madera empleada como combustible y que pueda usarse en todas las técnicas de cocinado. El artefacto lleva un elemento de 200 W que se desconecta durante las horas pico de iluminación. El calor proveniente de la pieza de bajo vatiaje se acumula en un bloque de hierro fundido bien aislado o de un material similar, y se usa cuando se quiere cocinar. No se trata de un nuevo concepto, pues se ha usado mucho en Europa durante algunos años.

Las desventajas del hierro fundido radican en su gran peso, el elevado costo y el pobre rendimiento cuando se usan cacerolas sin base plana.

El equipo está trabajando actualmente en cocinas de acumulación en piedras, haciendo circular aire a través de las piedras, las cuales están almacenadas en un depósito aislado a temperaturas de alrededor de 500°C.

La figura 2 nos muestra el concepto básico de una cocina de acumulación de calor, en donde una pieza de bajo vatiaje es insertada en un bloque de hierro fundido que ha sido aislado externamente.

Estos conceptos se pueden aplicar en otros usos que no sean la cocina doméstica. Así, actividades comerciales pequeñas como panaderías, secado de cosechas o procesamiento de leche, pueden emplear la acumulación de energía de los sistemas de microhidroenergía, los cuales de otro modo no podrían satisfacer la máxima demanda.



Calentamiento de agua con una cocina de acumulación de calor



Fig. 2: El concepto básico de la cocina de acumulación de calor.

## Los efectos de las tarifas

por Andy Brown, ITDG

En un 25% de las casas de Gran Bretaña usted encontrará barras de ladrillo calentándose hasta altas horas de la noche a temperaturas cercanas a los 900°C. Algo semejante ocurre en la mayoría de los países de Europa Occidental, donde el 30% de los interruptores automáticos de las casas ha sido modificado al conectar termas de agua y otras cargas en desacostumbradas horas de la noche. ¿Qué es lo que está pasando?. Pues, bien, sucede que estos usos finales desacostumbrados -termas de acumulación y calentamiento nocturno de agua- son el resultado de las tarifas divididas. Por ejemplo, en el Reino Unido un kWh de electricidad cuesta 6 peniques durante el día y 2 peniques durante la noche, y cuyo efecto es fomentar en los usuarios el empleo de termas de acumulación y aprovechar los períodos de energía barata fuera de las horas de punta. Esto mitiga la demanda y proporciona un mejor factor de carga, evitando la construcción de nuevas centrales y permitiendo un mejor uso de las redes existentes.

En Nepal las MCH venden la energía por vatios, una conexión con límite de corriente sin medidor de energía (kWh), lo que tiene el mismo efecto en la demanda al hacer que los usuarios se inclinen hacia las bajas potencias y al uso de cocinas de acumulación, así como a calentar agua durante la noche para cocinar al día siguiente. La idea fue copiada de un sistema anterior usado en Noruega. Del mismo modo, países en vías de desarrollo como por ejemplo Sri Lanka y Zimbawe, usan

corriente fija o tarifas divididas para reducir los costos de suministro.

En el caso de la microhidrogeneración, las conexiones con limitadores de corriente resultan bastante razonables y deberían ser consideradas cuidadosamente para los sistemas eléctricos. La ausencia de medidores simplifica el cobro y reduce los costos. Asimismo los dispositivos limitadores de corriente (CTP de estado sólido de autoreposición, interruptores a transistores o relés) reducen las conexiones ilegales. Lo que es aún más importante, se incentiva el uso de energía fuera de las horas de punta.

La carga de baterías y el calentamiento de agua son a menudo los primeros usos de este tipo de energía. Secadores, cocinas y calentadores también resultan atractivos, pero, como ocurre en Europa Occidental, las aplicaciones especiales tales como calentadores de acumulación son con frecuencia necesarias.

En conclusión, cualquier sistema de microhidrogeneración, ya existente o en planeamiento, puede beneficiarse considerablemente usando conexiones limitadoras de corriente con las siguientes ventajas:

- Mejores factores de carga
- Bajos costos de la electricidad
- Conexión a mayor número de casas
- Cobro más sencillo de las tarifas
- Sustitución de medidores de energía importados por simples limitadores de corriente.





# Luz en los pueblos: ¿luz fluorescente o luz incandescente?

por Carlos Zárate, FAKT

En la implementación de programas de MCH uno encuentra con frecuencia que los usuarios dan la más alta prioridad a la electricidad para la iluminación. Existen dos alternativas para este importante uso final: lámparas incandescentes o lámparas fluorescentes. En la mayoría de los casos, la elección recae en las lámparas incandescentes, y parece que los pros y contras no se conocen como se debiera. El autor trata aquí de arrojar luz sobre estos hechos.

Desde la antigüedad el hombre ha tratado de dominar una fuente de luz artificial: primero una antorcha y hoy lámparas sofisticadas. El usuario desea tener una fuente que dé «suficiente» luz. La luz se mide en Lumen (lm), denominado flujo luminoso. La tabla 1 nos da valores sobre algunas fuentes comunes de luz.

Los usuarios prefieren obviamente la fuente de más alta iluminación. Desde el punto de vista de la generación, es importante saber cuál de ellas requiere menos energía para producir el mismo efecto luminoso. Es, pues, importante tener en cuenta este hecho, ya que una alta eficiencia de conversión tiene varias ventajas:

- Reducción del consumo de energía y del costo sin reducir la iluminación.
- Uso racional de la energía producida.

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Vela                         | 10-12 |
| Lámpara de kerosene          | 30    |
| Bomba incandescente de 100 W | 1380  |
| Tubo fluorescente de 40 W    | 1150  |

Tabla 1: Flujo luminoso en lm, de fuentes diversas.

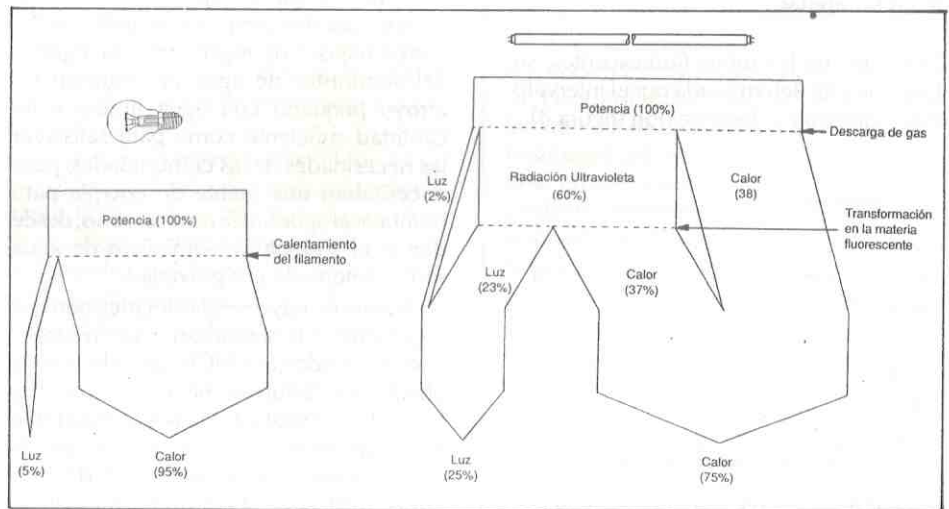


Fig. 1. Balance energético de la lámpara fluorescente y la bombilla incandescente.

