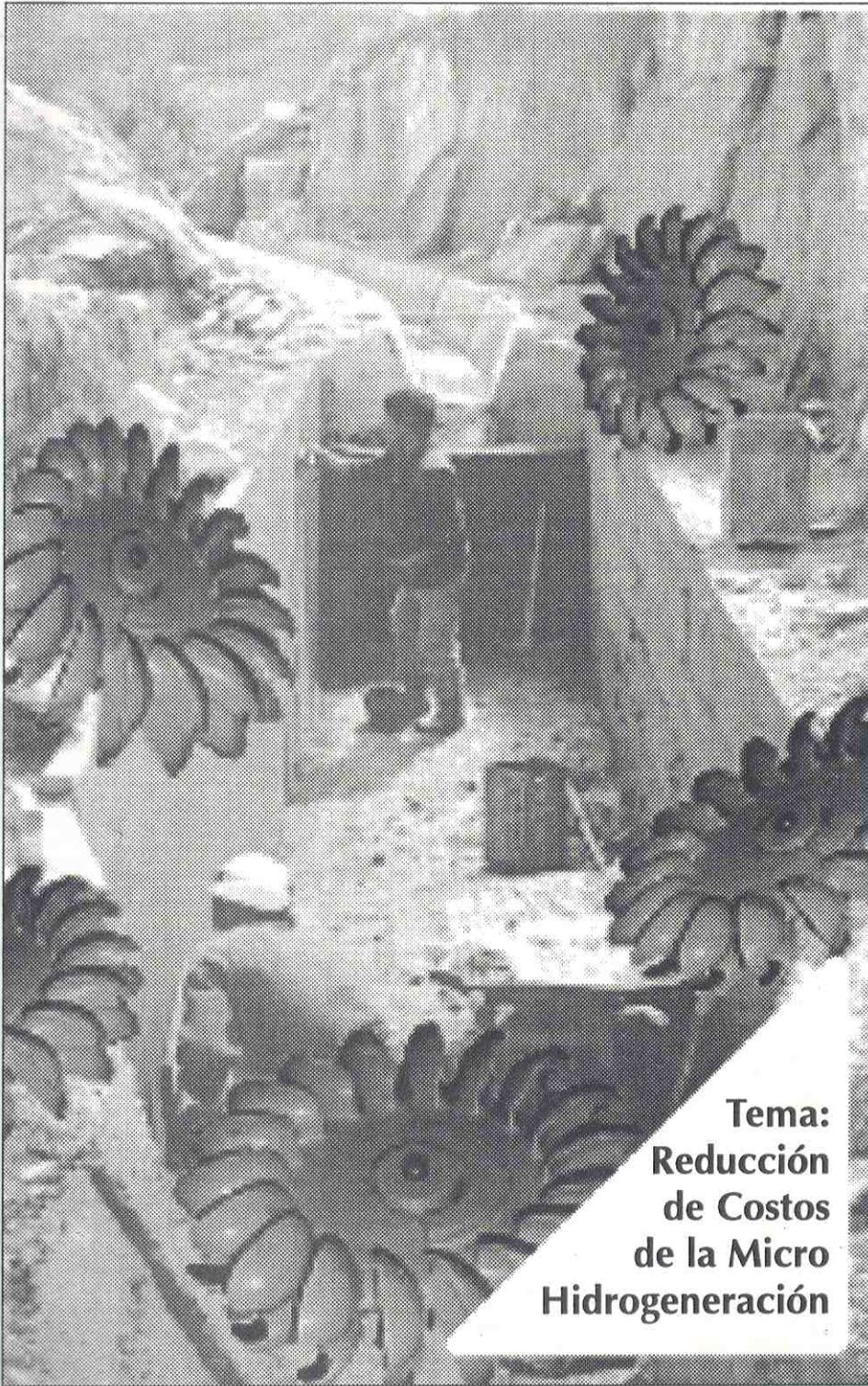


# HIDRORED

RED LATINOAMERICANA DE MICRO HIDROENERGIA



**Tema:  
Reducción  
de Costos  
de la Micro  
Hidrogenación**

3/94 ISSN 0935-0578

## Saludo a HIDRONET ASIA

Durante todos estos años de vida de HIDRORED/HIDRONET, la edición inglesa llegó al Asia, permitiéndonos enriquecer nuestra información a través de las colaboraciones de Sri Lanka, Nepal, India e Indonesia; por eso nombres como Lahiru Perera, Sharni Jayawardena, Kavita Rai, Pradeep Gangol no son extraños en nuestras páginas. Hoy día podemos informar con alegría que se ha creado HIDRONET ASIA que contando con el apoyo de ITDG-Sri Lanka, han asumido la edición de la versión inglesa para ese continente.

Esta responsabilidad que asumen nuestros amigos del Asia, constituye un gran paso hacia la conformación de una gran red internacional en el campo de la micro hidrogenación, pues la nueva red asiática mantendrá fuertes vínculos con los otros tres grupos: HIDRORED de América Latina, HIDRONET Indonesia y el MHPG de Europa.

Por eso desde las páginas de la edición española y con el sentir de todos los miembros de la Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía queremos saludar el nacimiento de HIDRONET ASIA y manifestarles nuestro interés en mantener un permanente intercambio de información y experiencias entre América Latina y los países asiáticos. Con nuestros amigos del Grupo Europeo de Micro Hidroenergía (MHPG) seguiremos en coordinación permanente y recibiendo sus colaboraciones a través del "inserto" que acompaña este número.

Entre tanto HIDRORED entra a una nueva etapa en su desarrollo y aparecen nuevas actividades asociadas a la edición de la revista, como cursos internacionales, organización de encuentros nacionales y latinoamericanos y el apoyo a Grupos de Trabajo Nacionales. También, nuevos miembros como México Ecuador y Cuba se incorporan a la red como corresponsales. Nuestros mejores deseos para HIDRONET ASIA.

Javier Ramírez-Gastón



# Revestimiento de bajo costo en canales

Por Luis Rodríguez, ITDG, Cajamarca-Perú

El cemento se usa como una membrana impermeable para canales de diferentes tipos (por ejemplo: mampostería de piedra, ladrillo y concreto). También se usa recubrimientos de película de plástico con una cola especial. Cuando el lecho del canal se construye sobre un suelo permeable (arena, rocas con fisuras, agujeros, etc.), es necesario impermeabilizarlo; caso contrario, ocurrirán problemas con el flujo del agua. Las filtraciones y el colapso de los canales y la plataforma, producirán una reducción en la seguridad y el suministro de agua con el consiguiente efecto negativo en el ambiente y en la economía del sistema.

Si se diseña y construye microcentrales hidráulicas usando los métodos de trabajo convencionales, los canales deberán impermeabilizarse mediante un recubrimiento de concreto. Para reducir los costos, hemos optado por el método del bastidor o serchas con muy buenos resultados.

El uso de esta tecnología nos ha permitido recubrir, a un bajo costo, 700 metros de canal de la microcentral de Huacataz en Cajamarca, Perú. La sección transversal está diseñada para conducir 90 lt/seg de agua (el doble del requerido para usos de regadío e hidrogenación).

Posteriormente, esta tecnología ha sido utilizada también con excelentes resultados en los canales de las microcentrales de Tambomayo y Atahualpa para conducir 90 y 180 lt/seg, respectivamente. En 1992 y 1993 una compañía utilizó esta misma tecnología en la construcción del canal de Sendemal-El Toro, en la provincia de Celendín, para conducir 1500 lt/seg.

## Las ventajas de este método son:

- Se puede trabajar con espesores de 2" y 3" con el fin de lograr una adecuada impermeabilidad.
- Un espesor de 2" produce un ahorro de 50% en los materiales en comparación con el mínimo de 4" de espesor que se requiere al usar los métodos convencionales.
- El acabado final de los costados y fondo del canal puede realizarse en el mismo día.
- Se logra un 90% de ahorro de madera. Asimismo, debido a que hay poco contacto con el concreto, el uso de preservantes de madera también se reduce notablemente.
- Es fácil lograr la curvatura requerida por el canal cuando cambia de ión.
- El método asegura que no habrán ondulaciones en los lados del canal.
- El curado del concreto para las secciones más gruesas y para el acabado re-

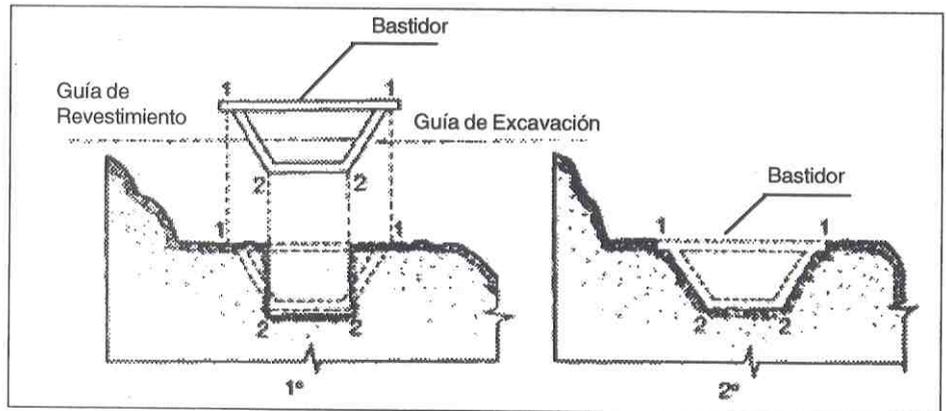


Figura 1

quiere del mismo período de tiempo. Esto impide que se seque demasiado rápido, lo que ocasionaría menor durabilidad causada por un inadecuado endurecimiento del concreto.

Se necesita menos personal de trabajo (un 30% que el requerido por el método convencional de encofrado).

Sobre el procedimiento completo y equipo necesario se puede consultar una guía publicada por ITDG. No obstante, los siguientes extractos pueden ser de utilidad para los interesados en este método.

## EXCAVACIÓN DEL LECHO DEL CANAL

En primer lugar se realiza una excavación con el fin de obtener la sección trapezoidal requerida. Al inicio, la excavación debe empezar por el centro hasta alcanzar la profundidad especificada (fig. 1). A continuación se excava los lados, teniendo cuidado de no exceder el ancho de la parte superior de la base.

La gradiente del canal debe verificarse con un nivel de ingeniero.

## REVESTIMIENTO DEL CANAL

Esta operación consiste en colocar una capa de concreto en el fondo y lados de las paredes del canal, para obtener un espesor uniforme y un acabado superficial pulido. La capa de concreto debe ser nivelada de acuerdo al espesor indicado por el bastidor.

### a) Procedimiento

Ubicar cada 10 m en los tramos rectos y cada 5 m o menos en una curva, tomando en cuenta la gradiente. Úsese un nivel de ingeniero para lograr la mayor precisión.

### b) Colocación de bastidores

Las "muestras" o bastidores de guía se colocan en cada nivel. Deben estar alineados, colocados a escuadra en relación al eje del canal, y levantados a plomada. Luego se fijan en su posición mediante estacas y alambre Nº 16 a ambos lados. A continuación, con ayuda de una capa de ladrillo se colocan bastidores intermedios cada 2.50 m en los tramos rectos y en las curvas -de acuerdo al radio de curvatura- cada 0.50, 0.80 ó 1 m, verificando la gradiente requerido con un nivel (0.50 cm de caída). Posteriormente, se alinean, se colocan a escuadra y a plomada, y se fijan como se hizo anteriormente.

### c) Revestimiento

Preparar la mezcla con una resistencia de 175 kg/cm<sup>2</sup> que se logra con una bolsa de cemento, 2 cargas de carretilla de arena y 3 cargas de carretilla de piedra.

Después de mezclar en seco los materiales -con un mínimo de 3 revueltas- se añade el agua. La cantidad de agua usada, en litros, no debe exceder a la mitad del peso total del cemento (1 kg=1 lt de agua). Luego los lados se rellenan y compactan con la regla; las estacas se retiran antes del acabado final. Finalmente, el cemento se espolvorea con una mezcla fina y seca de cemento y arena, y luego se alisa con un badilejo para lograr un acabado pulido e impermeable.

Una vez que se ha terminado con los lados, se realiza la misma operación con el piso del canal. Al realizar el acabado de los bordes se cuidará que estén alineados utilizando una regla o una cuerda fina que corra de bastidor a bastidor.



#### d) Retiro de los bastidores

En los climas fríos los bastidores se retiran, por lo general, después de 24 horas. Para facilitar su remoción se debe esparcir una capa de aceite antes de aplicar el revestimiento, lo que también ayudará a preservar y mantener limpios los bastidores. Cuando éstos se retiran, se debe dejar una marca para las juntas de expansión; asimismo, se debe cuidar que no se dañen los bordes exteriores del revestimiento.

