

HIDRORED



RED LATINOAMERICANA DE

MICRO HIDROENERGIA

ISSN 0935 - 0578 **1/94**

Estimado lector,

HYDRONET apareció por primera vez en 1988 con la intención de constituir redes regionales que integrasen tanto experiencias como personas interesadas en la micro-hidrogenación (MHG). Hoy en día existen varias redes regionales, como HIDRORED en América Latina, que cuenta con expertos de cinco países que trabajan en forma conjunta y regular y publican la versión española de HIDRORED.

HIDRONET, versión independiente de HYDRONET en Bhasa Indonesia, es editada por Mandiri, la institución más activa en MHG, para los lectores de ese país y Malasia. Asimismo, existe un gran intercambio de experiencias entre los programas de MHG de Nepal, Sri Lanka e Indonesia. Los editores están dando los primeros pasos para trasladar la publicación de HYDRONET de Europa a Sri Lanka para 1995.

Como consecuencia del esfuerzo conjunto por construir una red internacional, se ha creado un nuevo grupo: el Mini Hydro Power Group (MHPG), integrado por instituciones europeas relacionadas con la energía hidráulica. Este grupo se encarga de coordinar las actividades de los miembros europeos en este campo y de presentar casos sobre MHG a la discusión internacional.

Uno de los medios para realizar esta tarea consiste en la presentación regular de suplementos en la revista internacional HYDROPOWER & DAMS especializada en temas de energía hidráulica. Los dos primeros suplementos acaban de aparecer y forman la primera mitad de la presente edición de HIDRORED así como de las futuras. La otra mitad consiste de artículos en el estilo tradicional. Creemos que este cambio no sólo mejorará la calidad de los contenidos HIDRORED sino que dicha inclusión por lo menos ampliará el número de lectores.

Reinhold Metzler.

**Tema:
¿Es la
MHG un
buen
negocio?**

Chidro energia

Colturbinas
Colombiana de Turbinas

HIBS
HIDROIRANTI INTI BAKTI SANGAYA
MICROHYDRO SYSTEMS

ENERGOIMPORT

HIDRONET
LA ENERGIA AL SERVICIO
DEL AREA RURAL DEL PAIS

JOMECA LTDA
MARC REGISTRADO

काठमाडौं ग्रेटल इन्डिया
च ३ - पार नेशन क
काठमाडौं ३ नेपाल ।
फोन : २२४०६९
P. O. Box 4889

光明牌
微型发电机, 小轮发电机组

NEPAL HYDRO
ELECTRIC (P)
Po. box NO. 1
Butwal Nepal
Phone : 073-20-465
Telex 2315 UMNEPA NP



Nuevas Perspectivas para los Sistemas de MHG conectados a la Red

por Jorge Senn

Las pequeñas centrales hidráulicas (PCH) conectadas a la red son sistemas bastante conocidos en EE.UU., Canadá y los países europeos. Estas pequeñas instalaciones privadas suministran el exceso de energía que producen a la red obteniendo así un ingreso adicional. Las reglas son completamente claras y las instalaciones deben cumplir una serie de estándares legales, técnicos y de seguridad.

Hasta hace unos pocos años, esta alternativa no se conocía en América Latina (AL), no sólo debido a restricciones técnicas sino porque la carencia de leyes la hacía imposible. La realidad era que las principales actividades vinculadas con el suministro de energía (generación, transporte, distribución y comercialización) estaban en manos de los monopolios estatales. Las leyes estaban dadas para proteger tal situación, con la sola excepción de algunas instalaciones alejadas donde no era posible su conexión a la red.

Efecto de esta política sobre los sistemas de micro hidrogenación

En la mayoría de los países de AL la política legal ha reducido la posibilidad de instalación de PCH sólo a las zonas muy alejadas, siendo estas centrales por lo general de propiedad privada o comunitaria.

En los últimos años las redes nacionales han llegado a algunos pueblos que ya tenían una PCH. En tales casos el siguiente paso era conectar la PCH a la red, debido a que la mayoría de veces esta red está más disponible que la PCH, ofrece asimismo una potencia relativamente ilimitada, es más fácil de mantener y está asociada con menos conflictos sociales.

Sin embargo, más tarde surgieron problemas de índole sindical, vacaciones, pedidos de aumento de sueldo, etcétera, que condujeron al cierre de las PCH.

Por otro lado, aunque los sistemas de MHG de propiedad comunal han luchado por su propia supervivencia les ha sido muy difícil lograr su uso productivo. Los factores de carga están alrededor del

10% y aún menos, con altos picos durante algunas horas y con muy poco consumo en la mayor parte del tiempo.