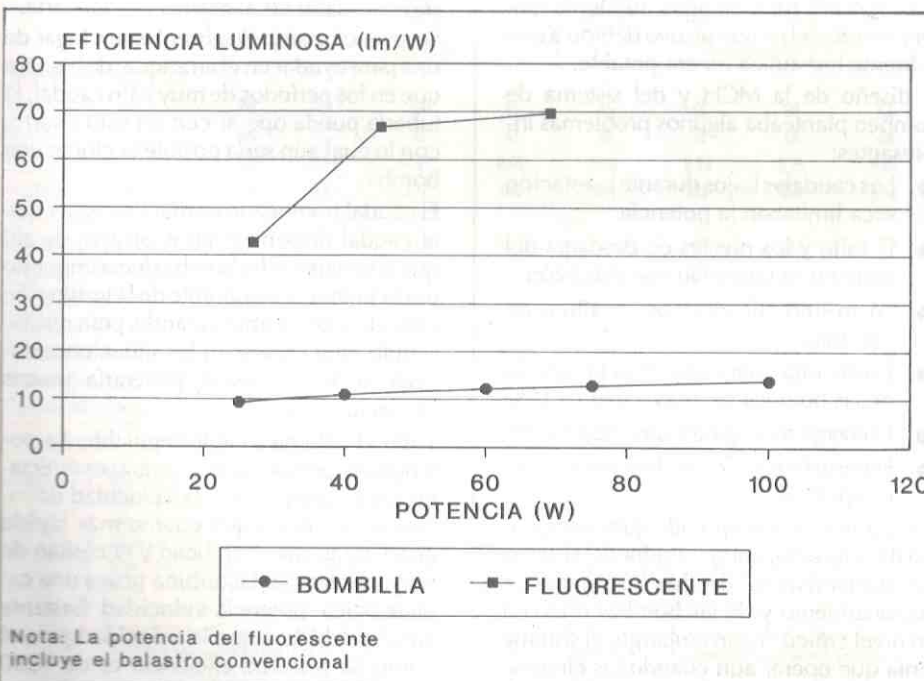


Fig. 2. Eficiencia luminosa de la lámpara fluorescente y la bombilla incandescente

- Posibilidad de servir a muchos usuarios con la misma energía generada.

## Lámpara fluorescente versus lámpara incandescente

La figura 1 compara el balance de energía al transformarse la electricidad en luz. Allí la eficiencia luminosa está medida en lm/W para ambos tipos de lámparas. La del tipo fluorescente se caracteriza por su alta eficiencia, mientras que las bombillas ordinarias producen más calor que luz.

La figura 2 muestra las eficiencias luminosas para tubos y bombillas de diferente tamaño. En el caso de los tubos, se incluyen las pérdidas de un balastro convencional.

Otro factor decisivo es la duración de las lámparas. Esta no sólo depende de la calidad de la fabricación sino de los choques que una bombilla tiene que soportar, y de la relación entre el voltaje de la red y el voltaje de operación de la bombilla. El voltaje de operación es el promedio aritmético del rango impreso en la bombilla;





por ejemplo, si en la bombilla dice 220-230 V, el voltaje de operación es 225 V. La figura 3 muestra la influencia del sobrevoltaje: basta un 5% de incremento para reducir la duración de la bombilla en un 50%.



Fig. 3. Influencia del voltaje en la vida útil de las bombillas.

En el caso de los tubos fluorescentes, su duración está determinada por el intervalo entre conexión y desconexión (figura 4).

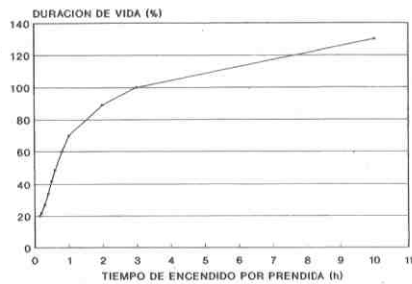


Fig. 4. Influencia del prendido-apagado en la vida útil de los fluorescentes.

En general, las bombillas tienen una duración aproximada de 1000 hs, mientras que los tubos fluorescentes alcanzan un promedio de ¡11 000 hs!

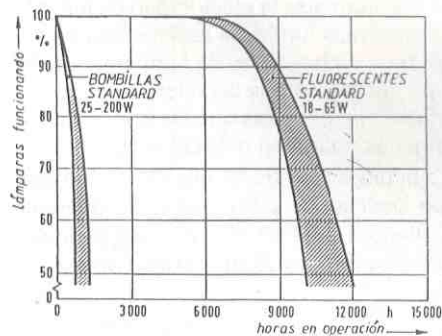


Fig. 5: Vida útil de las lámparas.

# MCH para un suministro rural de agua

por P.H.J. Caplen

Los pueblos apartados de las zonas altas de la isla de Vanuátú, en el Pacífico Sur, tendrán un sistema de bombeo de agua mediante bombas accionadas por un sistema de microhidrogeneración. Se puede ver que el uso final tiene una influencia decisiva en la selección de los componentes del sistema: en este caso, por ejemplo, debido a que la energía generada por el sistema estaba limitada por la estación seca, se tuvo que adoptar un sistema de velocidad variable y autorregulable.

Actualmente, los pobladores de varios pueblos apartados, situados en las zonas altas, tienen que transportar agua de los arroyos que discurren por los valles de las partes bajas. Los ingenieros encargados del suministro de agua encontraron un arroyo pequeño con agua limpia y en cantidad suficiente como para satisfacer las necesidades de las comunidades, pero necesitaban una fuente de energía para bombear el agua hacia un reservorio, desde donde el sistema de suministro de agua sería alimentado por gravedad.

En la zona no hay energía eléctrica pero los ingenieros no deseaban usar motores Diesel, siendo una MCH una alternativa obvia. Desafortunadamente, el arroyo no tenía el potencial para la MCH, hasta que se encontró un arroyo más grande con la caída y el caudal apropiados, situado a 1.5 km. Aun así, en la estación seca, la potencia disponible del nuevo arroyo apenas satisfacía el caudal requerido para el bombeo. El suministro rural de agua aún tenía que ser tomado del primer arroyo debido a que la fuente hidráulica no era potable.

El diseño de la MCH y del sistema de bombeo planteaba algunos problemas interesantes:

- Los caudales bajos durante la estación seca limitaban la potencia
- El salto y los niveles de descarga del agua no se conocían con precisión
- Lo mismo sucedía con la altura de bombeo
- Existía una tolerancia en la eficiencia de las bombas de más o menos 10%
- La energía tenía que transmitirse a 1500m
- El costo tenía que mantenerse al mínimo posible

De lo anterior se desprende que la eficiencia de la turbina, del generador del sistema de transmisión, de los motores de accionamiento y de las bombas estaba a un nivel crítico. Y, sin embargo, el sistema tenía que operar aun cuando las circunstancias le fuesen desfavorables. Después de varios arranques fallidos, se ideó un

sistema de velocidad variable, el cual operaría satisfactoriamente dentro del rango probable de potencia disponible.