#### e) Curado del canal revestido

Con el fin de lograr que el concreto fresco se endurezca y adquiera la resistencia deseada, se debe eliminar lentamente la humedad.

Para ello, se llena totalmente de agua las secciones revestidas, al menos por unos diez días.

La colocación de turba en los extremos mantiene el agua en las secciones revestidas hasta que se llenen. Se debe prever un rebose provisional que elimine el agua excedente.

De esta manera, es posible seguir el curso del agua y verificar el gradiente. Es muy importante que el curado se realice correctamente.

#### f) Llenado de las juntas de expansión

Las juntas de expansión están determinadas por los vacíos que los bastidores dejan después de haber sido removidos, cada 2.5 m en los tramos rectos, y en distancias variables en las curvas. Esto permite al concreto expandirse o contraerse según los cambios de temperatura, impidiéndose así que las secciones se dañen.

Para rellenar las juntas se deben seguir los siguientes pasos:

- Limpiar completamente las juntas con una herramienta angular cuyo tamaño dependerá del ancho de la junta.
- Compactar la tierra natural de la junta con la herramienta que tiene la doble función de limpiar y compactar.
- Aplicar sobre el interior de la superficie de la junta una solución de brea y kerosene en una proporción de 1 a 3, de modo que tenga la viscosidad de una pintura espesa. Debe aplicarse con una brocha.
- Preparar una mezcla caliente de brea y arena fina: 1 lata de brea por cada 4 latas de arena. Calentar primero la brea y añadir gradualmente la arena moviendo al mismo tiempo hasta lograr la consistencia de una melaza negra.

Esta mezcla se aplica primero a las paredes y luego al piso por capas, usando la misma herramienta angular para compactarla. Se debe tener cuidado de no sobrepasar el nivel del revestimiento del canal.

## Reducción de costos en la construcción civil de micro centrales hidroeléctricas

Por Steven Fisher, ITDG, Perú

El costo de toda tecnología es un obstáculo para la diseminación de la misma. En África, Asia y América Latina, son los proyectos micro-hidroeléctricos los que abastecen de energía a las poblaciones de menores ingresos que viven en comunidades aisladas. Para esta gente, el costo del servicio es crítico y la capacidad que tienen para pagarlo determina la solvencia del sistema.

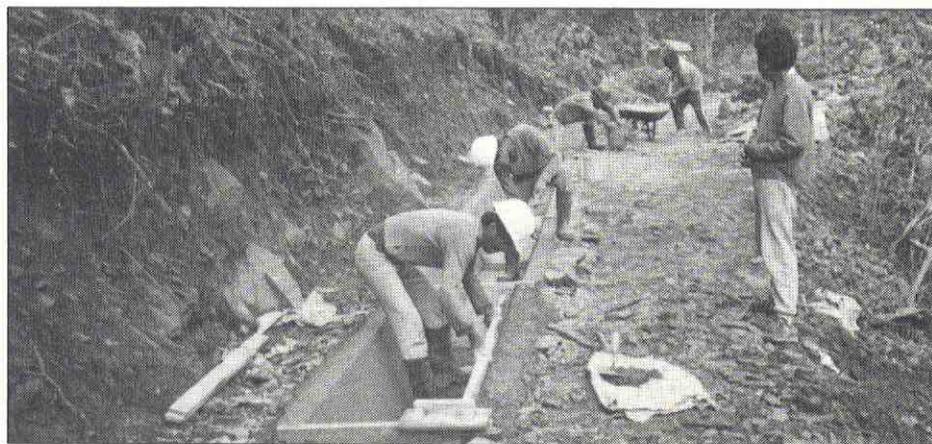
A nivel de las micro centrales hidroeléctricas, existe poca relación entre el costo del capital y los precios que pagan los consumidores. En muchas micro centrales hidroeléctricas el costo de la obra alcanza el 50% del total de los gastos de capital, de manera que la bocatoma, el canal, la cámara de carga, la tubería de presión, la estabilización de la vertiente y las obras de defensa del río son las metas más prometedoras para reducir los costos.

Durante el diseño y construcción de un sistema recientemente instalado en el poblado de Tambomayo, en el norte de la cordillera de los Andes en el Perú, con el apoyo del Programa de Energía de ITDG, se hizo todo lo posible para reducir el costo de la obra sin comprometer la confiabilidad del proyecto. El canal de 800 m de largo y un flujo de 90 l/s fue revestido, utilizando un método que implica tarrajear los costados de la excavación con concreto entre los formadores, logrando así reducir el costo a US\$ 10 por metro lineal, ahorrando un 50% en materiales y 30% en mano de obra en comparación con el revestimiento completo con concreto.

También en el Perú, la micro central hidroeléctrica de Chalán, que tiene una carga bruta de 92 metros, fue puesta en servicio en octubre de 1994. Este proyecto utiliza una tubería de presión de PVC de 8"

de diámetro de grados 15, 10 y 7.5, enterrada para protegerla de los rayos solares y evitar la necesidad de construir bloques de soporte. La instalación de esta tubería costó US\$30 por metro lineal, frente a los US\$200 por metro lineal que costaría una adecuada tubería de acero. Como es común en sistemas micro-hidroeléctricos en todo el mundo, los beneficiarios del proyecto en Chalán firmaron un convenio comprometiéndose a contribuir 92 días de trabajo por familia en la construcción, con el propósito de reducir el monto del préstamo requerido para el proyecto.

En un proyecto típico en el Perú, el préstamo de unos US\$20,000 para establecer un negocio de molienda, carga de baterías o producción de cal, es negociado por la comunidad misma o, en su defecto, por un grupo de personas interesadas. Una reducción modesta del 10% de los costos de una obra de construcción puede significar una gran diferencia en los pagos correspondientes a la devolución del préstamo. Por ejemplo, si los componentes de la obra equivalen al 50%, el ahorro de 10% representa el 5% del costo total del proyecto. Para conseguir un préstamo de US\$20,000 a 25 años con una tasa de interés de 10%, la comunidad tiene que realizar un pago mensual de US\$756 en promedio. Un ahorro de 5% en los costos de capital del proyecto reduce dicho pago mensual a la suma de US\$718, o sea US\$38 menos por mes. Por lo tanto, el menor costo de la obra civil ofrece la oportunidad de bajar los costos de molienda, metal-mecánica, carpintería así como de la energía abastecida por el sistema en un 5%, lo cual afecta a cada familia que utiliza dichos servicios. En pequeños sistemas conducidos por



Revestimiento de un canal usando el método de la sercha .



Reforzando bloques de anclaje de concreto armado de la central de Monte Salgado de 60 kW en el Perú.

un comité local, la posibilidad de transferir este ahorro de capital directamente a la reducción del costo de los servicios locales, es mayor que en los grandes sistemas, debido a la participación de los usuarios en la gestión de dichos servicios.

Alentados por el éxito de las obras civiles desarrolladas y el gran potencial que existe para futuros trabajos, ITDG está estudiando otros enfoques para reducir el costo de las obras de construcción de micro centrales hidroeléctricas. Se está estableciendo una serie de proyectos pilotos y de investigación para probar nuevos diseños y materiales que no son de uso común en las micro centrales. Los avances alcanzados son los siguientes:

**Gaviones.-** Cuando el costo del cemento es alto, por ejemplo en muchas regiones de Nepal donde el transporte de los sacos de cemento por medio de porteros incrementa el costo en la obra hasta en 200% según la distancia desde la carretera, los gaviones son una alternativa evidente y se utiliza la gran cantidad de rocas adecuadas disponibles en el cauce de los ríos. Los gaviones se utilizan ampliamente en la construcción vial en el país y frecuentemente se confeccionan en la misma obra con alambre galvanizado.

Sin embargo, hay que tener cuidado y no pensar que los gaviones siempre son menos costosos que un muro de concreto o de mampostería. Por ejemplo en el Perú, donde la red vial es más extensiva y el cemento se fabrica en la costa, ITDG recientemente estudió las alternativas para la construcción de un muro de contención en dos lugares distintos de Cajamarca.

El primer proyecto comprendía la reinstalación de una bocatoma y un canal de 62 metros de largo diseñado para un flujo de 200 l/s, destruido a causa de una inundación. El costo estimado tanto del muro de contención de concreto como de un muro de gavión era de US\$12,000. El gavión costaba más de lo esperado debi-

do a la baja densidad de las rocas porosas en el río, por lo que no eran apropiadas para un muro de gavión de tipo gravedad; además, el tener que depender de las cajas de gavión fabricadas en Lima a una distancia de 16 horas, en lugar de poder fabricar las cajas en el lugar. Se consideró que el costo y el riesgo asociado a la capacitación del personal con una tecnología nueva, no valían la pena.

El segundo proyecto, que comprendía la construcción de un muro de 55 metros de largo y 1.5 metros de alto para formar las defensas del río cerca del poblado de Llushcapampa, fue considerado más apropiado para gaviones debido a la relativamente rápida instalación requerida sin la necesidad de una excavación profunda, así como la disponibilidad local de rocas apropiadas. El costo de los gaviones en estas circunstancias fue alrededor de 10% menos que el costo de un muro de contención de concreto armado. El material utilizado fue del tipo soldadura, cuya ventaja es que las cajas de los gaviones no se desatan si se rompe un alambre, ya que cada cruce de alambres tiene una soldadura.

**Revestimiento de canales.-** Muchas agencias han promocionado la tecnología de revestimiento de hormigón armado, incluyendo la OIT que ha calculado un ahorro del 10% en comparación con la mampostería de barro y piedras en los sistemas de irrigación de Nepal. Considerando los gastos que significa la introducción de una nueva tecnología en un proyecto que se realiza una sola vez, el potencial aumenta cuando existen programas extensivos de micro centrales hidroeléctricas y se utilizan los mismos contratistas repetidamente en lugares en que las alternativas son sumamente limitadas o cuando la presencia de suelos arenosos dificulta la construcción de los canales. ITDG investigará el costo del hormigón en comparación al costo del revestimiento de concreto convencional para las micro-centrales hidroeléctricas, tanto en

el Perú como en Nepal.

Existen otros revestimientos que ofrecen cierto potencial, según las condiciones del lugar. En China se han utilizado sellantes de grava-arcilla, en muchos países se utiliza tierra-cemento, y en la India se usan membranas de plástico enterradas. Teniendo en cuenta el ahorro logrado en el Perú con el método de formadores sin comprometer el rendimiento, es obvio que el próximo paso será utilizar formadores semi-circulares para lograr un mayor ahorro de materiales.

**Bloques de anclaje.-** El uso de concreto para el anclaje y los bloques de soporte ofrece la oportunidad de reducir los costos, utilizando bloques compuestos con el centro de concreto y mampostería de piedra para la masa necesaria y resistir una fuerza ascendente. Una alternativa más simple para situaciones en que existe la mínima posibilidad de que la fuerza de la tensión quiebre el bloque, es un bloque construido íntegramente de mampostería.

**Cajonería de madera.-** El uso de madera en sistemas hidroeléctricos solo tiene sentido cuando las alternativas son limitadas. Una posibilidad sería las micro-centrales hidroeléctricas en la Región Amazónica del Perú, especialmente donde no existe acceso vial. El costo del cemento es alto y hay muy poca disponibilidad de otros materiales de construcción. La cajonería, que es una estructura compuesta de un marco de madera que a menudo se utiliza como estribo para un puente, ha sido utilizada extensivamente en proyectos hidroeléctricos en zonas forestales de los países que anteriormente formaban la Unión Soviética, donde se apoyan sobre una base de rocas colocadas en el cauce del río para formar vertederos o pequeñas represas.

El desarrollo de obras civiles para la construcción de micro-centrales hidroeléctricas es un campo que no solo cubre las innovaciones técnicas, sino el diseño de enfoques sistematizados para la planificación, diseño y ejecución de sistemas que reducen el costo al consumidor y a la vez aseguran la confiabilidad y disminuyen el riesgo. Un gran avance sería sistematizar las pautas para mejorar la planificación de obras civiles, especialmente para identificar todas las opciones posibles para la distribución general del sistema y detectar las posibles dificultades como la inestabilidad o el riesgo de inundación. El costo del fracaso de una estructura puede resultar muy alto, especialmente para pequeños fabricantes. Aunque la planificación adecuada no es tan emocionante como el desarrollo de nuevas tecnologías, la recompensa económica que se obtiene como resultado de los gastos ahorrados suele ser mayor.