Nuevas perspectivas

Desde la puesta en marcha de las nuevas políticas y modelos económicos (economía de libre mercado), han surgido otras perspectivas para la MHG. En la mayoría de los países ya se han modificado las leyes para la regulación de la energía. Ello ha abierto totalmente la posibilidad tanto a personas como a instituciones para instalar PCH y vender electricidad a otras personas o a la red.

En muchos casos dicha posibilidad no es aún lo bastante conocida porque las leyes no están bien implementadas o no hay disponibilidad de fondos, entre otras causas. Pero el principal problema es que no hay la suficiente promoción.

Aquellas antiguas PCH que fueron abandonadas cuando el sector rural se conectó a la red, pueden ser rehabilitadas y, en algunos casos, conectarse a la red convirtiéndose así en una nueva fuente de ingresos para sus propietarios.

Aspectos técnicos

Una PCH conectada a la red puede contar con un generador síncrono o uno asíncrono (motor de inducción operando a la inversa). Instalar un generador síncrono tradicional en paralelo a la red significa emplear un sincronizador y un conjunto de circuitos auxiliares para la regulación y protección. Por otro lado, los generadores de inducción son una alternativa interesante y de menor costo que los síncronos además de que su operación requiere menor entrenamiento. En muchos casos, constituyen la mejor solución.

Las ventajas son las siguientes:

- Menor número de piezas del generador y mayor acceso en el mercado.
- No requieren de regulación de voltaje ni de frecuencia porque ambas son impuestas por la red.
- No requieren de sincronización con la red.

Para operar el generador de inducción

(GI) se abre la válvula de compuerta hasta una posición tal que el GI alcanza una velocidad cercana a la sincronización. Después se le conecta y el GI comienza a operar como un motor por un período corto. Después se incrementa el caudal hasta alcanzar la máxima potencia (o la potencia deseada según el caudal disponible). El GI empieza a generar electricidad cuando su velocidad sobrepasa la velocidad de sincronización.

A pesar de que la red provee la potencia reactiva necesaria para arrancar, es conveniente usar condensadores para elevar el factor de potencia. Sin embargo, se recomienda no conectarlos antes de que el sistema esté en paralelo, o de lo contrario se producirá una auto-excitación que puede dañarlo.

La conexión de una PCH en paralelo a la red significa un mejor aprovechamiento de la energía, maximizando su uso durante los períodos de alta disponibilidad de caudal. La PCH seguirá por consiguiente la curva de duración de caudal lográndose así optimizar su viabilidad económica.

La PCH «El Tigre»

Como un ejemplo de lo expuesto, se presenta en seguida una descripción de la PCH «El Tigre», que en la actualidad está en proceso de ejecución en la provincia de Misiones (Argentina) a través de un programa-acuerdo de MHG suscrito por GATE/GTZ-SKAT-CREDPHI (Centro Regional de Desarrollo de Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos), que depende de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Misiones-Argentina.

La comunidad adyacente a la PCH es pequeña y cuenta con el suministro parcial de una extensión de la red de electricidad rural que usa un sistema de fase simple que pertenece a una cooperativa (Cooperativa Eléctrica de Oberá-CELO).

La PCH va a ser operada mediante un acuerdo suscrito entre el CREDPHI y CELO. Esta última será la que comprará la electricidad generada por la PCH (monto a pagar: 0.06 US\$/kWh). Existe la posibilidad de cambiar de una fase simple a una trifásica para tener la opción de su conexión a la red. Han pasado muchos años desde que se tuvo la intención



de instalar una PCH pero las restricciones mencionadas anteriormente lo impidieron. Ello recién es posible ahora gracias al nuevo ordenamiento legal.

Las características técnicas de la central se muestran en la tabla de abajo.

Datos económicos

El costo total de la instalación se estima en US\$145,000, incluyendo la distribución eléctrica y los transformadores. De acuerdo al caudal disponible estimado de la curva de duración de caudal, la energía aprovechable es de $E=455,000$ kWh/año. Considerando a 0.06 US\$/kWh, esto representa un ingreso anual bruto de US\$27,300. Una vez deducidos los gastos de mantenimiento, operación, repuestos, impuestos, etcétera, encontramos que se trata de una inversión favorable, especialmente en este caso ya que el precio es conveniente debido al carácter experimental del sistema. El costo producido para el usuario es de 0.18 US\$/kWh (libre de impuestos).