Puede verse el diseño adoptado en la figura 1. Allí una turbina de acción de 2 chorros de 12 kW opera bajo un salto neto de 27 m y está acoplada directamente a un generador trifásico de 4 polos, 1500 rpm, 415 V y 16 kVA. Un regulador electrónico de desviación de carga (ELDG) entra en funcionamiento a 50 Hz para limitar la velocidad en caso de que la carga desaparezca o de que exista un exceso de energía. Dos motores eléctricos de 6 polos, 5.5 kW, 415 V accionan dos bombas de rotores helicoidales que bombean el agua hasta una altura de 120 m. Respecto a la línea de transmisión, el hecho de que 1.5 km no permite una transmisión económica a 415 V, hace que la energía se transmita a 1000 V usando un cable estándar de 3 núcleos de 6 mm<sup>2</sup>, 660/1000 V. Se enterrará el cable si el terreno es plano, y en los valles será montado en alambres de catenaria.

Se seleccionaron dos bombas en lugar de una para ayudar en el arranque, de manera que en los períodos de muy bajo caudal, la tubería pueda operar con un solo chorro, con lo cual aún sería posible accionar una bomba.

El caudal bombeado es mucho menor que el caudal disponible en el arroyo, de allí que el tamaño de las bombas fuera impuesto por la potencia disponible de la turbina. Se consideró una turbina grande, pero resultó siendo muy cara, y en las situaciones críticas de bajo caudal, generaría menos potencia.

Todo el sistema es autorregulable. La potencia requerida por las bombas es directamente proporcional a la velocidad de rotación, de modo que cuanto más rápido giran, tanto más bombean y necesitan de mayor potencia. La turbina posee una característica potencia-velocidad bastante amplia debido a que la velocidad para el punto de máxima eficiencia es de 1300 rpm, de forma que el sistema se adapta a una velocidad para la cual la potencia



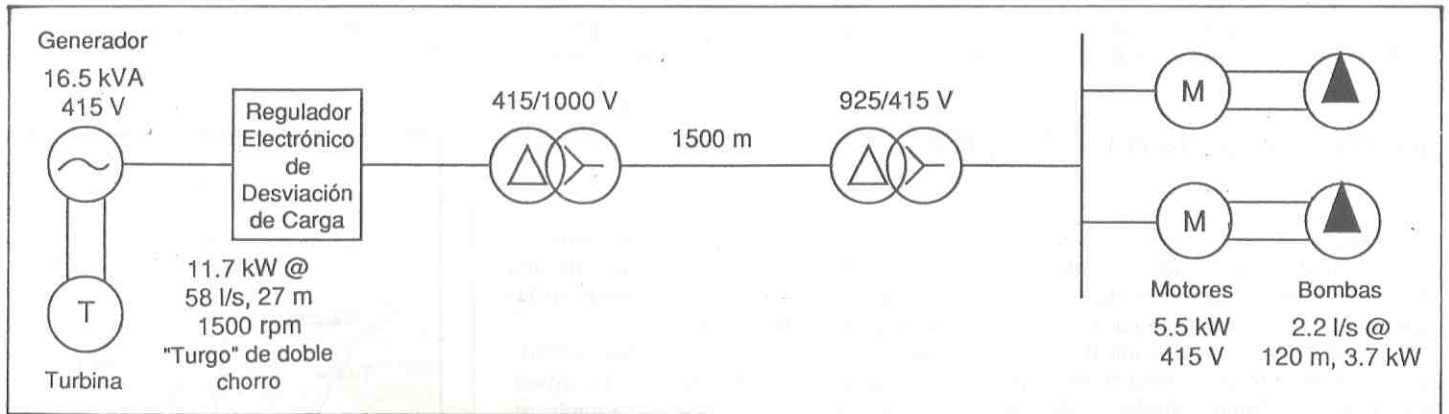


Fig. 1. Diagrama lineal del sistema microcentral/bomba de agua.

requerida por la bomba coincide exactamente con la potencia que genera la turbina.

Si la altura de bombeo aumenta, el sistema se desacelera a fin de reducir el caudal bombeado hasta que la potencia requerida coincide una vez más con la potencia disponible. Igualmente, si el salto de la turbina aumenta, la potencia disponible excederá a la que requiere la bomba y el sistema se acelerará hasta que las bombas consuman la energía suministrada. Por consiguiente, el sistema alcanzará normalmente un nivel de funcionamiento estable. Si todas las eficiencias y los saltos son favorables, entonces la turbina generará más energía de la que las bombas necesitan. En este caso, el ELDG entrará en funcionamiento y conectará o desconectará la resistencia de desviación de carga

según sea necesario a fin de limitar la velocidad a 53 Hz.

La turbina ha sido diseñada para generar la máxima potencia posible. Posee una tobera fija y una válvula de aguja que producen un caudal previsto de 58 lt/s y un caudal máximo de 60 lt/s, con potencias de 11.7 kW y 11.8 kW.

Basándose en la energía disponible a 27 m y a 58 lt/s, se llegó a determinar la velocidad a la que varias bombas absorberían dicha energía. Finalmente, se seleccionó una bomba acoplada a un motor de 6 polos, lo que tiene la ventaja de eliminar las pérdidas, los costos y las complicaciones inherentes a las transmisiones con faja. La figura 2 nos muestra el rango de velocidades y caudales con el que el sistema puede operar. Las velocidades máximas y mínimas están limitadas por el generador

y, de acuerdo a experiencias anteriores, los límites fueron 45 y 53 Hz, valores que fijan los límites de operación de ambas bombas. Si todos los factores inciertos se combinaran favorablemente, el sistema bombeará 4.8 lt/s a 53 Hz y el ELDG absorberá 360 W. De lo contrario, si lo hacen reduciendo la potencia disponible en 18%, el sistema bombeará 3.6 lt/s a 45 Hz. En el caso de una estación extremadamente seca, se anula un chorro de la turbina y 30 lt/s bombearán 1.9 lt/s a 49 Hz.

Si todos los factores, tales como las variaciones del salto, las eficiencias del sistema y los requerimientos de potencia, se hicieron desfavorables en más del 18% permisible, se cambiará uno de los motores de la bomba a 8 polos, lo que ha de permitir que el sistema bombee entre 3.0 y 3.9 lt/s.

El caudal de la turbina se regula moviendo manualmente la válvula de aguja pudiendo ser cortado mediante una válvula manual de ingreso. Durante la estación seca el caudal puede ser regulado mediante un operador de acuerdo al tipo de caudal. Si una de las bombas deja de funcionar, el regulador captará el aumento de velocidad y conectará las resistencias hasta que la actividad se estabilice en 53 Hz. Cuando el caudal cae por debajo de 47 lt/s, una de las bombas deberá ser desconectada.