El autor solicita le envíen cualquier comentario o ideas sobre las obras de construcción de micro-centrales hidroeléctricas a ITDG, Jr. Silva Santisteban 150, Cajamarca, Perú. Tel/Fax (044) 924024

## Nuevos mercados, nuevos materiales

Las presiones que en muchos países se están ejerciendo a favor de una mayor eficiencia y calidad en la industria del suministro de agua potable, están creando oportunidades para la microgeneración hidráulica en los sistemas de recuperación de energía y en el suministro de energía para el monitoreo remoto. El artículo proveniente de Suiza sobre actuadores de bajo costo -que publicamos en esta edición- muestra cómo la sola necesidad de estos sistemas puede por sí misma conducir hacia desarrollos innovadores.

La innovación, al igual que la regulación del control de carga, comienza a menudo con sistemas muy

pequeños; gradualmente, su uso se va ampliando. Continuando con los temas tratados en la presente edición, el artículo sobre materiales de tuberías de presión muestra cómo tecnologías tales como el plástico y la fibra de vidrio, otrora reservados para el mercado de las microcentrales hidráulicas, se están volviendo útiles en los sistemas con potencias mayores a 1 MW.

El sistema bastante tortuoso del Reino Unido en relación a los subsidios para las energías renovables ha sido tratado puntualmente en *Hydropower & Dams* (setiembre de 1994, pág. 17). Sin embargo, ha dado una interesante oportunidad para comparar una serie de proyectos

de energías renovables que han sido financiados conjuntamente por una serie de compañías privadas que tienen criterios económicos idénticos. En este caso, la minigeneración hidráulica es bastante competitiva; no obstante, se necesita una mayor reducción de costos para mantenerse por delante de la energía eólica y de gas.

La necesidad de la reducción de costos permitirá continuar proporcionando el incentivo por la innovación y la simplificación de los pequeños sistemas.

Andy Brown, Editor Coordinador de MHPG.

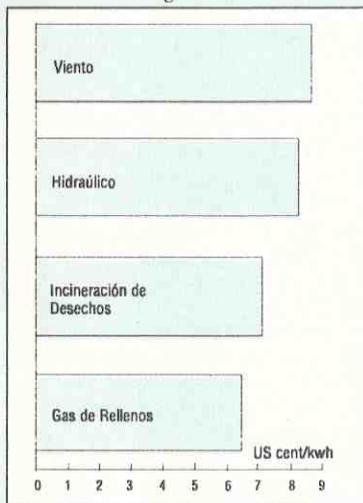
## En el Reino Unido se anuncian contratos sobre energías renovables: ofrecen contratos por 15 años para 30 sistemas de mini hidrogeneración

Se ha anunciado el Tercer Decreto sobre Combustibles No Fósiles del Gobierno del Reino Unido y el Decreto sobre Energía Renovable de Es-

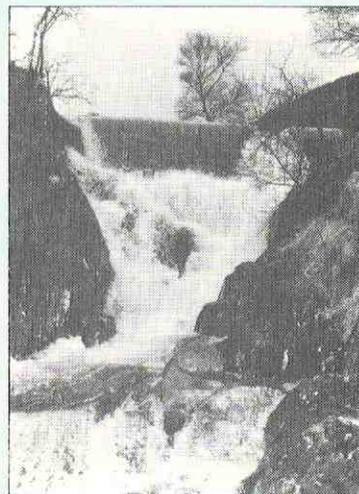
cocia (pago efectivo de subsidios a las energías renovables en un proceso competitivo de ofertas).

En Inglaterra y Gales se ofrecerá un conjunto de 15 proyectos de minicentrales hidráulicas con un total de 14.5 MW, mediante contratos de 15 años, para el suministro de energía a un precio -dependiendo de la inflación- de aproximadamente 7 US¢/kWh. En Escocia se ofrecerá contratos para 15 proyectos con un total de 17.3 MW a un precio de 6 US¢/kWh.

El gráfico muestra los precios promedio en Inglaterra y Escocia. En Escocia, la energía hidráulica era más competitiva, y sólo el gas de relleno era más barato. Este ordenamiento en la oferta se refleja en los proyectos seleccionados. Los contratos hidráulicos constituyen el 2 por ciento de la capacidad adjudicada a Inglaterra y Gales, donde la incineración de desechos domina el escenario. En Escocia, donde



NFF03 Precios promedio de oferta



Minicentral hidráulica de 500 kW en Glenridding, Inglaterra, proyecto terminado anteriormente bajo el esquema del NFFO. Fotografía: Norwab Generation Ltd. UK.

la energía eólica ha sido la tecnología más exitosa, los contratos hidráulicos ascienden al 23 por ciento de la capacidad adjudicada.

El subsidio se basa en un impuesto a las tarifas de electricidad, el 96 por ciento del cual se destina a la energía nuclear y el 4 por ciento restante a las energías renovables.

## Empresarios del Grupo Andino estarán presentes en Feria Internacional de Santa Cruz en Stand de Energía Renovable

Los empresarios e instituciones de los cinco países del Grupo Andino que trabajan en el campo de la energía renovable podrán participar, en calidad de expositores, en un stand común en la XX Feria Internacional de Santa Cruz, que se efectuará entre el 14 y 27 de setiembre del presente año.

El citado stand, dedicado a las fuentes de energía renovable, ha sido reservado para tal fin por el Programa Andino de Integración Energética (PAIE) de la Junta del Acuerdo de Cartagena y

el Programa para la Difusión de Energías Renovables de Bolivia (PROPER).

El objetivo es dar a conocer y promover la capacidad tecnológica de la Subregión Andina en esa área, frente a los mercados andinos e internacionales; así como propiciar el intercambio de información y de experiencias.

Paralelamente a la exposición, se desarrollarán otras actividades de promoción, como seminarios sobre diferentes aspectos de las energías renovables, que estarán a cargo de exper-

tos de la Unión Europea y de organismos de financiamiento.

La Junta del Acuerdo de Cartagena en coordinación con PROPER-Bolivia han invitado a participar en esta exposición a las empresas e instituciones del Grupo Andino que trabajan en la producción, financiamiento, promoción, desarrollo de tecnologías y actividades afines del campo de la energía renovable.

El plazo de inscripción en el certamen vence el 30 de junio próximo.

## Capitalizando los proyectos hidráulicos en Indonesia

En Indonesia se ha iniciado recientemente el resurgimiento de la actividad de mini hidrogeneración. Tomando como estudio de caso uno de los proyectos financieros, este artículo muestra cómo los paquetes financieros se pueden desarrollar para resolver problemas relacionados con la naturaleza intensiva del capital de la micro y la mini hidrogeneración.

### Curung Agung

En 1990 se realizó una investigación sobre la posibilidad de ampliar una microcentral hidráulica en el pueblo de Curung Agung en Java Occidental, Indonesia, con vistas a electrificar la totalidad del pueblo y atraer a algunas pequeñas industrias. Esta planta comprende un canal de irrigación que abastece a una rueda hidráulica. El propietario requería de la ayuda de una ONG local para diseñar un sistema hidroeléctrico y ayudar a incrementar el capital requerido.

Se examinó el lugar y se propuso un sistema de 12 kW a un costo estimado de US\$ 15,000. La propuesta asumió que todos los hogares del pueblo tendrían una conexión sólo para iluminación nocturna; en esta etapa no se podría incluir uso diurno o industrial.

### Préstamo bancario

La propuesta fue presentada al Banco de Importación y Exportación en Bandung. La respuesta del banco fue positiva; no obstante, sobre la base de los ingresos proyectados, estaba dispuesto a ofrecer un préstamo de US\$ 5,500, por 5 años y a un interés de 11 por ciento, con un año de gracia.

Para completar el capital total se necesitaba un mayor factor de carga, pero los consumidores comerciales o industriales rara vez invierten hasta que la central ha funcionado de 1 a 2 años y han probado así la calidad del suministro.

### Mejoramiento de la factibilidad económica

En tales casos se puede considerar las siguientes oportunidades:

- Integración con otros sistemas de infraestructura, tales como protección contra inundaciones, irrigación o suministro de agua, compartiendo de esta manera el costo de capital.
  - Exploración de la disponibilidad del gobierno o donaciones de ONGs para electricidad, energías renovables o infraestructura local.
  - Colaboración con una industria rural local, para compartir los costos de capital.
  - Adopción de tarifas no estándar con el fin de aumentar los ingresos.
  - Uso de la capacidad local, quizás contribuyendo con la construcción de obras civiles.
  - Negociación de préstamos a largo plazo, más adecuados a la larga duración de las instalaciones.
- En el caso de Curung Agung, se adoptaron el primer, segundo y cuarto ítems.

### Integración e Infraestructura

La toma y el canal requerían de un mejoramiento para la nueva aplicación. Se escogió este trabajo por una donación proveniente del gobierno del distrito, ya que se mejoraría la infraestructura de irrigación.

### Donación de la ONG y uso de la capacidad local

Con el propósito de promover la fabricación local y producir sistemas de micro generación similares en la zona, la GTZ -que tiene un programa de mini hidrogeneración en Indonesia- consintió en otorgar una donación de US\$ 7,000.00 para los componentes electromecánicos y el sistema de distribución. Los pobladores contribuyeron con los postes de distribución.

### Estructura de tarifas

Una condición para la donación de la GTZ era la obligación del propietario de aplicar derechos de conexión y tarifas aceptables, tanto para el gobierno local como para la ONG. Los consumidores domésticos usan conexiones de "corriente fija", de 60 W o 75 W, y pagan un derecho de conexión de US\$ 23 o de US\$ 34, y lue-

go una tarifa mensual de US\$ 2.1 o de US\$ 3.0, respectivamente.

### Nuevas industrias rurales

El proyecto fue encargado en marzo de 1993. Durante el primer año de operación, empezaron dos nuevas pequeñas industrias: un negocio de carga de baterías que suministraba electricidad a la gente que vivía fuera de la red local, y un aserradero. Estos negocios ayudaron a los ingresos del sistema, produciendo un excedente que se colocó en los fondos del pueblo (véase gráfico).

### Comportamiento financiero

Tal como se predijo, los ingresos del sistema cubrieron inicialmente los costos de operación y el pago del préstamo. Con el ingreso adicional proveniente de los negocios señalados líneas arriba, el sistema es técnica y financieramente muy saludable. Con el ingreso actual, la tasa interna de retorno es de aproximadamente un 17 por ciento, asumiendo una vida útil de la planta de 17 años.

La GTZ está satisfecha con su contribución, dado que el proyecto constituye un buen ejemplo. Esto ha permitido que se hagan mejoras técnicas e institucionales, contribuyendo en gran medida a instalaciones posteriores.

Es interesante anotar que si el banco hubiera sido convencido de proporcionar todo el capital vía un préstamo de 10 a 15 años a la misma tasa de interés, el sistema hubiese sido factible sin la ayuda de la donación de la GTZ.

### Nuevos paquetes financieros para la mini hidrogeneración en Indonesia

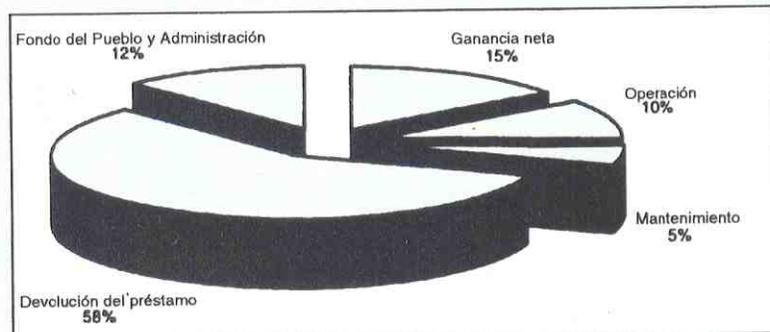
Como parte del programa de la GTZ, se ha puesto en marcha la implementación de nuevos proyectos. En estos sistemas se ha establecido una empresa de servicio de electricidad de propiedad del gobierno local, donde el alcalde y los representantes del gobierno son miembros de un comité de supervisión del proyecto. Las tareas de operación, mantenimiento y administración son realizadas por pobladores empleados por la empresa de servicios.

La capitalización está basada en un paquete financiero afinado:

- Las obras civiles son financiadas por un fondo donado por el gobierno del distrito.

- El equipo electro-mecánico, que incluye el sistema de transmisión y distribución, está financiado por un préstamo bancario.

En muchos casos, se requerirá de un plazo de préstamo de 10 años para evitar problemas de flujo de caja durante los primeros años.



Distribución de los gastos mensuales

## Ultimas novedades en tuberías de presión de mini centrales hidráulicas

Las centrales hidráulicas de muy baja potencia han usado siempre una amplia gama de materiales para las tuberías de presión, en comparación con las grandes centrales en las cuales se tiende a usar acero y fierro dúctil. Los avances técnicos pueden desplazar los materiales alternativos hacia el mercado de las minicentrales donde son comunes los diámetros de hasta 2.50 m.