Por consiguiente, resulta interesante analizar la nueva situación y la conveniencia de poner en funcionamiento las antiguas PCH que quedaron fuera de servicio junto con nuevas plantas tanto aisladas como conectadas a la red.

"El Tigre": características técnicas

Caída, $H=35\text{m}$

Caudal de diseño, $Q=0.68\text{ m}^3/\text{s}$

Potencia instalada, $P=120\text{ kW}$

Obra civil:

- Concreto simple.
- Canal de tierra (tierra y roca), $L=400\text{m}$
- Tubería ($D=0.64$, $L=100\text{m}$)
- Casa de fuerza de ladrillo ($5\text{m} \times 8\text{m}$)

Equipo electromecánico:

- 2 turbinas tipo SKAT T-12 de 80 kW y 50 kW.
- 2 generadores de inducción de 90 kW y 50 kW.
- Paneles eléctricos con conexiones principales en paralelo, llaves auxiliares, contadores de energía, condensadores, dispositivos de seguridad, etc.
- Transformador 380 V/13.2 kV.

Jorge Senn
Atahualpa s.r.l.
Avda. Beltrame 1511
3360 Oberá, Misiones, Argentina

Privatización de la electricidad en la India: Perspectivas

En setiembre de 1990 el Ministerio de Energía anunció su decisión política de permitir al sector privado participar en la generación de energía. Pero el desarrollo energético requiere una alta e intensa inversión de capital así como de un largo período de gestación, razones que no lo hacen muy atractivo para el sector privado. Por ello el gobierno ha tratado de ofrecer ciertos incentivos para atraer la participación de ese sector en la generación de energía.

El esquema propuesto por el Ministerio de Energía amplía el campo de la inversión privada en el sector electricidad y se basa en las enmiendas a la legislación eléctrica anterior. La nueva política ha elevado la tasa de retorno, permite un 100% de igualdad en la participación foránea sin restricción en la repartición de dividendos, permite la importación de maquinaria si está atada a la posibilidad de concesión de créditos, y ha estipulado una depreciación más alta que las permitidas por los servicios estatales así como apropiaciones especiales, ambas para obligaciones del servicio de deudas. Además los impuestos e ingresos se tratan como gastos, lo que permite hacer efectivo el impuesto permitido ROE (retorno con equidad).

Las condiciones son las siguientes:

- Asegurar que el inversionista incorpore recursos adicionales. Por lo menos 60% del desembolso debe provenir de fuentes diferentes de las instituciones de financiamiento público de la India.
- Los promotores deben aportar por lo menos 11% del desembolso.
- El sector privado venderá energía al SEB (Dirección Estatal de Electricidad) sobre la base de una tarifa en dos partes la cual será fijada con referencia a las normas de operación (eficiente) y a un óptimo PLF (factor de carga de la planta).
- Las plantas del sector privado operarán bajo una disciplina de red siguiendo las pautas de los comités regionales de electricidad.

Campo para el sector privado

En la India la electricidad está bajo el control del gobierno central así como de los gobiernos estatales y, por lo tanto, el sector privado tiene que contar con la aprobación de ambos. El marco legal que regula la generación, el suministro y

la distribución de energía proviene principalmente de tres fuentes: direcciones estatales de electricidad/departamentos de electricidad, licencias y compañías de generación de propiedad del gobierno. Las leyes existentes relacionadas con la generación y distribución de electricidad tienen que sufrir una cuidadosa modificación a fin de impulsar la participación del sector privado.

A partir de las enmiendas al Acta (suministro) de Electricidad de 1948, al sector privado ahora se le permite participar en la generación de energía así como venderla a los SEB merced a acuerdos contractuales por períodos específicos.

Alto costo financiero de la energía privada

Cuando se instala una nueva central, no existe *a priori* una razón por la cual una central privada deba ser más costosa que otra que no lo es. Sin embargo, existen diferencias importantes que hacen que el financiamiento de una planta privada sea más caro. La más significativa es la diferencia de política gubernamental al permitir una mayor depreciación, una mejor estructura de capital, mayor ROE y una mejor estipulación en la tarifa, por el servicio de la deuda de la inversión privada.

Aplicación de la tarifa en dos partes

La intención de una tarifa en dos partes para la generación privada es asegurar que las compañías perciban sus costos fijos independientemente de sus rentas de energía.

Los costos fijos incluirían:

- interés del préstamo de capital.
- depreciación.
- gastos de operación y mantenimiento
- retorno con equidad.
- interés del capital de trabajo.
- impuestos, sobre las ganancias.