A pesar de una serie de factores inciertos en los parámetros de diseño, se ha logrado crear un sistema de autorregulación de bajo costo y de funcionamiento sencillo.

|                          | Una bomba        |                  | Dos bombas       |                  |                |                     |                  |      |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|------------------|------|
|                          | Velocidad Mínima | Velocidad Máxima | Velocidad Mínima | Velocidad Mínima | Velocidad Baja | Velocidad de diseño | Velocidad Máxima |      |
|                          | Bajo caudal      |                  | Pleno caudal     |                  |                |                     |                  |      |
| Potencia de la turbina   |                  |                  |                  |                  |                |                     |                  |      |
| Frecuencia               | Hz               | 49               | 53               | 45               | 45             | 48                  | 50               | 53   |
| Caudal                   | lt/s             | 30               | 45               | 47               | 58             | 58                  | 58               | 60   |
| Potencia generada        | kW               | 5.14             | 7.51             | 8.05             | 9.94           | 9.93                | 9.79             | 9.87 |
| Pérdidas por transmisión | W                | 336              | 577              | 640              | 884            | 881                 | 863              | 874  |
| Potencia de bombeo       |                  |                  |                  |                  |                |                     |                  |      |
| Potencia disponible      | kW               | 4.8              | 6.93             | 7.41             | 9.06           | 9.05                | 8.93             | 9    |
| Margen de incertidumbre  | %                | 10%              | 10%              | 0%               | 18%            | 10%                 | 0%               | 0%   |
| Potencia de cada bomba   | kW               | 3.67             | 5.3              | 3.15             | 3.15           | 3.46                | 3.8              | 3.83 |
| Altura de bombeo         | m                | 120              | 120              | 120              | 120            | 120                 | 120              | 110  |
| Potencia requerida       | kW               | 3.6              | 3.9              | 3.15             | 3.15           | 3.45                | 3.7              | 3.65 |
| Margen de potencia       | kW               | 0.07             | 1.4              | 0                | 0              | 0.02                | 0.2              | 0.36 |
| Capacidad de la bomba    | lt/s             | 1.9              | 2.3              | 3.6              | 3.6            | 4                   | 4.4              | 4.8  |
|                          |                  | 1                | 2                | 3                | 4              | 5                   | 6                | 7    |

- Notas:
- 1 Caudal disponible para mínimo caudal de la turbina de 30 lt/s.
  - 2 Máximo caudal de una bomba a 53 Hz es de 2.3 lt/s.
  - 3 Mínimo caudal de la turbina para accionar las dos bombas es de 47 lt/s.
  - 4 Muestra que el margen de factores inciertos es 18%.
  - 5 Con 10% permisible para factores inciertos, el sistema opera a 48 Hz (1440 rpm) y bombea 4.0 lt/s.
  - 6 En el "punto de diseño", el sistema opera a 1500 rpm (50 Hz) y bombea a 4.4 lt/s.
  - 7 Si la altura de bombeo fuese 110 m, el sistema operaría a 53 Hz y bombearía 4.8 lt/s.
- Existen factores inciertos en el salto de la turbina, altura de bombeo y en las eficiencias del equipo. Siempre que el conjunto no exceda el 18%, el sistema funcionará a una velocidad de operación estable.

Fig. 2. Variaciones de la velocidad/caudal para el sistema turbina/bomba.

P.H.J. Caplen  
Mechanical Engineer  
Leyland Consultants Ltd  
100 Anzac Avenue  
P.O. Box 1859  
Auckland, Nueva Zelanda





# Molienda tradicional en Cajamarca, Perú

por Alfonso Carrasco V., ITDG-Perú

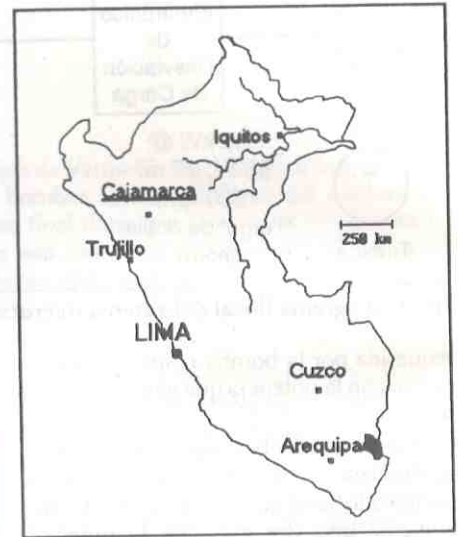
Cajamarca es el tercer departamento más poblado del Perú. Su población es de más de un millón de habitantes, el 80 % de la cual reside en el área rural. Su producción varía según se trate de la zona de valle, zonas cálidas, o de las partes altas templadas. En estas últimas -alrededor de los 3000 msnm, los cultivos principales son el maíz, el trigo, la cebada, la papa, arveja, y los diversos granos andinos tales como tarwi (lupino) o chocho y la quinua. El autoconsumo es todavía una característica ampliamente difundida, a pesar de la creciente penetración de formas de intercambio mercantiles.

En esta zona la dieta familiar descansa en gran parte en el consumo de harinas, por lo que la molienda de granos está bastante difundida. Esto se traduce en el gran número de molinos tradicionales que existen hasta en las más apartadas zonas.

ITDG intentó hacer una primera aproximación para el conocimiento de estos molinos, en la perspectiva de eventualmente introducir mejoras técnicas que hagan posible incrementos en su eficiencia, mayor durabilidad de la instalación,

etc. Para ello se realizó una pequeña encuesta que obtuvo información de una muestra de 13 molinos, ubicados en las partes altas del departamento. Los resultados se muestran en el cuadro.

A pesar de que no se puede necesariamente considerar como estadísticamente representativa la muestra, es indudable que existen algunos aspectos que son generalizables, y que nos permiten inferir algunas proposiciones sobre la actividad de la molienda tradicional en Cajamarca. Es evidente en primer lugar la baja capacidad de molienda: no llegan a procesar 10 kg por hora, frente a un molino de martillos o los denominados de piedra artificial que en sus versiones más pequeñas fácilmente pueden llegar a moler 10 veces más. Debido a ello es frecuente que exista una demanda por el servicio no satisfecha, sobre todo luego de la cosecha, a pesar de las 12 horas de servicio que en promedio ofrecen los molinos. En ese caso los campesinos deben recorrer distancias que pueden representar en total un día entero de viaje a alguna ciudad, espera por el servicio y retorno. Además, estos molinos cobran



por lo general 4 o 5 centavos por arroba por encima del precio en el campo; ello aparte del costo del transporte.

Si bien se trata de instalaciones relativamente sencillas y con una tecnología que manejan los propios campesinos, el hecho de que por ej. en promedio las instalaciones tengan entre 8 y 10 paradas al año indica que la confiabilidad no es muy grande. Ello hace posible pensar que es posible introducir mejoras técnicas, y con ello aliviar un poco las difíciles circunstancias de la vida de los pobladores de Cajamarca.