Debido a las presiones de carácter ecológico destinadas a disminuir el impacto visual, muchas de las nuevas tuberías están enterradas, reduciendo la necesidad de largos tramos y amplias tolerancias de temperatura. La temperatura ambiental estable implica que rara vez se utilice juntas de expansión; por otro lado, la resistencia a la corrosión se convierte en un aspecto importante. Estos cambios de énfasis tienden a beneficiar a algunas de las alternativas.

### Polietileno

El polietileno de media y alta densidad (MDPE y HDPE) se ha usado ampliamente en centrales de mediana y baja caída. En los últimos años, se ha añadido las tuberías de polietileno de alto rendimiento (HPPE), las cuales se recomiendan para saltos de hasta 160 m con una presión permisible de ensayo de 320 m. La respuesta frente al golpe de ariete de las tuberías del tipo HDPE es muy superior a las de acero debido a las bajas velocidades de la onda de presión, originando típicamente presiones máximas de un 30 por ciento más bajas que en una tubería equivalente de acero.

En una aplicación hidráulica el cordón que se forma en el proceso de unión por fusión a tope puede crear una pérdida extra de salto. Esto puede resolverse usando uniones por electro-fusión; consisten en manguitos en cuyo interior hay unas bobinas de calentamiento que permiten un proceso de unión simple y rápido sin el cordón que penetra dentro del tubo. Una vez unidas, las tuberías son muy resistentes a la tensión longitudinal. Las tuberías de polietileno son más pesadas que otras alternativas, pero son muy fuertes, lo que facilita el transporte y la instalación.

### Tuberías desplastificadas de cloruro de polivinilo (UPVC o PVC-U)

Desarrollos similares están ocurriendo en el UPVC, que por muchos años se ha estado usando para presiones de trabajo de hasta 160 m. Plásticos más fuertes tales como PVC Molecularmente Orientado (MO PVC) pueden introducir en el mercado tuberías de mayores presiones. El

### Características de los diferentes materiales de tuberías de presión

Material	Salto máximo (m)	Diámetro típico (m)	Vida útil de diseño (años)
HPPE Plástico aleado y	160	0.1 - 1.0	50
UPVC	160	0.1 a 0.6	50
GRP	240	0.4 a 2.5	50
Duela de madera	>100	>1	50

PVC no posee la estabilidad de temperatura de sus competidores, y su resistencia al impacto -aunque no su resistencia a la tensión- se ve afectada significativamente por la exposición prolongada a la luz solar. Su respuesta al golpe de ariete es buena y su coeficiente de fricción está entre los mejores. Aunque menos resistente que el polietileno, es aún un material fácil de transportar y trabajar, pudiéndose soldar con solvencia (cuando se requiere esfuerzos longitudinales de tensión) o unirse mecánicamente. El PVC es una de las opciones ampliamente disponibles, con fabricantes en la mayoría de países; es muy competitivo en precios, particularmente en tamaños pequeños. Existen muchos ejemplos de centrales que usan UPVC en rangos de hasta 0.2 MW.

### Tuberías plásticas aleadas

Ha habido una considerable investigación sobre las aleaciones de plástico. Ha aparecido en el mercado un sistema de tubería de presión llamado Hep<sub>3</sub>0, fabricado por Hepworth Industrial Plastics. Se trata de una aleación de polietileno clorinado, PVC y derivados acrílicos. Está disponible para presiones hasta de 160 m., con espesores más pequeños que el PVC y propiedades que muy bien se comparan con el HPPE. El material se comporta de una manera dúctil bajo carga, sobreponiéndose a los problemas de fallas por quiebre que afectan al PVC.

### Tubería de fibra de vidrio reforzada (GRP)

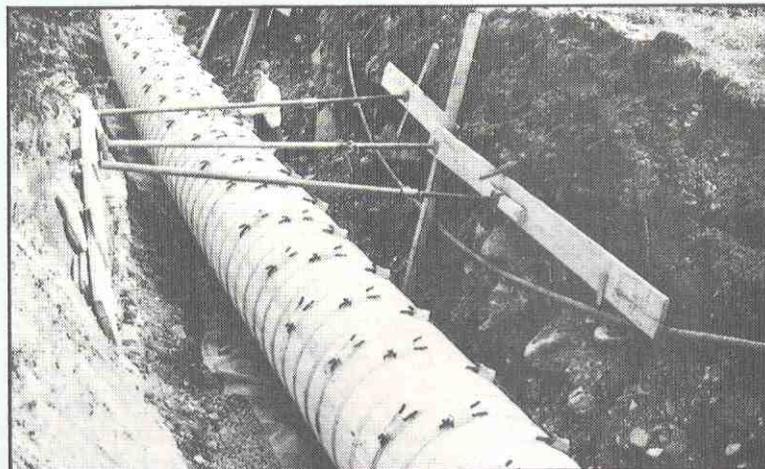
El GRP está ganando piso en muchos países europeos, ofreciendo buena estabilidad a la temperatura y alta resistencia específica. Los costos son competitivos y los pesos son alrededor de un 20% de los del fierro dúctil. La unión se realiza mediante collares de presión; cuando se requiere esfuerzos longitudinales de tensión, se puede disponer de collares de presión. Su ligero peso facilita la instalación, pero los extremos de los tubos se pueden malograr, lo que requiere de una cuidadosa manipulación.

Durante los últimos años, muchos sistemas de más de 1 MW de capacidad han usado GRP, la mayoría de ellos utilizan uno o dos diámetros con espesor variable.

### Duela de madera

Se trata de una tecnología muy conocida; por ejemplo, durante los últimos cincuenta años en Bolivia ha estado operando una central de 140 kW que utiliza una tubería de duelas de madera bajo un salto de 100 m. Las duelas de madera tienen la ventaja de que los componentes (las duelas de madera y las bandas de acero) son muy fáciles de transportar.

En Alemania se han instalado recientemente 3 minicentrales de 0.5 MW que usan duelas de madera; esta opción era más barata que en el caso de usar acero, con la ventaja del precio en el caso de grandes diámetros. El coeficiente de fricción es bajo y tiende a mejorar con el tiempo.



Construcción de una tubería de presión de duelas de madera de 300 m de longitud para la central hidráulica de Lutz, en Alemania. El diámetro de la tubería es de 1.10 m. (La tubería fue suministrada por Zwick-Holzbau GmbH.)

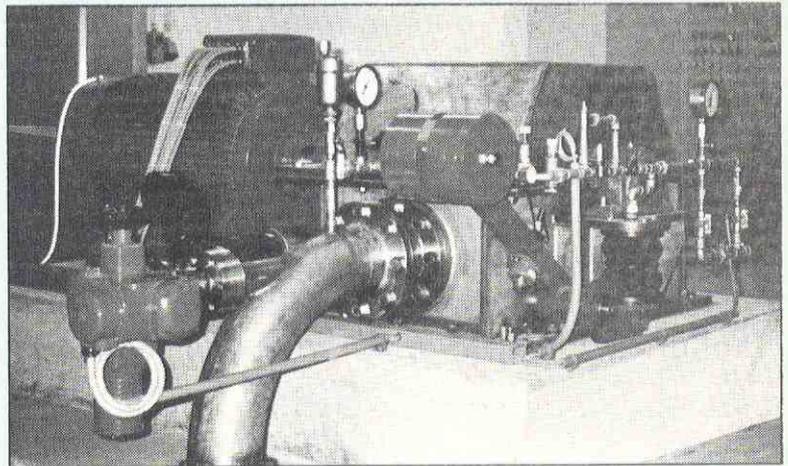
## Actuador de bajo costo

En Suiza, así como en otros lugares, en los sistemas de suministro de agua con frecuencia se usan minicentrales hidráulicas en lugar de válvulas reductoras de presión. La potencia producida alimenta a la red local. Las turbinas operan en agua relativamente limpia, no hay tuberías de presión, ni tomas, etcétera, lo cual reduce los costos. A menudo, sin embargo, existen requerimientos para controlar el flujo a través del sistema y para evitar cualquier contaminación del agua con lubricantes.

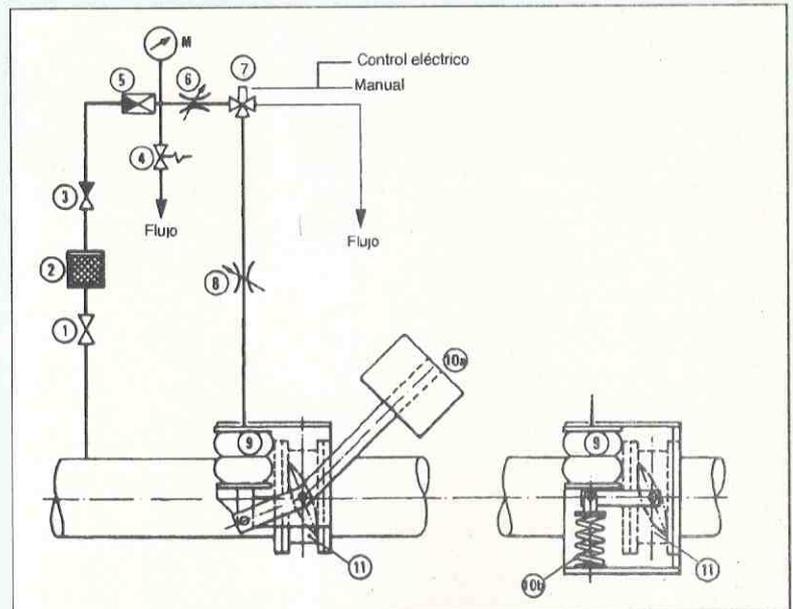
La firma JMC Engineering ha instalado muchos de estos sistemas de recuperación de energía en Suiza y ha desarrollado un nuevo actuador para el control del flujo y para una segura salida de servicio de las turbinas. El actuador es simple, de bajo costo y no usa aceite.

Un filtro intercalado en la línea conecta directamente al actuador con la tubería de presión; la presión de la tubería se usa para activar al actuador, operando contra un resorte o un contrapeso. Unas pequeñas válvulas de control varían la apertura y los tiempos de cierre. Mediante la incorporación de un mecanismo de campanas, JMC ha sido capaz de evitar problemas de desgaste de componentes y obstrucciones.

La principal operación del nuevo actuador se muestra en la fig. de la derecha, donde: 1= válvula de derivación conectada a la tubería de presión; 2= filtro; 3= válvula de retención; 4= válvula de seguridad; 5= regulador de presión; 6= controlador de flujo (tiempo de apertura de la válvula); 7= válvula eléctrica (3 vías); 8= controlador de flujo (tiempo de cierre); 9= cilindro especial de expansión; 10a= contrapeso de cierre o apertura; 10b= resorte de cierre o apertura; 11= válvula de mariposa o esférica



Esta turbina de 150 kW está instalada en el suministro de agua potable alimentado por gravedad, en el pueblo de Brienzwiler, Suiza. Proporciona el 40 por ciento de la energía de la localidad.



## Literatura

### Manual de bombas usadas como turbinas

(Volumen 11 de la serie de MHPG: "Harnessing Water Power on Small Scale", por J.M. Chapallaz, P. Eichenberger y G. Fischer. Publicado por SKAT).

Este volumen aspira a satisfacer la necesidad especial -aunque no exclusiva- de todos aquellos ingenieros y técnicos que están vinculados a los proyectos de hidrogenación de los países en vías de desarrollo, y a servir como un libro de referencia para el ingeniero práctico. El libro está bien escrito, con abundante información claramente presentada, y con diagramación y gráficos sencillos de visualizar y usar.

Empieza con una breve introducción y un capítulo conciso que explica el concepto de la operación de una bomba como turbina (PATS); luego

entra directamente al "Diseño del Sistema". Esto ocupa más de la tercera parte del libro, y cubre en detalle los parámetros esenciales que influyen en el comportamiento de una PATS.

Luego viene la "Operación y Control", que describe a la PAT ya instalada y operando en una central hidráulica de baja potencia, y su interdependencia de los otros componentes. Finalmente, el libro cubre las "Consideraciones económicas", ocupándose de los costos del proyecto y beneficios, y un "Ejemplo de aplicación" descrito paso por paso sobre la selección de una PAT. El manual cubre la materia totalmente. Sin embargo, sería de mucha utilidad incluir el resumen de uno o dos casos de sistemas de PAT que estén operando en países en vías de desarrollo.

Richard Langley, SEARCH, U.K.

## MINI HYDRO POWER GROUP

Este suplemento es recopilado por el Mini Hydro Power Group (MHPG), asociación conformada por las siguientes organizaciones: Swiss Centre for Development Co-operation in Technology and Management (SKAT); Association for Appropriate Technology (FAKT), Alemania; Intermediate Technology Development Group (ITDG), UK; y, Projekt-Consult (PC), Alemania.