Los costos variables se recuperarán a través de las ventas reales de energía. La idea es que los costos fijos cubran ampliamente los costos a fondo perdido y que no cambien con los niveles de generación de las centrales, mientras que los costos variables representan los costos adicionales relacionados con la generación real y varían directamente con los niveles de generación alcanzados.

Una ventaja importante de la tarifa en dos partes es que el comprador conoce



cuál es el incremento del costo que debe pagar por cada unidad de energía que se consume de la central hidráulica. Si resulta ser más barato que el costo variable de la central propiedad del comité, el comité puede verse motivado a comprar la energía sin ningún conflicto de intereses comerciales. Por otro lado, si los costos variables fuesen más altos que los del comité, este puede justificar el no comprar la energía, excepto aquella generada por sus propias fuentes.

Conclusiones

Cuando el planteamiento teórico de la privatización se confronta con la realidad, surgen dificultades prácticas que hay que encarar, como por ejemplo el alto costo de la generación privada comparado con el bajo costo de la generación pública y los conflictos de propósitos de las empresas pública y privada. Sin embargo, se espera que la participación del sector privado en los proyectos de energía incrementará la eficiencia de las operaciones en este campo. La participación del sector privado se visualiza como un medio para atraer recursos adicionales que ayudarían a reducir el vacío entre la generación y la demanda de electricidad.

Fuente

TIDE No. 4, Dic. 93

Tarifas y evaluación financiera

por Alex Arter y Ueli Meier (*)

Las tarifas son la parte crucial de cualquier esquema de electrificación. En muchos casos no son económicamente viables y conducen al fracaso del proyecto. La fijación de precios incluye economía pura por un lado y política pura por el otro, y frecuentemente ambos aspectos se contrarrestan. Por ejemplo, cuando existe una red nacional cercana, sería muy difícil fijar un precio distinto al establecido por 'ellos' salvo que sea más barato. A menudo el abastecimiento nacional se encuentra fuertemente subsidiado y por lo tanto es difícil de competir económicamente con ese servicio.

El dispositivo que se requiere para obtener precios realmente bajos es el factor carga: cuanto más se acerca la generación de energía al 100% de la producción nominal, más competitivas serán las tarifas. Además de incrementar el factor carga, digamos del 40% al 80%, casi nada más cuenta. Sin embargo, también es cierto que el factor carga es un círculo vicioso. Si se reduce, sus precios aumentarán, se perderán los

clientes y se perderá mayor carga.... numerosos mini-proyectos hidroeléctricos han desaparecido justamente debido a este mecanismo.

Resulta difícil establecer estrategias integrales para una exitosa fijación de precios, sin embargo a continuación presentamos algunos métodos y cálculos para la estimación de tarifas, así como ciertos criterios para establecer una estructura tarifaria.

1. Determinación de tarifas

Un enfoque tradicional empezaría con un inventario y una evaluación de todos los bienes de los cuales se derivan los costos relacionados con la capacidad anual o los kilowatts, luego de la aplicación de ciertas reglas de depreciación. También existe la evaluación de todos los costos de operación, como el combustible, que conduce a los costos relacionados con la energía o con los kilowatts/hora. Para una electrificación basada en energías renovables como las micro-estaciones hidroeléctricas, por ejemplo, esta partida sería casi insignificante. Ciertos costos, como el de mantenimiento, tienen componentes fijos y componentes variables y son asignados de esa manera. Finalmente, algunos costos como la lectura del medidor, se relacionan al consumo y no a la capacidad o demanda de energía.

Ahora bien, todos estos costos deben ser cargados a la cuenta del consumidor de la manera más equitativa posible, por medio de una estructura tarifaria apropiada. Una investigación sobre el nivel de demanda de los consumidores (investigación de carga) le permite al proveedor de energía identificar el consumo máximo de cada tipo de consumidor y así llegar a los costos relacionados con la capacidad. A dichos costos se les agrega los costos relacionados a la energía y a los usuarios, y de esta manera se establece una tarifa para cada tipo de consumidor basada en los costos.