## 1. Características de su empleo

|   |                 |
|---|-----------------|
| Promedio de kg procesados en el molino diariamente: | 65 kg           |
| Promedio de horas en servicio:                      | 12 horas        |
| Meses de mayor demanda del servicio:                | Ag., Set., Oct. |
| Promedio de días de molienda intensa:               | 101 días        |

## 2. Características económicas

|   |          |
|---|----------|
| Costo promedio del servicio (US\$ por 10 kg):       | 0.13     |
| Ingreso promedio anual por el servicio de molienda: | 180 US\$ |

## 3. Características técnicas

Los componentes del molino son:

- Bocatoma, completamente artesanal, hecha de piedras y tierra mezclada con pasto
- Canal de conducción de tierra o revestido de arcilla
- Cámara de carga consistente en una excavación en tierra
- Alimentación de agua mediante canal abierto o gruesos tubos de cemento con altas pérdidas hidráulicas por fricción
- Rueda hecha de madera, o en algunos casos con «álabes» metálicos. Eventualmente se emplean secciones de llantas como álabes.
- Ruedas de trituración de piedra tallada (por artesanos locales), unida a un eje central
- Sistema de alimentación de granos de cuero, madera o latón

## 4. Características de su funcionamiento

|   |           |
|---|-----------|
| Record de fallas al año:                              | 7.5 veces |
| Tiempo promedio fuera de servicio durante cada falla: | 10 días   |
| Años de funcionamiento:                               | 19 años   |

## IMPRESSUM

**HIDRORED** es la edición latinoamericana (en español) de la Red Internacional de Microhidroenergía **HYDRONET**.

**HYDRONET** es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en microhidroenergía. Su meta es transferir las actividades de publicación a los países socios.

**HYDRONET** es financiada actualmente por Pan para el Mundo (Iglesia Luterana), Misereor (Iglesia Católica), el Estado Federal Alemán de Baden - Württemberg, GATE (Centro Alemán de Tecnología Apropiada) y SKAT (Centro Suizo de Tecnología Apropiada). Para 1991 recibe también apoyo de UNESCO - ORCYT.

Editores: FAKT, Stuttgart, Alemania; SKAT, ST. Gallen, Suiza.

Comité de redacción de **HYDRONET**: FAKT, SKAT, ITDG, GATE/GTZ.

La edición latinoamericana **HIDRORED** aparece al igual que la edición en inglés, tres veces al año, y se puede conseguir a través del Editor. La suscripción incluye el derecho a un servicio de preguntas y respuestas, libre de cargo.

Dirección Editorial de **HIDRORED**: ITDG, casilla postal 18-0620 Lima Perú. Fax 5114 466621. Comité de redacción de **HIDRORED**: Alfonso Carrasco V., Teodoro Sánchez (ITDG); José A. Muñiz (PROMIHDEC); Federico Coz.

Edición y producción: Área de Comunicación ITDG-Perú.





# Sundhara - Nuevo Expulsor de Aceite sometido a pruebas de campo en Nepal

La extracción del aceite de las semillas ha requerido siempre de tecnologías que utilizan mucho más energía o mano de obra que los procesos empleados en la preparación de alimentos de consumo general, como por ejemplo los granos alimenticios. No debe, pues, sorprender que la extracción de aceite se haya desarrollado como un frecuente uso final de la microhidroenergía.

El sur del Asia en general, y Nepal, en particular, no son una excepción. Los pequeños molinos de aceite allí existentes constituyen un aspecto importante de la economía rural de la región.

En general, el expulsor de aceite es el componente más rentable de un molino, y un nuevo molino que se describe a continuación ha sido bautizado apropiadamente: sundhara o «fuente de oro». En Nepal operan más de 1000 expulsos usando energía hidráulica, motores Diesel o motores eléctricos.

Virtualmente todos los equipos de expulsión de aceite que trabajan en Nepal han sido importados de la India. En general, dichas máquinas son una copia de diseños antiguos, algunos usados en países industrializados que ahora se fabrican en la India con ligeras modificaciones. Las mejoras en el diseño del tornillo expulsor, efectuadas en los países industrializados en las últimas décadas, no han sido incorporadas a la pequeña industria de fabricación de prensas de la India.

Los problemas de las prensas fabricadas en la India ya han sido enfrentados en Nepal, en especial cuando se las instala en molinos que operan con energía hidráulica. La GTZ/GATE contrató a FAKT para mejorar el expulsor en Nepal, a fin de adaptarlo a las necesidades de los molineros y clientes y de hacer posible su fabricación en ese país. Para el efecto, en los últimos años se creó una red de socios en la India (Tinytech Ltd, Rajkot), Nepal (Development and Consulting Services, Butwal) y Alemania (FAKT), dividiéndose entre ellos este trabajo de investigación y desarrollo.

Al inicio del proyecto se realizó un estudio de los usuarios, siendo las quejas de los molineros:

- Peso excesivo del expulsor (1000 kg), lo que hace muy altos los costos de adquisición y de transporte.

- Alto consumo de energía: se midieron potencias mayores de 6 kW durante los estudios de campo. La alta potencia requería que la prensa fuera muy voluminosa, lo que aumentaba excesivamente su peso. En el caso de molinos accionados por motores Diesel y eléctricos, éstos resultaban de gran potencia y caros motores. Los molinos accionados por turbinas hidráulicas requerían mucha agua o saltos más grandes.
- Desgaste rápido de los tornillos gusanos y de las barras de la jaula.
- Frecuentes problemas de atascamiento cuando se operaba la máquina con el cono ajustado para aumentar la producción de aceite.
- Falta de flexibilidad para operar con otras variedades de semillas.

A fin de modificar el expulsor para que se adapte a las necesidades de Nepal, se establecieron cuatro estrategias principales:

- Rediseño de la compuerta de la jaula y de la transmisión de engranajes para reducir su peso y para que pueda ser fabricado localmente.
- Mejorar el ajuste del cono para permitir el procesamiento de una mayor variedad de semillas aceiteras y evitar el atascamiento de la máquina.
- Cambiar el diseño del tornillo para aumentar la recuperación del aceite y reducir el consumo de energía y el

requerimiento de potencia a fin de disminuir el peso de la máquina.

- Mejorar el tratamiento de las superficies de las partes sometidas a desgaste con el objeto de bajar los costos de operación.