### Comité Editorial

A.P. Brown (Editor-coordinador), R. Metzler (FAKT), T. Scheutlich (PC), W. Fuchs (SKAT) y, A.B. Harvey (ITDG). Este suplemento es financiado por Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.

## Financiación de la mini hidrogenación: preparación del cocktail financiero viable

Con frecuencia, las propuestas de nuevos proyectos de mini hidrogenación generan entre los ingenieros y desarrollistas un entusiasmo mayor que el que despiertan en las oficinas de bancos e instituciones financieras.

Hay muchas razones para esto: la naturaleza de capital intensivo de la tecnología, las inflexibles estructuras de las tarifas de electricidad, la falta de clientela industrial en las áreas

con gran potencial, los gastos de la distribución convencional, la cobranza en regiones subdesarrolladas, y el hecho de que los esquemas individuales pueden ser demasiado pequeños como para atraer el interés del sector financiero.

Hay, sin embargo, muchas iniciativas imaginativas que pueden informar e inspirar el financiamiento de nuevos proyectos. En la presente edición se presenta artículos que

señalan muchas de las restricciones mencionadas, así como algunos aspectos de las ventajas bancarias, tales como los beneficios socio-económicos de un remoto molino de aceite y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que la alternativa hidráulica trae consigo, los cuales pueden atraer un apoyo no comercial y hacer realidad algunas otras propuestas.

A.P. Brown, Editor-coordinador

## Contribución de la micro hidrogenación frente al problema del calentamiento del planeta

Un aspecto importante del desarrollo de la micro hidrogenación es su contribución a la sustitución de las fuentes de energías contaminantes. Con la creciente conciencia del problema del calentamiento del planeta entre las agencias gubernamentales de ayuda y otras agencias proveedoras de fondos, se han establecido los fondos "ambientales", lo cual ha reforzado aún más el interés de los promotores de la micro y mini hidrogenación. Este artículo intenta proporcionar la información necesaria para tener acceso a dichos fondos.

### Aspectos ambientales

En la década de 1980 hubo un énfasis en la toma de conciencia acerca de los problemas del ambiente en el mundo y sus repercusiones en todo el planeta. Los aspectos que han ido adquiriendo importancia en la agenda política y pública son los siguientes:

- Los óxidos nitrosos y el bióxido sulfúrico causan la lluvia ácida y no respetan los límites nacionales.
- En los últimos años la capa de ozono se ha reducido significativamente.
- Han ocurrido grandes accidentes nucleares, tales como el de Chernobyl, y existe un problema de la "basura nuclear".
- Hay un riesgo evidente de un cambio en el clima del planeta: el "calentamiento del mundo".
- La micro hidrogenación es una de las mejores fuentes alternativas de energía para contribuir a la solución de estos problemas.

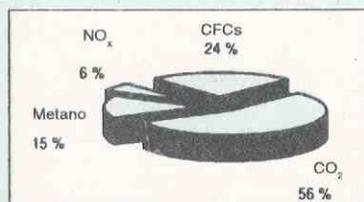


Fig. 1 Contribución de los gases al calentamiento global: el llamado "gases del efecto invernadero".

Tabla 1: Consumos de Energía para una microcentral hidráulica de 30 MW.

Consumos de energía (kWh/kg)	Magnitudes
Acero: 15.5	400 kg; 6200 kWh (turbina, alternador, ...)
Cobre: 25.0	100 kg; 2500 kWh (alternador, devanados, ...)
PVC: 19.3	2700 kg; 52110 kWh (tubería de presión)
Concreto: 0.5	20000 kg; 10000 kWh (obra civil)
Diesel: 9.6	300 kg; 2880 kWh (instalación)
Mantenimiento anual	6250 kWh
Consumo total durante la vida útil	79940 kWh

La figura 1 muestra la participación de los gases en el "efecto invernadero" de la atmósfera terrestre y sus efectos relativos. La figura 2 muestra la participación de diferentes sectores económicos.

Estos diagramas muestran que el CO<sub>2</sub> y la producción de energía son las mayores causas del calentamiento del mundo. Si no se toma alguna acción en contrario, se puede avizorar que el sector energía será responsable del 65 por ciento (36.2 x 10<sup>9</sup> CO<sub>2</sub>/año).

### Compromisos para reducir las emisiones

En la Conferencia Mundial sobre los Cambios Atmosféricos realizada en 1988 en Toronto, se alcanzó un consenso -conocido como "las metas de Toronto"- destinado a reducir, para el año 2000, las emisiones de CO<sub>2</sub> a los niveles de 1987, y luego reducir esta cifra en un 20 por ciento para el año 2005.

En la XII Conferencia Internacional sobre el Clima realizada en 1990 en Ginebra se identificó el calentamiento del mundo como un asunto crítico, y

se propuso un sistema internacional de tributación a la producción de gas de invernadero, con el fin de ayudar a financiar tecnologías menos dañinas. Este sistema se conoce como "impuesto al carbón".

En la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992, Dinamarca, los Países Bajos y Alemania reafirmaron su compromiso de lograr los objetivos de Toronto.

### Balance de CO<sub>2</sub> de un sistema de micro hidrogenación

Consideremos un sistema de 30 kW con una caída de 55 m, 100 l/seg de caudal de diseño y con una tubería de presión de PVC de 300 m de longitud y 300 mm de diámetro. La producción anual sería de 160,000 kWh y una vida útil de 25 años antes de mayores reparaciones; de aquí que su producción bruta total sería de 4 GWh. La energía consumida por el sistema puede calcularse como se muestra en la Tabla 1.

El consumo total durante la vida útil puede evaluarse en 79,940 kWh. Para calcular la producción de CO<sub>2</sub> resultante del proyecto, debemos considerar cuáles son las fuentes de energía que se han usado para producir las materias primas.

Se asume un valor promedio de 0.4 kg de CO<sub>2</sub> por kWh, tomado de la referencia 3 de la Bibliografía. De aquí que el balance de CO<sub>2</sub> del sistema es de 8 ton CO<sub>2</sub>/GWh. Obviamente, esto dependerá del lugar, dado que por lo general el balance mejora con el aumento del salto.



Fig. 2 Contribución de los diferentes sectores económicos al calentamiento global.



## MINI HIDROGENERACION: POLITICA Y PRACTICA

**Tabla 2: Comparación con otras fuentes de energía**

Fuente	Toneladas de CO <sub>2</sub> /GWh
Carbón	964.0
Aceite	820.0
Gas	484.0
Geotérmica	57.0
Micro hidrogeneración	8.0
Nuclear	7.8
Viento	7.4
Fotovoltaico	5.4
Grandes centrales hidráulicas	3.1

Notas: La pequeña y la mini hidrogeneración muy probablemente den cifras ubicadas entre aquellas correspondientes a las micro y grandes centrales hidráulicas.

Los datos asumen que la energía eólica y la fotovoltaica están alimentando la red. Los sistemas aislados requerirían de baterías; asimismo, deberían tomarse en cuenta sus altos costos de energía y su corta vida útil.

La tabla 2 muestra los valores correspondientes de CO<sub>2</sub> para otras fuentes de producción de electricidad (también en ton de CO<sub>2</sub> /GWh).

### Conclusiones

El desplazamiento de la producción de energía térmica por el uso de energías renovables enfrenta la producción de emisiones por parte del sector de generación de energía, el cual está en camino a convertirse en el principal agente del calentamiento del mundo. Los sistemas de mini y micro hidrogeneración pueden realizar una significativa y efectiva contribución con la reducción de la producción de CO<sub>2</sub> en el sector energía.

*Bill Langley, Dulas Engineering, UK.*

### Bibliografía

1. "Les Atouts de la Petit Hydroélectricité dans la Lutte Contre Le Rechauffement Climatique", Bernard Chabot, AFME, 500 route des Lucioles, 06565 Valbonne, Francia; 1990.
2. J. Schmid, H.P. Klein, and G. Hagedon, "How Renewable is Wind Energy?", News from Eurowind, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Friburgo, Alemania, 1990.
3. N.J. Eyre and L.A. Michaelis, "The Impact of UK Gas and Oil Use on Global Warming", Energy Technology Support Unit, Building 149, Harwell Laboratory, Abingdon, Oxfordshire, OX11 0RA, UK; Setiembre de 1991.
4. "The World of Plastics", British Plastics Federation; Agosto de 1986.

## Trabajando con la Industria Rural para identificar oportunidades de Mini Hidrogeneración

Es un hecho conocido que gran parte del potencial inexplorado de la mini hidrogeneración está ubicado en zonas remotas de los países no desarrollados. También es obvio que los mercados para la electricidad no se encuentran con frecuencia en dichas zonas; por tal razón, los sistemas de hidroelectricidad convencionales no son financieramente atractivos en el corto plazo.

Una manera de resolver este problema es trabajar estrechamente con las industrias locales, con el fin de identificar a aquellas que puedan beneficiarse de las fuentes de energía remotas, y particularmente a aquellas que ofrecen un factor de carga suficientemente alto (por lo general más del 25 por ciento). De esta manera se puede otorgar a la hidrogeneración un sesgo competitivo en relación a la competencia térmica.

El resultado de tal colaboración entre los promotores hidráulicos y los industriales puede verse en muchos países. La central del Niágara en el Canadá fue proyectada parcialmente para abastecer a las compañías de fundición de aluminio; la industria del té de Sri Lanka se desarrolló alrededor de mini aprovechamientos hidráulicos y, en el más pequeño extremo de la escala, decenas de miles de molinos de granos aún operan alrededor del mundo.

Para obtener un éxito económico en esta zona, se requiere que la energía sea un asunto clave del negocio, capaz de dar un valor agregado a los productos locales. Un buen ejemplo de la micro hidrogeneración es la extracción de aceite.

La extracción de aceite de las semillas y nueces es un proceso intensivo del uso de la energía y añade un 300 por ciento al valor del producto. El queque residual constituye un útil alimento para animales. El valor agregado significa que el comportamiento

del extractor, es decir, el rendimiento del aceite que se extrae, es importante.

En los países en vías de desarrollo, existe un movimiento gradual del procesamiento manual de bajo rendimiento, hacia los molinos mecanizados en los pueblos electrificados. Sin embargo, el transporte de las semillas y queque desde las áreas remotas implica un alto costo del transporte. En cambio, el uso de pequeños molinos en las áreas de cultivo se convierte en un pequeño negocio rentable, si se cuenta con una fuente apropiada de energía y un extractor de fácil manutención.

En Nepal hay más de 1000 extractores pequeños de aceite; la mayoría de los que están ubicados en zonas remotas obtienen la energía de micro hidrogeneración. Si la demanda es fuerte, es posible que el tiempo de recuperación sea menor a un año; no obstante, por lo general este nivel de ganancia se reduce cuando una nueva competencia se traslada a la zona.

Una limitación común para el desarrollo de pequeños extractores es la disponibilidad de una maquinaria adecuada. Por lo general, los extractores de aceite consumen, al año, un 30 por ciento de su costo inicial en repuestos, lo cual da una clara ventaja a las maquinarias fabricadas en el país.

Por otro lado, la provisión de molinos a zonas remotas otorga interesantes ventajas sociales, cumpliendo así un rol de servicio a los agricultores. De esta manera, una parte importante del valor agregado, puede ser retenido en las áreas de cultivo; los campesinos han podido mostrar como resultado el incremento de su producción, lo cual tiene beneficios para la nutrición en las zonas pobres, que son factores de particular interés para las organizaciones de desarrollo.

FAKT, una compañía alemana de consultoría, ha estado trabajando en

este campo con una compañía nepalesa, Development Consultancy Services. Ambas compañías tienen considerable experiencia en el campo de la micro hidrogeneración, pero se han diversificado para desarrollar un nuevo extractor, el Sundara, diseñado para ser fabricado en pequeños talleres. El proyecto también contempla los aspectos socio-económicos, y recientemente ha realizado un taller de cinco días con trabajadores escogidos de cinco países del sur de Asia.

### Conclusiones

Este trabajo muestra cómo las agencias de desarrollo y los fabricantes pueden trabajar juntos para crear nuevas oportunidades de micro hidrogeneración con beneficios sociales y económicos. La naturaleza del capital intensivo de la micro hidrogeneración se combina con el rápido retorno de capital de la extracción rural de aceite en la producción de empresas sostenibles. En Nepal, los molinos de aceite accionados por la hidrogeneración han tenido éxito allí donde la hidroelectricidad convencional y los molinos accionados por energía de grupos Diesel no lo habrían logrado.

### Extracto de estudios de caso

En el cuadro se resumen los datos de dos proyectos de Nepal con turbinas de flujo transversal ejecutados en 1980, teniendo como carga principal a extractores de aceite.