Por lo tanto, en una cuenta típica pueden aparecer varios elementos: por ejemplo un cargo fijo o mínimo para cubrir los costos del usuario; un cargo equivalente a los kilowatts para recuperar los costos de capacidad; y por supuesto, un cargo equiva-

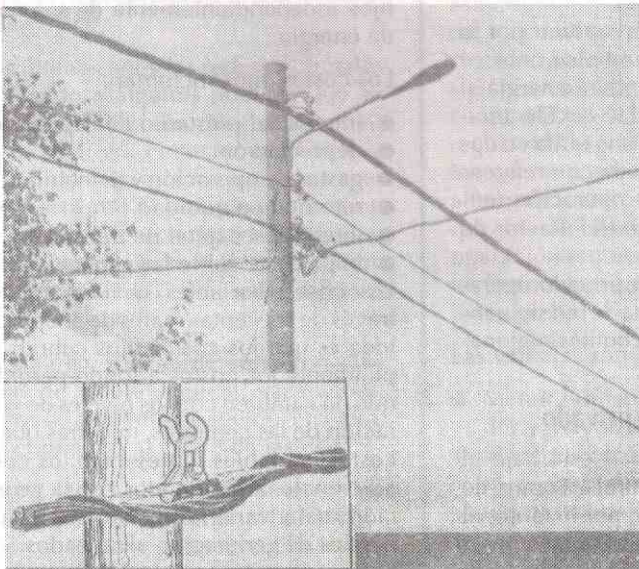
(Continúa en la página 16)

DETEC

NOKIA

CONDUCTORES AUTOPORTANTES DE ALUMINIO TIPO AMKA PARA ELECTRIFICACION RURAL Y URBANA

Conductores 30% más económicos, economía en accesorios de línea, mano de obra, postes, baños más largos, tendido en paredes, menor clandestinaje, mejor aislamiento (KLPE), menor caída de tensión, menor inversión inicial, confiabilidad y seguridad.



DESARROLLOS TECNOLÓGICOS S.A.
 Pasaje Los Pinos 190
 Ofc. 801, Miraflores
 P.O. Box 0482, Lima
 18-Perú

Presentación de un nuevo foro para el debate de la Mini Hidrogeneración

Uno de los aspectos más intensamente debatidos en el campo de la MHG es el relativo a los costos. La variación de los costos de estos proyectos es mucho más amplia que la de los grandes proyectos, desde los muy caros hasta los sospechosamente baratos. Existen muchas razones para esta variación: en un extremo se encuentran los proyectos hechos a una escala reducida de los grandes proyectos, donde uno encuentra la casa de fuerza completamente perdida dentro del complejo habitacional del personal; y en el otro extremo están los proyectos con un diseño para una corta vida útil y una casa de fuerza que ni siquiera cuenta con una vía de acceso. Cada solución puede ser válida y las diferentes filosofías de diseño serán discutidas y demostradas en estos suplementos.

Algunas de las ventajas de los proyectos pequeños es que son rápidos de planear y construir, usan equipo relativamente fácil de seleccionar y fabricar, causan a menudo muy poco impacto ambiental y pueden emplear componentes de bajo costo, como tuberías de plástico y reguladores electrónicos, los cuales no son una opción en los grandes proyectos. Además, los proyectos de MHG pueden hallarse en los proyectos de suministro de agua y de irrigación recuperando energía. Por otro lado, el hecho de que el desarrollo de países como Gales y Sri Lanka se haya iniciado sobre la base de instalaciones aisladas y pequeñas, implica que estos proyectos tienen muchas posibilidades de rehabilitación.

Pero también presentan problemas. Estos incluyen costos fijos relativamente altos de planeamiento, aspectos legales, y algunas tareas de mantenimiento, la competencia de proyectos subsidiados de extensiones de la red; los requerimientos complejos de conexión a la red y la falta de personal especializado donde la actividad se realiza en un bajo nivel. Por otra parte, la financiación es a menudo difícil de obtener ya que el nivel de la inversión se encuentra por debajo del límite fijado por muchas instituciones.

No obstante lo señalado, se ha tenido mucho éxito en China, Vietnam, Nepal, Indonesia y Perú donde existen mercados saludables



Foto: L. Caine ITDG

para la MHG. En la China, la MHG ha constituido un pilar para la política de desarrollo rural. En Nepal, una de las naciones menos industrializadas, se han beneficiado un millón de personas de la industria local de micro y mini generación. En Vietnam, se encuentran turbinas estandarizadas desde US\$25 para grupos de 200 W. En Alemania y Suiza, existen más de 400 mini grupos alimentando la red. En Sri Lanka, los grupos instalados allá por 1920

operan aún y muchos más están siendo rehabilitados con la ayuda de modernas técnicas electrónicas y eléctricas.

Con suplementos como este, que aparecerán en cada número de Hydropower & Dams, esperamos incentivar el uso de esta opción en el futuro y ventilar muchos de los aspectos que no son de orden técnico y que afectan a la mini y micro hidrogeneración en el mundo.