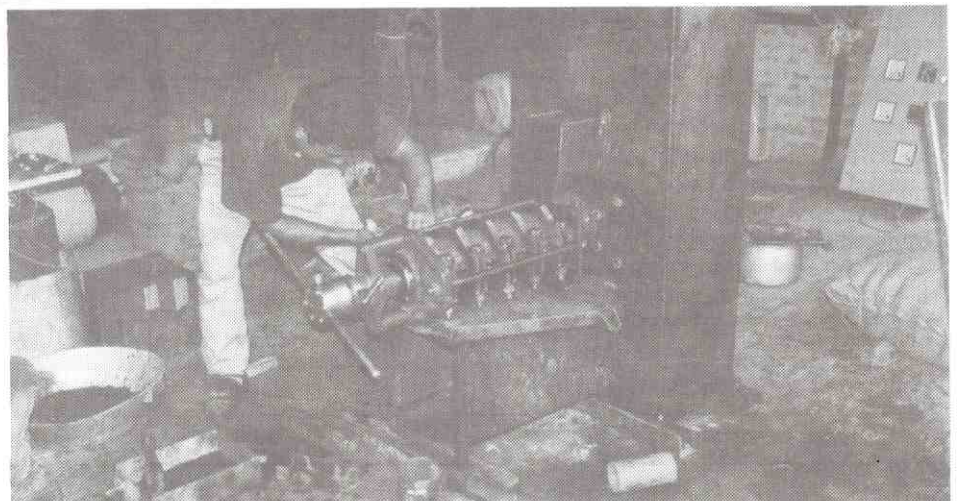
El resultado logrado fue muy alentador:

- El peso del expulsor se redujo de 1000 kg a 230 kg.
- Con 2 a 3 pasadas a través del expulsor, se obtiene un queque de semilla de nabo silvestre con un contenido de 9%, lo que no se compara con las 6 a 10 pasadas y el contenido residual de aceite de 12 a 14% que se obtenía antes.
- Se redujo el consumo de energía en un 30%.
- La potencia requerida por el expulsor se redujo a la mitad, es decir a 3 kW.
- El cono ahora puede ser ajustado durante el funcionamiento, lo que permite al molinero adaptar la máquina a diferentes semillas.

En la actualidad DCS viene probando dos expulsos en molinos. Cinco unidades más se instalarán en Nepal en los próximos meses y su comportamiento será observado por un período de dos años.

Después de finalizar las pruebas de campo, se planea realizar un taller internacional para demostrar y discutir los resultados de este trabajo, y para ponerlo a disposición de un número más vasto de personas. Sin embargo, si desde ahora usted está interesado en el nuevo expulsor, por favor sírvase escribirnos. Su nombre será incluido en nuestro registro postal y lo mantendremos al tanto de los avances realizados.

**FAKT/Furtwagen**  
Stephan-Blattmann-Str. 11  
7743 Furtwangen  
Alemania



El nuevo expulsor de aceite sometido a ensayos de campo en un molino de Nepal.





# Requerimientos de energía en el Sector post-cosecha

por Dr. H. M. Dietz, FAKT

Los sistemas de alimentación se extienden mucho más allá de la puerta de la granja e incluyen el procesamiento de alimentos, su transporte, almacenamiento y cocción. En las economías industriales, el sistema de alimentación consume del 17 al 20% de la energía total usada. De esta cantidad se gasta entre un quinto y un cuarto en la producción de la granja, consumiéndose el resto en las operaciones de post-cosecha. Dado que el procesamiento de los alimentos post-cosecha emplea una parte sustancial de la energía total empleada, alcanzando alrededor del 13 al 15% de la energía total en los países industrializados, surge la pregunta de si esta característica es diferente en los llamados países en vías de desarrollo.

Entre el momento en que los productos alimenticios abandonan la granja y el instante en que llegan a las manos de los consumidores se realiza un gran número de operaciones tales como secado, molienda, separación, transporte, almacenamiento del producto empacado y, finalmente, la cocción. Por razones de sencillez expositiva definiremos cuatro áreas principales en el sistema de alimentación post-cosecha (PHF): procesamiento, transporte, almacenamiento y cocinado doméstico.

## Requerimientos de energía para la post-cosecha.

### Procesamiento de alimentos

La mayoría de las actividades del procesamiento de alimentos utiliza energía comercial, es decir, carbón, petróleo, gas o electricidad, con excepción del procesamiento de la caña de azúcar y el secado de arroz, donde el bagazo o la cáscara del arroz pueden ser quemados para generar parte o toda la energía requerida.

La tabla 1 nos da una visión general de los requerimientos de energía para el procesamiento de los grupos más importantes de alimentos.

Las cifras de la Tabla 1 son de carácter global. Los siguientes ejemplos indicados en la tabla 2 dan detalles de los requerimientos de energía de tres opciones de procesamiento de un producto en particular -arvejas- en Europa. Las cifras revelan que el empaquetado y almacenamiento de los productos de los llamados procesos modernos consumen mucha energía, como por ejemplo el uso del empaquetado en vidrio y el congelamiento.

### Transporte

Los tres factores principales que influyen en la cantidad de energía usada en el

| Producto             | Litros de petróleo por tonelada de producto procesado |
|----------------------|---|
| Cereales             | 5 a 12  |
| Aceites vegetales    | 200 a 360   |
| Frutas y ...         |   |
| Pasta de tomate      | 59  |
| Jugo de fruta        | 10  |
| Piña enlatada        | 112   |
| Vegetales congelados | 153   |
| Ganado               |   |
| Carne, suelta        | 33.5  |
| Carne, enlatada      | 115   |
| Leche                |   |
| Pasteurizada         | 12.4  |
| Esterilizada         | 40  |
| En polvo             | 500   |
| Pescado              |   |
| Congelado            | 102   |
| Enlatado             | 500   |
| Otros                |   |
| Té                   | 500   |

Tabla 1. Requerimientos de energía para procesamiento de alimentos.

transporte de alimentos son: porción de la población urbana respecto al total, el modo de transporte empleado y la distancia de transporte. La figura 1 nos muestra algunas cifras correspondientes a varias regiones del mundo.

### Almacenamiento de alimentos

A pesar de su importancia en los sistemas de post-cosecha los requerimientos de

|                                    | Esterilizado<br>1/1 lata<br>kWh/kg | Esterilizado<br>720 ml vidrio<br>kWh/kg | Congelado<br>Bolsa de<br>polietileno<br>kWh/kg | Secado<br>Bolsa de<br>polietileno<br>kWh/kg |
|------------------------------------|------------------------------------|---|--|---|
| Producción                         | 0.78                               | 0.78                                    | 0.78   | 0.78  |
| Blanqueado                         | 0.21                               | 0.21                                    | 0.21   | 0.21  |
| Preservación                       | 0.66                               | 0.75                                    | 0.62   | 1.29  |
| Empacado                           | 2.66                               | 5.28                                    | 0.58   | 0.1   |
| Empacado para transporte           | 0.21                               | 0.21                                    | 0.13   | 0.13  |
| Transporte                         | 0.42                               | 0.57                                    | 0.26   | 0.08  |
| Almacenamiento                     | 0.12                               | 0.12                                    | 4.1  | 0.12  |
| Eliminación de desechos (empacado) | 0.03                               | 0.1                                     | 0.003  | 0.01  |
| <b>Total</b>                       | <b>5.08</b>                        | <b>7.79</b>                             | <b>6.67</b>                                    | <b>2.71</b>                                 |

Tabla 2. Consumo de energía para diferentes opciones de procesamiento de arvejas.





energía pueden ser mínimos, con excepción por supuesto del almacenamiento en frigoríficos (ver tabla 2).