Como se puede ver a partir de las cifras del cuadro, los proyectos tienen éxito en la provisión local de empleo e ingresos, habiéndose incrementado el retorno de los productores de semilla de aceite.

Las unidades hidráulicas son flexibles con ejes usados para la transmisión de potencia a otras maquinarias de molienda, incrementando el tiem-

## MINI HIDROGENERACION: POLITICA Y PRACTICA

### Datos de dos microcentrales hidráulicas de Nepal

	Dandaparajul	Kuwa Kaisthally
Potencia mecánica (kW)	10	4
Longitud del canal (m)	1000	350
Salto bruto (m)	9	12
Fecha de encargo	1982	1987

po de operación y, por tanto, los factores de carga.

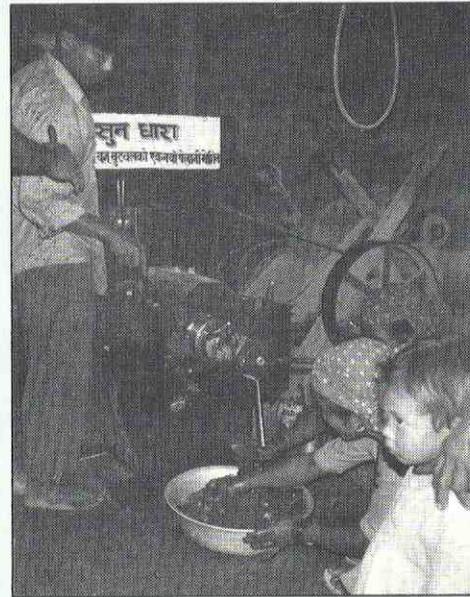
Ambos proyectos fueron ampliamente financiados mediante donaciones del Banco de Desarrollo Agrícola de Nepal. En todos los casos los molinos compraron semillas para aceite y ofrecieron servicios de extracción y molienda. Los ingresos de extracción llegaron al 90 por ciento y 60 por ciento de planes de las empresas.

Se puede contar una historia similar sobre el molino Uwindi de Tanza-

nia, donde las semillas de aceite son de girasol, y el molino opera 20 horas diarias, estando las ganancias destinadas a la adquisición de un molino de maíz.

### Referencias

1. "Village-level food processing as a means to improve food security", FAKT, 1993.
2. "The techno-economic performance of water turbines in rural communities of Nepal", ITDG & New Era, 1993.



Extractor de aceite "Sun dhara" accionado por una turbina hidráulica, procesando semilla de colza.

## TURBINAS DE BAJAS CAIDAS EN PERU

Durante muchos años ITDG, por intermedio de su Programa de Energía, ha promovido el uso de hidroenergía y posee información sobre la demanda de este tipo de turbinas en diferentes países como Nepal, Sri Lanka, Colombia y Perú. La mayor parte de las instalaciones que existen en estos países tienen saltos o caídas por encima de los 30 m. El uso de bajas caídas para la producción de energía está limitado principalmente a bajas potencias (cientos de watts), usando principalmente ruedas hidráulicas artesanales.

Para situaciones de bajas caídas menores a 10 m. y potencias mayores a 3 ó 4 kW aún no se tiene un fabricante en Latinoamérica que pueda proporcionar un "apropiado" diseño de turbinas hidráulicas. Es esta la razón de que en estos países exista la tendencia a no considerar proyectos de bajas caídas, a menos que la potencia sea menor a 1 kW donde el uso de las ruedas hidráulicas artesanales es una alternativa.

El Programa de Energía, en su proyecto de Bajas Caídas ha planteado y diseñado una turbina que difiere de las turbinas hidráulicas construidas principalmente en países industrializados. Las turbinas más usadas son las turbinas de reacción: Francis, Propulsadas y Kaplan. En algunos casos se usan las turbinas de acción como Michell-Banki y menos frecuentemente bombas centrífugas como turbinas.

La ventaja de una turbina de reacción trabajando en bajas caídas es que ésta usa toda la diferencia de niveles para producir energía. Esto es, usa la altura de succión para generar potencia.

Por ejemplo, si la altura de succión es 6 m. y la altura disponible es 6 m., la potencia generada por una

turbina de acción, comparada con una turbina de reacción para las mismas condiciones, puede ser menor a 10%. Además, la velocidad de rotación puede ser de 2 a 4 veces menor que la de una turbina de reacción. Para bajas caídas la diferencia en la potencia generada puede ser mayor, por eso las turbinas de reacción son preferidas para bajas caídas. (Ing. Bruno Viani).

Los criterios generales para el diseño de esta turbina son los siguientes:

- a. bajo costo, debido a que está destinada a grupos rurales (comunidades, cooperativas), de bajo nivel económico, en su gran mayoría.
- b. fácil fabricación, por lo cual el diseño a desarrollar debe ser flexible y básico, tal que pueda ser adaptado a las particulares costumbres y habilidades de cada fabricante.
- c. uso de materiales disponibles en cada país.
- d. uso de técnicas de manufactura disponibles en cada país, procesos de fabricación, técnicas de fundición o soldadura.
- e. bajo mantenimiento y facilidad de operación (para que pueda ser manejado por una persona sin mucha calificación).

Una turbina de bajo costo puede ser desarrollada, si las partes móviles son reducidas al mínimo y se simplifican los procesos de manufactura en la medida que sea posible, dando menor prioridad a la eficiencia y a la velocidad de rotación.

Bajo estos criterios se ha diseñado una turbina hélice, sin álabes directrices y álabes del rodete fijos, disminuyendo significativamente el costo en pequeñas turbinas (2 a 20 kW), en desmedro de la caída de eficiencia a cargas parciales. Una forma de evitar esta condición es que la turbina trabaje siempre a plena carga si está accionando un generador (conectar un

regulador de carga) o variando la velocidad de rotación de la turbina, cambiando el diámetro de la polea en la transmisión (juego de poleas); si se está accionando un molino de granos, chancadora de caña, etc.

Además, si los álabes del rodete y las paletas guías se construyen separadamente y luego se sueldan al cubo en un determinado ángulo, que depende de las especificaciones de salto y caudal del proyecto, se dará más flexibilidad al diseño reduciendo el número de modelos, costo de matrices; si se está considerando la fundición como el proceso de fabricación adecuado.

El Programa tiene el proyecto en su etapa de prueba. Además de las usuales pruebas de eficiencia para diferentes velocidades, caudales y alturas, las siguientes pruebas ayudarán a simplificar el diseño y corregir los defectos que pudiera tener. En otra oportunidad les daremos a conocer los resultados obtenidos en los ensayos.

Es importante que esta alternativa de turbinas para bajas caídas no sea descuidado y, por el contrario, que cuente con apoyo permanente, ya que sería un gran avance tecnológico con el consiguiente beneficio de las poblaciones de bajos recursos.

Estamos interesados en intercambiar información referente a este tema y agradeceremos se sirvan comunicarse con Homero Miranda y/o Saúl Ramírez en nuestra oficina:

ITDG, Av. Jorge Chávez 275,  
Miraflores (Lima 18), Perú.  
Casilla 18-0620.  
Telf. (511) 447-5127  
Fax (5114) 446-6621  
C.E.:hidro@itdg.org.pe

## Mediciones innovadoras y estructuras tarifarias reducen costo de administración

Uno de los factores más importantes en los sistemas de mini hidroelectricidad es el precio de venta de la energía producida. En la mayoría de los países, las tarifas nacionales de electricidad no reflejan el costo real del suministro. En todo el mundo existen algunas innovaciones interesantes en la cobranza de los ingresos, que son de particular interés en el desarrollo de la mini hidrogeneración.

Por lo general, los consumidores rurales que por primera vez adquieren la conexión a un suministro de electricidad consumen tasas de muy bajo vatiaje, especialmente por la noche. Por lo tanto, los ingresos por hogar son muy bajos, haciendo que los medidores de kWh y el sistema de cobranza sean desproporcionalmente caros.

Una alternativa de bajo costo es el "tablero preparado" que consiste en una unidad compacta que contiene una conexión a tierra, relevadores de sobrecorriente y tomacorrientes. Los tableros preparados se usan extensivamente en Sudáfrica y Nepal. En Sudáfrica, ESKOM también ha introducido medidores de pre-pago, los que reducen significativamente la cobranza de las tarifas. Los usuarios pueden adquirir una tarjeta que opera sobre la caja de suministro de la casa, entregando un número especificado de unidades de kWh.

Otra manera buena de ahorro de costos para el suministro rural es no cobrar por unidades de kWh sino cobrar al consumidor por el derecho al uso de energía hasta un vatiaje límite. Esto se llama a menudo una "conexión

de corriente fija" o "conexión de corriente limitada". De este modo, el consumidor puede pagar un monto fijo mensual por una conexión, por ejemplo de 200 W, independientemente de las unidades que consume.

Los costos de administración financiera de los sistemas de "carga limitada" como el descrito son mucho más bajos. Los costos del *hardware* son también bastante bajos. Las conexiones de carga limitada se usan ampliamente en Zimbabwe, y se han usado tradicionalmente en países como Noruega donde la energía hidráulica ha sido una fuente importante para la electrificación rural.

El aparato ideal de control para tales sistemas es un aparato de interrupción de corriente de auto-reposición. Un aparato útil para conexiones de muy bajo vatiaje (100 W y menores) es el PTC (termistor de coeficiente de temperatura positiva) que cuesta solo unos cuantos centavos. Las conexiones de mayor vatiaje justifican un aparato de mayor precisión. Un sistema de carga limitada tiene una importante implicancia, al incentivar un consumo consistente durante el día y la noche, y rebajar las demandas pico, siendo útil en los desarrollos hidráulicos, particularmente en los sistemas sin almacenamiento. Asimismo, proporciona un incentivo para el uso de aparatos de alta eficiencia energética tales como los calderos lentos aislados.

Las altas cargas de conexión iniciales pueden actuar como un desincentivo para el uso de electricidad. Nuevamente aquí ESKOM ha adoptado una solución innovadora llamada tarifa "S", en la cual el consumidor tiene la opción de seleccionar una tarifa unitaria dependiendo del pago del derecho de conexión. Más del 95 por ciento de los consumidores optan ahora por la tarifa "S1", la cual representa el más bajo derecho de conexión y la más alta tasa de tarifa.

No obstante, aún subsisten grandes problemas no resueltos en relación al establecimiento de tarifas realistas y con el fin de asegurar una administración y mantenimiento confiables de los sistemas de electrificación rural. La desregulación de muchos países, que permite generación y ventas fluidas, es un paso adelante en la solución de tales problemas. Por otro lado, existen casos de subsidios gubernamentales y préstamos concesionarios que se usan para la promoción de mi-

niredes aisladas como alternativas para la extensión de la red. Esta solución se está desarrollando en Nepal para apoyar la difusión de la micro hidrogeneración en la electrificación rural.

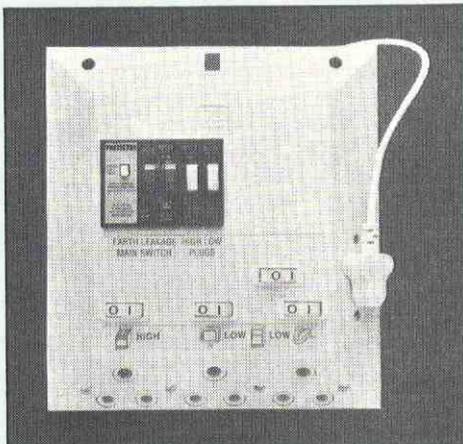
En Sri Lanka, ITDG está promoviendo un método para el establecimiento de una administración local y de tarifas específicas como parte de una propuesta general para la electrificación rural aislada, integrando la hidrogeneración con otras fuentes de energía, incluyendo la Diesel y la fotovoltaica.

El establecimiento de formatos estandarizados de planificación permite al organismo local de administración comparar rápidamente diferentes opciones de electrificación, de modo que cada opción implique una determinada tarifa. Los consumidores probables toman parte en el proceso de planificación, comparando los costos de electricidad con los costos de los métodos tradicionales de iluminación y gastos en baterías secas, tomando en cuenta a las pequeñas industrias tales como las de molienda, para llegar a una estructura de tarifa factible. La elección implica el compromiso para un determinado sistema de mantenimiento y administración, y puede incluir plazos de préstamos, subsidios, costos de operación y medidas de equidad y bienestar. Esta propuesta conduce a una íntegra propiedad local de la administración y el sistema de precios y, por consiguiente, a un apoyo local e implementación exitosos. Los formatos permiten una valoración factible y fluida mediante el suministro de créditos y subsidios oficiales autorizados.