Mini Hidro Power Group

El presente suplemento ha sido recopilado por el Grupo de Minihidrogeneración (MHPG), que es una asociación que está integrada por las siguientes organizaciones: el Centro Suizo para el Desarrollo y Cooperación en Tecnologías y Administración (SKAT); el Grupo de Desarrollo de Tecnología Intermedia (ITDG), del Reino Unido; la Asociación para Tecnologías Apropriadas (FAKT) y la Consultoría de Proyectos (PC), de Alemania.

El equipo internacional mencionado tiene particular experiencia en el campo de la micro y minigeneración en el mundo y reflejará en estas páginas los aspectos técnicos e institucionales que afectan a este sector. Su enfoque se orienta a los proyectos ubicados al extremo de la escala, a menudo con potencias por debajo de 1MW, los que muestran diferentes oportunidades y retos comparados con los grandes proyectos tratados comúnmente en la revista.

Comité editorial

A.P. Brown (Editor Coordinador), R. Metzler (FAKT), T. Scheutlich (PC), W. Fuchs (SKAT) y A.B. Harvey (ITDG).

Premio de Sri Lanka reconoce logros en Micro Hidrogeneración

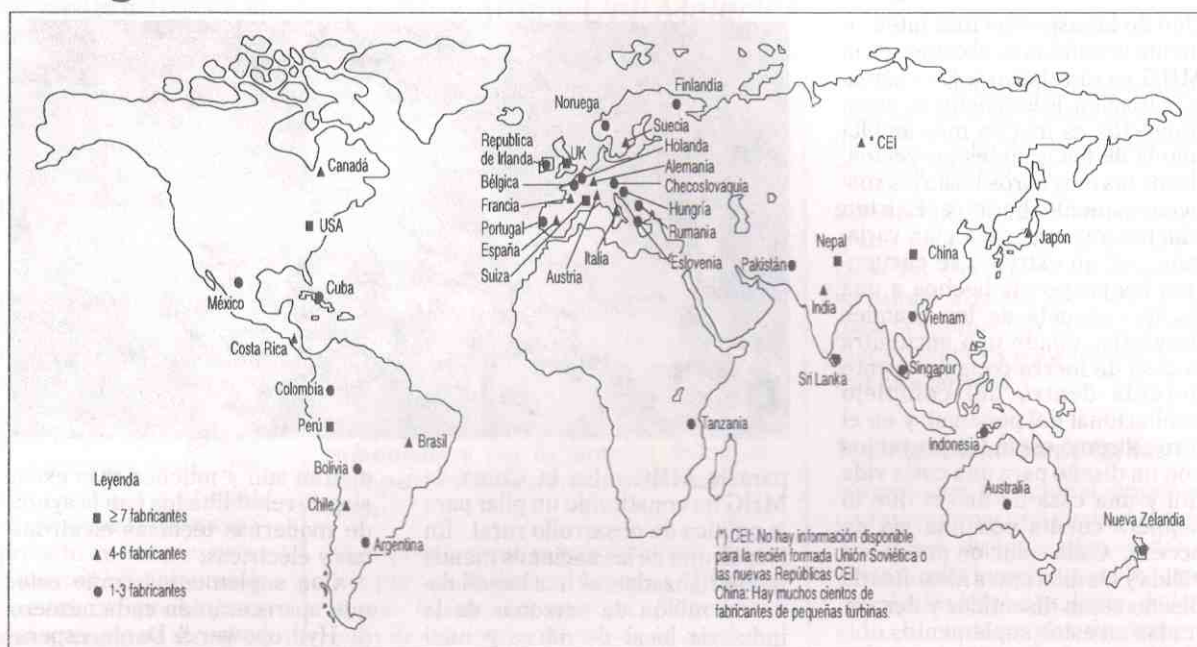
En reconocimiento de los logros extraordinarios en el campo de la administración, conservación y sustitución de la energía, la Asociación de Administradores de la Energía de Sri Lanka ha otorgado un premio al Grupo de Desarrollo de Tecnología Intermedia (ITDG) por su trabajo pionero en el desarrollo sostenido de microcentrales hidroeléctricas para la electrificación rural basado en la comunidad.

El premio ha sido auspiciado

por la Corporación de Petróleo de Ceylán y fue entregado en diciembre por el Sr. Chandra Bandara, Ministro de Fuerza y Energía.

El trabajo presentó una metodología desarrollada a partir del estudio de cuatro proyectos comunitarios de micro hidrogeneración recientemente ejecutados en áreas remotas de la isla. Los cuatro proyectos usan pequeños grupos para la iluminación y fueron iniciados por pobladores innovadores.