### Cocinado doméstico

El cocinado doméstico es el aspecto más grande y desafortunadamente menos documentado. El cocinado doméstico en las áreas rurales y en las casas pobres de las áreas urbanas se realiza con fuentes de energía no comerciales, es decir, empleando combustibles tales como la madera, desechos agrícolas y estiércol animal. Para esta gente es difícil tener acceso a la infraestructura de la energía comercial (suministro de electricidad, cilindros de gas, etc.). La energía no comercial referida a la energía total consumida en cocinar varía desde el 85% para el África hasta 21% para el Cercano Oriente, correspondiéndole a la madera un 95% de la energía no comercial generada. Los requerimientos de energía para cocinar varían también con los hábitos de comida (granos/raíces), nivel de ingresos, etc. La proporción del total de energía consumida en el sector de alimentos de post-cosecha es de 86% en el África y de 61% en América Latina.

### Demanda de energía en los sistemas de post-cosecha

La figura 1 muestra la cantidad de energía (comercial y no-comercial) usada en los tres principales subsectores de los sistemas de post-cosecha, señalándose además que el cocinado es el subsector más importante de todas las regiones.

La proporción de la energía usada en el sector de procesamiento de alimentos varía entre un 10% en el África hasta por encima del 30% en América Latina. La gran cantidad de energía empleada en el subsector de procesamiento de alimentos en América Latina puede deberse a la



Uso de madera para el suministro de energía.

importancia de la industria azucarera que es gran consumidora de energía. Si se considera sólo la energía comercial, la proporción para América Latina decrece hasta el 20% ya que la mayor parte de la energía requerida en la industria azucarera se obtiene a partir de la quema del bagazo.

### ¿Cuáles son las consecuencias para el sector de la microhidrogeneración ?

La microhidroenergía se viene usando ya ampliamente en la elaboración de produc-

tos que requieren de un alto consumo de energía mecánica durante su procesamiento, tal como ocurre en la extracción de aceites comestibles, en la molienda de granos o en el trabajo mecánico en plantas de té (ventiladores, rodillos, frenos y cribas) (ver tabla 1). La obtención de energía térmica a partir de la energía hidráulica es aún rara. En la mayoría de las áreas donde se emplea la energía hidráulica, la madera es todavía más barata que la electricidad. Es interesante observar que la gente pobre de las zonas urbanas de muchos países confían cada vez más en la comida callejera preparada por vendedores que usan combustibles comerciales que los pobres no pueden pagar. Dado que los suministros de energía no-comercial se están volviendo cada vez más inaccesibles para un sector considerable de la población urbana, la importancia en el futuro del procesamiento de alimentos crecerá de tal suerte que se requerirá menos energía para preparar la comida final: fideos hechos de trigo, arroz o harina de granos, pan, hojuelas de arroz y otro tipo de comidas del tipo de snack constituyen algunos ejemplos de alimentos que se pueden encontrar en cualquier parte del mundo. En muchos casos, estas comidas se preparan principalmente para comodidad del comprador, y su demanda está aumentando debido al bajo consumo de energía durante su preparación.

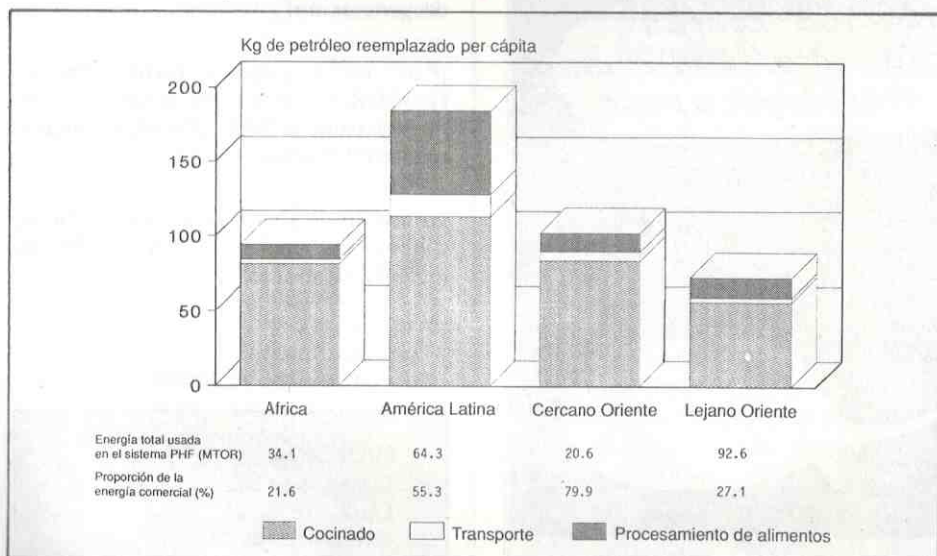


Fig. 1: Cantidad de energía usada en los tres principales subsectores de los sistemas postcosecha.





¡Video film disponible!

## Experiencia con MCHs en Nepal

Por mucho tiempo los países del Sur han tratado de resolver sus problemas específicos apoyándose en la tecnología del Norte. En Nepal, con un planteamiento diferente, se tuvo resultados positivos, pues tras muchos años de desarrollo y de trabajo preliminar se logró una tecnología de microhidrogeneración conveniente para las condiciones del país. En sus talleres se han construido más de 700 turbinas, al tiempo que se han echado a andar molinos y generadores. Financiada por el Banco de Desarrollo Agropecuario, difundida por el Proyecto de Pequeñas Turbinas y Molinos y producida por varios talleres locales, esta experiencia merece ser estudiada por cualquiera que esté vinculado a la microhidrogeneración.

La película tiene el propósito de mostrar que el desarrollo exitoso no es un asunto

para ser pensado en el corto plazo. Han transcurrido más de 25 años desde que se instaló el primer prototipo de una turbina hidráulica fabricada localmente. El video se centra además en la manera como las diferentes instituciones relacionadas con la instalación de un molino han formado una infraestructura mediante la cual se puede lograr una difusión exitosa, y en el tipo de tecnología que se está usando. La película «Energía del río» (30 min) está disponible en VHS en inglés y español, y en los sistemas NTSC o PAL. Su precio es de US\$ 55, más los gastos de correo. Dirigirse a:

**FAKT**  
Gänsheidestr. 43  
7000 Stuttgart, Alemania

¿Quién sabe la respuesta?



¿Que comenta la tercera persona sentada en la oscuridad? (Otorgamos un premio de US \$ 100 a la mejor respuesta)

## HIDRORED ofrece un servicio de consultas gratuito

Quienquiera que esté relacionado con la microhidrogeneración, sabe del gran número de problemas por resolver y de la importancia de tener información necesaria a la mano o de poder recurrir a los expertos en este campo especializado. ¡Para ello HIDRORED le ofrece un Servicio de Consultas gratuito! Nos respalda el hecho de contar con un gran grupo de gente con experiencia en dicho campo. Entre otras cosas, hemos logrado establecer una estrecha cooperación entre las instituciones europeas vinculadas a esta actividad, tales como PC, FAKT, GTZ, ITDG, PPL y SKAT. El Servicio de Consultas responderá todo tipo de preguntas referidas al área de la microhidrogeneración y recopilará literatura sobre temas específicos. Este servicio gratuito se desarrollará de acuerdo a las necesidades de los interesados.