*Dr. A. Harvey, ITDG, UK.*

### Bibliografía

1. Foley, G. "Electricity for Rural People", Panos, 1990.
2. Smith, N., "Low Cost Electricity Connection", Interim Report, IT Consultants.
3. Harvey, A.B.H., "Village Planning of Isolated Energy Schemes", ITDG, 1993.
4. Engelbrecht, J., "Electrification: The South African Challenge", World Energy Council: South and East African Regional Energy Forum, Cape Town, October 1994.



Un "tablero preparado" que contiene conexión a tierra y relevadores de sobre-corriente y tomacorrientes (Circuit Breaker Industries, Ltd.).



# Utilización de la madera en las obras civiles de MCHs.

Por Ing. Julio A. Mercanti, Ing. Jorge Senn

Nuestro primer encuentro con el tema se produjo en la chacra de un colono del interior de la Provincia de Misiones, Argentina. Una rueda de agua proveía energía mecánica a un molino de granos y a un generador de automóvil con el que cargaba baterías para la iluminación de su domicilio.

Prácticamente todo el conjunto (dique, parte del canal, rueda, eje y poleas) estaba confeccionado en madera. A la pregunta sobre la fecha de su construcción, nos comentó que había sido construido por su padre hacía más de 50 años. La mayoría de las piezas de madera eran aún originales y se encontraban en perfecto estado de conservación. "El secreto del éxito está en la selección de la madera y en la necesidad de ésta de permanecer siempre mojada" nos comentó a raíz de nuestro asombro.

En los lugares donde la madera abunda, ésta puede ser aprovechada como un valioso y versátil material de construcción. Generalmente, en estos lugares existe simultáneamente la capacidad artesanal suficiente para su apropiada conformación, tratamiento y aprovechamiento.

La utilización de madera en la construcción de distintos dispositivos de obras civiles de MCHs es ya de muy larga data, según lo atestiguan múltiples realizaciones diseminadas en geografías diversas, muchas de las cuales se mantienen aún en servicio. Aplicaciones típicas se pueden observar en la construcción de azudes y pequeñas presas, canales, compuertas, casas de máquina, etc.

La madera no sólo es un material apto y eficiente, sino que puede adquirir singular relevancia en aquellos contextos en que es indispensable maximizar la utilización

de criterios de tecnologías apropiadas. Su capacidad de ser tallada con distintas formas y dimensiones, suministra alta versatilidad y, lo que es muy importante desde el punto de vista constructivo, un considerable grado de prefabricación y algunas posibilidades interesantes en cuanto a esfuerzos de estandarización de partes constructivas.

Las obras de cierre y captación de MCHs, entendidas como aquellas instalaciones destinadas a sobre elevar el nivel del agua de los cursos naturales con vistas a su captación y posterior conducción a la casa de máquinas, provee un excelente campo para la utilización en escala bastante intensiva de especies de maderas duras y semiduras.

En efecto, siendo habitualmente necesario ejecutar pequeños azudes en el lecho del curso, combinados con captaciones laterales, la adopción de algunos diseños adecuados para utilización de maderas, proporciona un conjunto de ventajas entre las que se puede contar:

- a) un significativo grado de prefabricación, que representa economías de obra, tanto por disminución de los tiempos de construcción, como de los riesgos por exposición a crecidas extraordinarias durante los trabajos ejecutados en el lecho del cauce. Además, las condiciones de preparación en taller (carpinterías) suministran mejora en la calidad y eficiencia de utilización de la mano de obra, en comparación con las tareas que inevitablemente deben ejecutarse in situ.
- b) la posibilidad de efectuar periódicas labores de mantenimiento del reservorio

formado aguas arriba del azud, en el que habitualmente sedimenta una considerable cantidad de sólidos. En efecto, al conformar pantallas susceptibles de desmontaje, es posible favorecer la eliminación de tales depósitos de sedimentos por autolimpieza de la corriente. Esta modalidad supera ampliamente a dispositivos especiales de limpieza tales como compuertas de fondo, canales centrales o laterales de limpieza y adquiere singular importancia. Aunque de efectos ecológicos mínimos, aquellos técnicos familiarizados con la construcción de pequeñas presas y azudes, reconocen la inevitabilidad de los sedimentos aguas arriba de las mismas y el valor que implicaría su periódica eliminación como factor coadyuvante al equilibrio, así como para mejorar la vida útil de las instalaciones.

## Experiencias en Misiones, Argentina

En Salto Pereyra, una MCH de 30 kW, ejecutada en el pueblo Illía, Prov. de Misiones, Argentina, se construyó una presa reguladora, de 5.50 m de altura y con un desarrollo longitudinal de unos 60 m, combinando los materiales más abundantes disponibles en el emplazamiento: roca basáltica en bochas de un depósito aledaño y madera de especies duras y semiduras originarias de los bosques de la cuenca del aprovechamiento. El diseño de la obra civil presenta algunas debilidades (particularmente en términos de sobre dimensionamiento) pero permitió convalidar una conclusión terminante: a pesar del clima subtropical (muy húmedo y caluroso) del emplazamiento, después de 10 años de su construcción, la madera exhibe muy



Construcción de un dique en el pueblo de Salto Pereyra, Misiones, Argentina.



buenas condiciones de conservación. Para mejorar sus condiciones de exposición a los agentes naturales, las piezas de madera habían sido tratadas por inmersión en baños de lubricantes usados a alta temperatura.

Más tarde, en El Pesado, una MCH de 15 kW, ejecutada en San Antonio, Prov. de Misiones, se optimizó el criterio de diseño. Mediante diafragmas de forma triangular, dispuestos en el sentido de la corriente y ejecutados en mampostería de ladrillos comunes, se posibilitó la disposición de pantallas de madera que apoyan sobre los mismos, para configurar un azud de 1.50 m de máxima altura sobre el nivel del cauce y de escasos 3.0 m de desarrollo longitudinal. Las piezas de madera dura, sin tratamiento alguno, fueron colocadas en ranuras dispuestas mediante perfiles metálicos en las caras laterales de los diafragmas. Más adelante se comprobó que esta disposición reduce las posibilidades de desmontaje de las pantallas para limpieza del reservorio.

En Misiones, las características de los lechos de las corrientes, exhiben casi invariablemente la presencia de sustrato rocoso, lo cual facilita la ejecución de las labores en fundación de macizos corridos (lineales) de hormigón, sobre los que es posible construir diafragmas triangulares de 20 a 25 cm de espesor, concebidos como tabiques de hormigón armado. Sobre la nariz, o borde inclinado, destinada al asiento de las pantallas de madera, sólo es preciso empotrar flejes con ranuras u ojalas que servirían para la fijación de aquellas. Las piezas de madera, son simplemente apoyadas (adoptando distintos diseños de machihembrado entre ellas, aunque las más simples serán proporcionales a la sencillez de desmontaje y reconstrucción) y luego, mediante largueros de madera dispuestos perpendicularmente en los extremos y a modo de prensa-bordes, son afianzados mediante un sistema de clavijas metálicas a los flejes anteriormente empotrados en los diafragmas. Se refiere el sistema de clavijas al de bulones por la inevitable corrosión de éstos y consecuente dificultad en los trabajos de desmontaje.

Así, hoy es posible recomendar la construcción de azudes autoportantes de hasta 3.0 m de altura máxima, sin limitación de desarrollo longitudinal (es decir aún para

cauces relativamente anchos), diseñados de forma que la carga de agua sobre pantallas inclinadas con ángulos apropiados pueda conferir estabilidad adecuada al vuelco y al deslizamiento, para las condiciones más exigentes de exposición y permitir tirantes sobre cresta de azud de hasta 1.0 m (estabilidad que, aunque sujeta a experimentación podría admitir tirantes aún mayores con razonable seguridad).

#### Experiencias en el sur chileno

En el caso del sur chileno, donde se encuentran numerosas instalaciones de MCHs y donde el recurso forestal es importante, puede decirse con certeza que prácticamente no existe instalación (al menos de pequeña escala) en la que la madera no intervenga con significativa importancia. Es así como pueden observarse tradicionalmente casas de máquinas confeccionadas en madera y numerosos canales construidos del mismo material.

Llama particularmente la atención las obras civiles de captación y conducción de una pequeña central hidroeléctrica en Puerto Aisén, Chile, con dos turbinas (una Pelton y otra Francis) con una potencia total instalada de 5 MW.

La barrera de bocatoma sobre el río Arredondo está formada por un muro de madera y piedras de forma escalonada; tiene una altura máxima de 8 m y un desarrollo longitudinal de 95 m. El agua captada se conduce a la cámara de carga de la central por medio de un canal de 1.5 m de

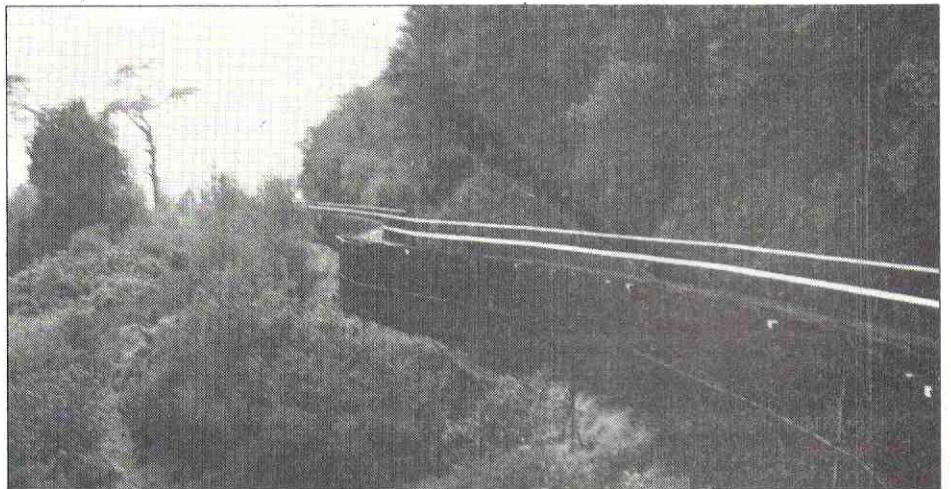
ancho, 1.90 m de altura y 1.100 m de longitud, totalmente construido en madera. El canal conduce hasta 4.00 m<sup>3</sup> de agua hacia la cámara de carga. El canal de excedencias de ésta es igualmente de madera. La instalación tiene más de 40 años y se encuentra en perfecto estado. El mantenimiento del azud es prácticamente nulo y el del canal mínimo.

#### Conclusiones

Puede decirse con certeza que la madera puede representar un material de construcción digno de tener en cuenta en la planificación y construcción de una MCH. Cuando además por su abundancia el precio es relativamente accesible y las especies existentes son apropiadas, se transforma en una variante que no debe descuidarse. Existen desventajas, especialmente de durabilidad; pero frecuentemente las ventajas - algunas ya enumeradas - son tan importantes que superan ampliamente a aquellas y justifican plenamente su utilización.

Ing. Julio Mercanti  
Profesional de EMSA  
Profesor Facultad de Ingeniería -U. Na. M.  
25 de Mayo 470  
3360 Posadas - Argentina  
Tel: (0) 752-37705

Ing. Jorge Senn  
Consultor independiente  
Profesor Facultad de Ingeniería -U. Nac. M.  
Av. Libertad 520  
3360 Oberá - Argentina  
Tel/Fax: (0) 755-24442



El canal de madera conduciendo agua desde la toma del dique en el río Arredondo.

## Curso internacional de HIDRORED en Bolivia

Por Javier Ramírez-Gastón, ITDG Perú

Durante la segunda semana de Marzo, por encargo de PROPER-Bolivia, HIDRORED realizó un Curso Junior sobre el uso de pequeños aprovechamientos hidroenergéticos; la sede fue la ciudad de Cochabamba. A lo largo de tres días y a través de un intenso programa, 45 jóvenes profesionales bolivianos pudieron recibir las técnicas y criterios fundamentales para desarrollar pro-

yectos de mini y micro hidroenergía. Los diferentes aspectos desarrollados a través de 6 módulos, estuvieron a cargo de reconocidos profesionales latinoamericanos miembros de HIDRORED, con amplia experiencia en proyectos. La organización y el apoyo logístico a cargo de PROPER-Bolivia estuvo inmejorable; los participantes recibieron gran cantidad de material bibliográfico de prime-

ra calidad y pudieron conocer mucho de la experiencia concreta de proyectos exitosos.

En base a esta valiosa experiencia, HIDRORED ha abierto una línea de trabajo a través de la cual pone a su disposición su red de expertos latinoamericanos a instituciones gubernamentales y de cooperación técnica, para el desarrollo de este tipo de cursos o de asesorías específicas para la promoción y organización de programas locales o nacionales de desarrollo de la mini hidráulica. Cualquier información o consulta puede ser remitida a nuestra redacción.