Capacidad mundial para la fabricación de turbinas para la Micro Hidrogeneración



El mapa de arriba muestra la distribución geográfica de los fabricantes de pequeñas turbinas hidráulicas alrededor del mundo. La principal fuente de datos es *The Power Guide* y también se han utilizado fuentes secundarias para añadir a los fabricantes en el rango de 0.3 MW a 1 MW. El resultado no es pues un estudio exhaustivo sino sólo una buena visión de la ubicación de los fabricantes del mundo interesados en la mini hidrogeneración.

Si se hubiera omitido alguna zona con capacidad de fabricación toda información será bienvenida. Cualquier nuevo dato será añadido una vez que pongamos al día nuestro mapa.

El cuadro que emerge de esta recopilación es muy diferente de aquel de los fabricantes de grandes turbinas. En este caso están involucrados un amplio grupo de países tanto geográficamente como en términos de riqueza. Nepal, Pakistán, Costa Rica y Vietnam no son países precisamente conocidos por su participación en la fabricación de grandes turbinas, pero sí tienen una importante capacidad para fabricar máquinas pequeñas.

Africa aparece como un área de fabricación a pesar del hecho de que existen proyectos planeados para cubrir el 50% de la capacidad instalada del continente.

Fuentes

1. *The Power Guide*, Intermediate Technology Publications, Londres, R.U., 1993.
2. *Mini and Micro Hydro Turbine Manufacturers*, ITDG Database, Rugby, R.U., 1992.
3. *The International Journal on Hydro Power & Dams*, U.K., 1994.
4. Rolf Widner, SKAT, Suiza, (investigación por correspondencia) 1993/94.
5. Reinhold Metzler, FAKT, Alemania, (investigación por correspondencia), 1993/94.

Equipamiento para la generación en pequeña escala: Catálogo de fabricantes

Una de las restricciones que suelen afrontar las opciones de suministro de electricidad para las áreas remotas es la falta de información sobre el equipo de generación en pequeña escala.

En el seminario «Diseminación de Estrategias sobre Energías Renovables», realizado en Londres el 28 de enero de 1994, se presentó la obra *The Power Guide - An international catalogue of small scale energy equipment*, que viene a llenar ese vacío.

El libro en mención se concentra en el equipamiento por debajo de 250 kW de capacidad y abarca maquinaria hidráulica (incluyendo arietes hidráulicos, etcétera) aerobombas, aerogeneradores, biomasa, energía solar foto-voltaica y motores de combustión interna producidos por unos 500 fabricantes de 40 países. Asimismo, contiene información detallada sobre 300 fabricantes y agentes conocidos relacionados con la energía hidráulica, lo cual

constituye una gran ayuda para la selección de opciones.

Lo particular de este libro es que se concentra en maquinaria pequeña y realiza un estudio de lo que se produce en los países en vías de desarrollo. También discute y facilita comparaciones entre varias opciones (biomasa, hidráulica, solar, eólica y Diesel), constituyendo un valioso complemento para la extensión de la red/hidráulica/diesel mediante estudios comparativos para proyectos pequeños en zonas apartadas.

The Power Guide está disponible en IT Publications, 103/105 Southampton Row, London WC1BHH, United Kingdom.

Nuevas oportunidades para la Mini Hidrogeneración mediante desreglamentación y privatización

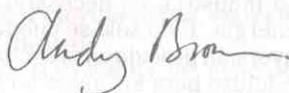
Los mercados de electricidad están cambiando rápidamente en el mundo. Los gobiernos apuntan cada vez más al sector privado para satisfacer de un lado la creciente demanda en muchos países en vías de desarrollo y de otro por presiones hacia una reducción de las inversiones en los países desarrollados.

La mayoría de los países industrializados han establecido algunos mecanismos para propiciar la inversión privada en fuentes renovables. Un ejemplo es el proyecto para Inglaterra y Gales (ver informe en esta página). Dichos mecanismos se han complementado a menudo con un proceso de la des-reglamentación a fin de permitir a las empresas privadas vender más fácilmente la electricidad a la red y, en algunos casos, por primera vez directamente al consumidor.

Los mercados potenciales más grandes para la micro hidrogeneración se encuentran en los países menos industrializados. Estos tienden a una des-reglamentación creando así más oportunidades para la industria. En el artículo sobre Indonesia que aparece a continuación se citan algunos ejemplos alentadores sobre proyectos de PCH desarrollados de una manera diferente de la tradicional de dos opciones: a saber, empresas del gobierno o empresas privadas generando para sí mismas. Dicho artículo presenta también una entrevista a un funcionario del gobierno vinculado a la política de electrificación, quien muestra una actitud positiva y realista para cambiar la legislación y crear un ambiente propicio para la inversión y fabricación local.