Si usted desea hacer uso de este servicio, le recomendamos ser lo más preciso posible en la descripción del problema sin escatimar ninguna información. Ello nos permitirá responderle rápidamente ¡No tema: ningún problema es demasiado pequeño para nosotros! Escriba al editor de HIDRORED.

## Temas para HIDRORED en 1992

- Capacitación en Microhidrogeneración - transferencia de know-how.
- Fabricación local - el camino hacia adelante.
- Economía - ¿Es rentable la microhidrogeneración?

¡Por cada página publicada en HIDRORED, ofrecemos al autor una remuneración de DM 200! (Aproximadamente US \$ 100)

Lo invitamos a escribir sus experiencias, sugerencias, reclamos, enviándonos en inglés o español a:

**HIDRORED**  
Jorge Chávez 275  
Lima - 18  
Casilla 18 - 0620  
Perú.  
Fax: (005114) - 466621/451641





# Viaje de estudios a Cuba

por Jorge Senn / SKAT

Entre el 2 y el 15 de noviembre de 1991 FAKT organizó un viaje de estudios sobre «Energías renovables y Ecología en Cuba». En él participaron 33 especialistas de 12 países latinoamericanos, Alemania y Suiza. El propósito de este viaje de estudios fue informarse sobre la situación energética y la política de las energías renovables en Cuba, y también analizar y evaluar los proyectos cubanos de biogás y de microhidrogeneración, intercambiar experiencias y discutir futuras actividades de la red así como posibles proyectos conjuntos.

Durante los últimos cinco años se han instalado en Cuba más de 200 PCH con una capacidad instalada total de 8.5 MW. En la actualidad se encuentran en construcción 50 plantas más. Posiblemente se trata del programa más intensivo de difusión de esta tecnología en América Latina. La decisión política inicial para emprender este programa de PCH se basó en lo siguiente: Cuba depende grandemente del petróleo importado (90%). En consecuencia, esto alentó un mejor uso de las fuentes domésticas de energía. La población rural (principalmente en las zonas montañosas) y los pueblos apartados tenían también que ser abastecidos con electricidad.

Los resultados principales de esta política son los siguientes:

- Numerosas plantas Diesel pudieron ser reemplazadas por PCH.
- Las PCH suministran electricidad para: 7120 hogares, 28000 habitantes, 83 escuelas, 7 hospitales, 41 centros de cirugía, 14 centros de recolección de café y 17 descascaradoras de café.
- Cuba se benefició grandemente con las relaciones de comercio preferenciales que tuvo con la desaparecida URSS y de los países Europa Oriental, los que por años abastecieron a Cuba de petróleo barato, maquinaria, repuestos, materia prima, etc. Naturalmente, este programa de PCH, realizado en los últimos 5 años, estuvo determinado por las condiciones políticas y económicas de Cuba en tanto país socialista, lo cual tuvo efectos tanto positivos como negativos.
- Se crearon grupos de especialistas para la construcción, instalación y mantenimiento de las PCH, es decir, alta especialización, uso racional de la maquinaria y de la mano de obra, construcción simultánea de varias

plantas en una misma región y un eficiente manejo de las plantas;

- Las prioridades sociales desplazaron o eliminaron otros factores importantes, a saber: escasa viabilidad económica de las plantas, muy baja utilización de la capacidad, sobredimensionamiento de las plantas y de sus componentes, maquinaria excesivamente cara, pocas medidas de seguridad y escaso planeamiento;
- Debido a la falta de tecnología adecuada desde el inicio, se instaló sistemáticamente en las plantas un solotipo y tamaño de turbina: la Pelton con un rotor de 650 mm de diámetro y un chorro de 65 mm de diámetro. El resultado fue que la capacidad de las plantas no se usó en forma óptima. Actualmente, sin embargo, se están construyendo otros tipos de turbinas (Pelton TP-15 y TP-16 y turbinas de flujo transversal) que ofrecen más posibilidades, aunque todavía son insuficientes.

Sin embargo, la situación de Cuba ha cambiado dramáticamente. Debido al colapso económico del sistema comunista en la ex-URSS y en Europa Oriental, Cuba ha perdido a sus más importantes socios comerciales, siendo uno de sus problemas su limitada cantidad de divisas. El envío de petróleo continúa, pero en forma insuficiente, irregular y cara. Cuba está realizando

grandes esfuerzos para hacerse independiente en lo referente al suministro extranjero de energía, y la necesidad de contar con fuentes nacionales de energía se ha vuelto un asunto de capital importancia. Estudios realizados muestran que Cuba posee recursos aprovechables de hidroenergía del orden de 600 MW, de los cuales sólo se utilizan 57.2 MW. Una considerable cantidad de recursos energéticos remanentes pueden ser explotados mediante grandes centrales hidráulicas, como es el caso del proyecto «Toa-Duaba». Aproximadamente unos 180 MW podrían ser generados mediante PCHs.

Los participantes discutieron en detalle la posible colaboración con Cuba, así como hablaron de la realización de futuras actividades conjuntas en América Latina. Los aspectos más importantes se resumen en el recuadro que acompaña este artículo.

## Actividad de la red en América Latina

Flujo efectivo de información técnica (HIDRORED/HIDRONET).

Poner las tecnologías a libre disposición y sin cobrar regalías (HIDRORED/HIDRONET).

Participación activa en HIDRORED (el editor ITDG - Lima).

Activación de ALAHIDRO - Asociación Latinoamericana de Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos (PROMIHDEC, FDTA).

Viajes de estudio similares al realizado en Cuba (FAKT, GTZ, FDTA).

Intercambio de experiencias (interinstitucionales, HIDRORED).

## Estrategias de promoción de la red

Creación de institutos regionales para promover el uso de las fuentes renovables de energía (coordinación, búsqueda de fondos, promoción política, etc).

Combinación de programas de microhidrogeneración y programas ambientales (a nivel de las ONGs). Las organizaciones internacionales de desarrollo deberán contribuir a la creación de un contexto político adecuado.

Difusión y promoción de actividades de microhidrogeneración en instancias políticas.

Creación de «bloques» de países (Asociación regional de ONGs).

## Futuras actividades de cooperación con Cuba

**Transferencia de tecnología:** canales, turbinas, reguladores, ingeniería civil, generación asincrónica, etc. (PROMIHDEC, Perú; SKAT, Suiza; FAKT, Alemania; ITDG, Reino Unido/Perú; FDTA, Colombia; CREDPHI, Argentina).

**Organización:** estudios de factibilidad, planeamiento, etc. (FAKT, SKAT, ITDG, CREDPHI, FDTA, PROMIHDEC).

**Información técnica:** Servicios de información técnica, documentación e información (HIDRORED/HIDRONET, SKAT, FAKT, ITDG).

**Fondo de solidaridad:** canales de transmisión («Taller de la solidaridad con Cuba», Alemania).