# Presentación

## "New Designs for Rural Electrification"

Esta nueva publicación, preparada por la División de Programas Internacionales de la Asociación Cooperativa Nacional de Electricidad Rural, describe y evalúa las innovaciones técnicas y organizativas introducidas por la Compañía de Energía de Butwal, Nepal, para reducir los costos e incrementar los beneficios de las comunidades de subsistencia de electrificación rural. Son las siguientes:

- Un nuevo voltaje de distribución que reduce considerablemente el pico y volumen de los transformadores que han de ser transportados por caminos situados en las montañas.
- Diseños para los polos de distribución, con el fin de que sean fácilmente transportados por cargadores hacia las comunidades aisladas.
- Aparejos preparados de alambre para aumentar la seguridad y reducir el costo inicial de los consumidores.
- Nuevos diseños de cocinas de bajo va-

taje para permitir el uso de electricidad y desplazar a la madera como combustible, incrementando así el factor de carga del sistema.

- Una tarifa basada en la energía, y el uso de cortes de corriente con el fin de reducir los costos administrativos de la electrificación y fomentar un alto factor de carga.
- Confianza en las organizaciones de usuarios de la electricidad para respaldar el peso de los sistemas de operación rural; y,
- Uso de motivadores para incentivar al máximo las conexiones de consumidores y los beneficios.

Las experiencias documentadas en la publicación ilustran cómo la extensión de la red para atender a pequeños consumidores puede costar menos de US\$ 150 por consumidor. Asimismo, muestran que se puede construir líneas trifásicas de calidad sobre terrenos montañosos a costos me-

nores de US\$ 4,000 por kilómetro. Los anexos de la publicación incluyen un análisis del costo de los voltajes de distribución alternativa y una comparación de los costos y atributos de la extensión de la red con aquellos de la generación Diesel aislada, microcentrales hidráulicas y sistemas fotovoltaicos familiares.

Se puede adquirir ejemplares simples por US\$ 20 (incluye correo aéreo). El pago puede hacerse mediante un cheque girado a un banco de los Estados Unidos o a un banco corresponsal a nombre de "NRECA". Los pedidos pueden solicitarse a:

**New Designs for RE  
NRECA/IPD**  
1800 Massachusetts Avenue, N.W.  
Washington, DC 20036-1883  
Para información adicional, llamar a:  
202-857-9622 o e-mail a:  
<74720.531@compuserve.com>

## Acciones para poner en funcionamiento la energía eólica

Esta semana Sri Lanka dio los primeros pasos positivos hacia el uso de otra fuente de energía para la generación de electricidad: el viento. Así lo declaró el Dr. Leslie Herath, presidente del Concejo de Electricidad de Ceylan (CEB), al diario Daily News el día de ayer.

El Dr. Herath declaró: "Un equipo del Banco Mundial, invitado por nosotros, emitió un informe muy optimista sobre el potencial según un estudio realizado el mes pasado en el sur de Sri Lanka. El equipo no fue al norte por razones de seguridad, pero estoy seguro de que el potencial de esa zona es similar o aún mayor".

El equipo informó al jefe del CEB que en una localidad del sur se podría generar unos 200 MW de electricidad mediante la energía eólica. El CEB ha solicitado que el equipo prepare un proyecto piloto de una planta eólica de 3 MW para estudiar el potencial y las repercusiones ambientales.

El Dr. Herath señaló: "Es muy probable que el Banco Mundial encargue la realización de un proyecto piloto hacia 1996, con el fin de estudiar todos los parámetros requeridos. El equipo del Banco ha dicho que el resultado final de esta investigación sería la identificación de los lugares más favorables en el sur de Sri Lanka".

El presidente añadió que el Comité de Fuentes Hidráulicas revisará un proyecto presentado hace algunos años para el uso de la energía eólica para bombear agua.

En el país existen más de 150 molinos de viento ubicados en diferentes lugares, los que han sido ignorados por diferentes razones.

El Dr. Herath dijo, por otro lado, que el CEB también hizo un pedido específico al equipo del Banco Mundial afirmando la factibilidad de sistemas eólicos aislados y combinaciones térmicas en zonas remotas donde la red nacional tomaría mucho tiempo en llegar y el viento por sí solo no sería adecuado.

El Consejo, que está concentrando sus esfuerzos en tomar todas las medidas preventivas para encarar una seria crisis energética pronosticada para 1996, que será un mal año para las lluvias, ha solicitado una subvención de US\$ 40 millones del Fondo Ambiental Mundial para la investigación de fuentes no tradicionales tales como viento, sol, desechos agrarios y mini hidrogeneración para la producción de electricidad en las zonas más remotas. Se solicitará la participación del sector privado para emprender los proyectos en línea con la actual política del gobierno, informa el Daily News.

Los requerimientos actuales de energía de Sri Lanka ascienden a 12.99 GWh o cerca de 13 millones de unidades de electricidad. La demanda ha estado aumentando a un ritmo de 10 por ciento cada año.

Daily News, Sri Lanka  
February 17, 1995

## IMPRESSUM

HYDRONET/HIDRORED es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en micro hidroenergía. Se edita en inglés, español e indonesio y aparece tres veces al año.

### Corresponsales:

Argentina (Misiones): Jorge Senn  
Bolivia (Cochabamba): Walter Canedo  
Chile (Concepción): Carlos Bonifetti  
Colombia (Bogotá): José Montaña  
Ecuador (Quito): Milton Balseca  
México (Veracruz): Claudio Alatorre  
Perú (Cuzco): José Antonio Muñiz  
(Lima): Javier Ramírez-Gastón  
Venezuela (Caracas): Carlos Flores

### Comité Editorial:

Javier Ramírez-Gastón (ITDG-Perú),  
Jorge Senn (ATAHUALPA),  
Walter Canedo (PROPER),  
Enrique Rodríguez (PROMIHDEC),  
José A. Muñiz (HIDROSERVIS).

### Asesoría:

Mini Hydro Power Group (MHGP)

### Editores:

**HYDRONET:** ITDG-Sri Lanka, 15 B  
Alfred Place, Colombo  
3, Sri Lanka.

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

**Traducción:** Federico Coz

**Diagramación e impresión:** POINSA

**Producción:** ITDG-Perú

# VI Encuentro Latinoamericano de Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos

Por Javier Ramírez-Gastón, ITDG Perú

Entre el 14 y 18 de Marzo de 1995, se realizó en Cochabamba, Bolivia el VI Encuentro Latinoamericano de Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos. Luego de transcurrido dos años desde el V Encuentro de Santa Marta, nuevamente se abrió el adecuado espacio de discusión y de actualización del "estado del arte" de la micro hidroenergía en nuestra región.

En el marco del hermoso Palacio Patiño se congregaron más de 70 participantes representantes de empresas, instituciones gubernamentales y no gubernamentales dedicadas a la promoción de la mini hidráulica, así como agencias multilaterales interesadas en la promoción del desarrollo energético de América Latina.

A lo largo de los 5 días que duró el evento, se presentaron más de 30 ponencias que abordaron temas referentes a políticas institucionales, avances tecnológicos regionales, experiencias de capacitación, difusión y transferencia tecnológica y el panorama de financiamiento para la micro hidroenergía. Paralelamente, se formaron 4 grupos de trabajo sobre gestión e institucionalidad, financiamiento, impacto socio-económico y desarrollo tecnológico, cuyas conclusiones y recomendaciones fueron presentadas en la penúltima sesión.

En una apreciación general podemos constatar por una parte, que existe un importante avance en el desarrollo tecnológico de la región, habiéndose consolidado una oferta tecnológica, aunque requiere

afianzar acciones en aspectos de mercado -a nivel nacional y sub-regional. Otro aspecto relevante fue la comprobación que el nuevo marco institucional y político de la región ha creado mejores condiciones para el desarrollo de proyectos pero que todavía existen grandes limitaciones financieras que frenan una mayor diseminación.

Pudimos constatar los avances que viene realizando Bolivia en forjar un programa nacional de desarrollo de la energía rural y el papel preponderante que le compete a la mini hidráulica en éste. Asimismo, pudimos informarnos de los avances de Chile y Brasil y de la importancia que ha alcanzado el uso de los pequeños aprovechamientos hidráulicos en los planes de desarrollo de infraestructura rural que se desarrollan en el Perú. Las delegaciones de países como Cuba y Colombia nos permitieron inferir que existen grandes potencialidades de desarrollo pero que requieren estructurar mejores coordinaciones interinstitucionales y una mayor relación con las experiencias de otros países de la región.

El Comité Organizador del evento constituido por PROPER-Bolivia e HIDRORED, contó con el invaluable apoyo de la Cooperación Técnica Alemana a través de la GTZ y el Ministerio de la Cooperación de Alemania y la Secretaría Nacional de Energía de Bolivia. En los aspectos organizativos, cabe resaltar el especial cuidado que

tuvo PROPER de proporcionar a cada participante el libro de ponencias al inicio del evento, ello facilitó la reflexión y el diálogo entre todos; sin lugar a dudas será una importante fuente de consulta y difusión para toda la región.

Para la Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía, ha sido una importante confirmación de la importancia de estos eventos y de las grandes responsabilidades que le corresponde en el impulso de la micro hidroenergía. Seguiremos a través de HIDRORED y de nuevas líneas de trabajo como cursos, publicaciones y apoyo a grupos de trabajo nacionales, promoviendo la energización de las áreas rurales y particularmente, el desarrollo de la micro hidroenergía como una alternativa tecnológica accesible para los pequeños productores rurales y pueblos aislados de las redes nacionales de electricidad de América Latina.

En el próximo número de HIDRORED nos dedicaremos a presentar algunas de las más importantes ponencias y difundir las conclusiones y recomendaciones que surgieron del fructífero diálogo.

## MicroHidrogenación Curso de Entrenamiento

Ciudad Cebú, Filipinas del 3 al 23 de setiembre de 1995

Organizado por Tecnología Intermedia en asociación con SIBAI (Filipinas) y el Grupo Europeo de Mini Hidrogenación (MHGP)

### Selección de Candidatos

- Experiencia y trabajo activo en el campo de energía rural y/o sistema de micro hidroenergía.
- Comprometerse a realizar trabajos en el campo de la micro hidroenergía en los siguientes años como profesional.
- Comprometerse a realizar trabajos prácticos en comunidades (trabajo de campo).
- Apreciar y participar para lograr el desarrollo social y económico.
- Comprometerse a aliviar la pobreza.
- Relaciones con instituciones de desarrollo para comunidades organizadas.

### EVALUACION

El curso evalúa íntegramente a los candidatos. En principio, los participantes deben informar a los expositores sus expectativas y necesidades. Durante el curso los expositores y participantes evaluarán separadamente cada componente. Habrá reuniones diarias dirigidas por expositores con uno o dos representantes de los participantes, a fin de recoger sus principales requerimientos y qué acciones se pueden tomar para satisfacerlos. Al final los participantes podrán también evaluar el curso en su totalidad y hacer comparaciones de los objetivos trazados y primeras expectativas. La información sobre las experiencias de profesionales voluntarios que fueron capacitados, motivarán el seguimiento de las actividades de los participantes para los próximos años, a fin de compartir sus experiencias de trabajo con otras personas.

Para mayor información y formularios de solicitudes, dirigirse a:

Adam Harvey, Coordinator, Micro-Hydro International Course, Intermediate Technology, Myson House, Railway Terrace, Rugby, CV21 3HT, UK. -Tel: +44 788 560631. Fax: +44 788 540270. Telex: 317466 ITDG G.



## Adiestramiento en el uso de Motores como Generadores

### Organizado por:

Intermediate Technology Development Group, ITDG y la Pontificia Universidad Católica del Perú.

### Expositor:

Dr. Nigel Smith del Nottingham Polytecnic de UK.

**Fecha:** Del 23 al 29 de Octubre de 1995.

### Lugar:

Lima, Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la PUCP.

### Orientado a:

Ingenieros técnicos y personas efectiva y probadamente involucradas con la fabricación y/o instalación de equipamiento para microcentrales hidroeléctricas (hasta 20 KW)

### Idioma:

Inglés (con traductor para quienes no dominen este idioma)

**Alcance:** A nivel Latinoamericano.

Para mayor información y formulario de solicitudes dirigirse a:

### - Homero Miranda, ITDG

Av. Jorge Chávez N° 275 Miraflores Lima 18,

Perú, Casilla 18-0620.

Tel. 447-5127 Fax (514) 446-6621

C.E.: hidro @ itdg.pe

### - PUCP - Sección Electricidad y Electrónica

**Raúl del Rosario**

Av. Universitaria Cdra. 18

Lima 32, Perú.

Tel. 462-2540 (304)

Fax 51-14-618253.

C.E.: rdelros @ pucp.edu.pe