El uso de mini redes -que ha constituido un pilar importante en el programa de electrificación de China-, así como la creación de tecnología y procedimientos apropiados para la conexión a las redes, son fundamentales para el desarrollo del mercado. Hoy la tendencia es hacia un aumento de las tarifas de electricidad para cubrir los costos del suministro. No obstante, donde sea necesario usar subsidios se debe permitir tanto las PHG como las grandes empresas públicas.

En la presente edición de *Mini Hydro: Política y Práctica*, se han discutido algunos trabajos estimulantes que esperamos hayan contribuido al importante debate internacional sobre los diversos aspectos de la des-reglamentación. Cuanto más rápido se adopten estas ideas, mayores serán las oportunidades para el desarrollo de la industria de la MHG.



A.P. Brown, Editor Coordinador

Curso sobre proyectos de MHG en las Filipinas

El último curso de la serie organizada por el Mini Hydro Power Group tendrá lugar del 3 al 28 de setiembre próximo en Cebú-Filipinas.

El curso será dirigido por ITDG en colaboración con la red SIBAT de Filipinas. Tiene interés especial para proyectistas de países en vías de desarrollo, planificadores de energía rural y financistas o técnicos activamente involucrados en el diseño e instalación de centrales de generación eléctrica o procesamiento mecánico en las áreas rurales.

Parte del equipo de enseñanza estará compuesto por expertos de Europa, E.E.UU., Nepal, Sri Lanka y otros países. El curso cubrirá un amplio rango de tópicos que van

desde la generación de energía eléctrica, estudios de factibilidad, análisis financiero, planeamiento participativo, política de subsidios y créditos, hasta la fabricación local de turbinas.

Las solicitudes de participación en el curso se encuentran disponibles.

Contacto: Adam Harvey, Micro Hydro International Training Course, ITDG, Myson House, Railway Terrace, Rugby, CV21, 3 HT, UK, Tel: +44 788 560631, Fax: +44 788 540270.

También se puede obtener información de: Victoria Lopez, SIBAT, Room 303, Concepción Bldg (Kamayan-Saisaki Bldg) 15 West Avenue, Quezon City, Philippines. Fax: +63 2973220.

Acuerdo sobre combustibles no fósiles (NFFO) estimula uso de nuevas energías en Reino Unido

Ya está en camino la tercera etapa de un plan que tiene el propósito de contribuir a que los proyectos de generación de electricidad que emplean energías nuevas y renovables ingresen al mercado de Inglaterra y Gales. Estas energías comprenden aquellas provenientes del viento, basura, mareas y olas. La política apunta a la reducción de las emisiones de CO₂, estimula el suministro de energía en forma sostenible y diversificada y promueve una industria competitiva internacional de energías renovables. En marzo de 1993, el gobierno del Reino Unido anunció su intención de trabajar con el objetivo de producir 1500 MW sobre la base de energías renovables para el año 2000.

Se espera que entre 300 y 400 MW de la nueva capacidad para el suministro a la red dentro del plazo de 15 a 20 años serán subsidiados. El plan incorpora un sistema competitivo de licitaciones que asegura que los proyectos con mayores perspectivas económicas y los más bajos subsidios prevalezcan sobre los más caros.

El plan se sustenta en una sobretasa adicional asignada a los recibos de consumo de electricidad. En 1992/93 la sobretasa fue del 10%, la cual ascendió a £1348 millones. Una gran parte de esta suma -alrededor del 98%- se dirigió a los generadores nucleares y el resto a las energías renovables. La Oficina de Control de Electricidad (OFFER) informa que esta proporción se aumentará al 6% en el período 1993/94.

Para este período se han inscrito varios cientos de proyectos de aprovechamiento hidráulico, la mayoría en el rango de la mini generación hidráulica, respuesta que ha sido calificada de «considerable». Para los propietarios de los lugares, consultores y promotores, el plan NFFO ofrece oportunidades para proyectos que de otro modo serían considerados marginales. Pero el proceso de licitaciones es bastante largo y complejo y ata un significativo capital de riesgo a proyectos que no tienen garantía de éxito.

Potencial de MHG en Indonesia

El aprovechamiento del potencial hidráulico natural de Indonesia no es nada nuevo. Durante el período colonial holandés se construyeron numerosas pequeñas centrales para la provisión de energía a muchas plantas de procesamiento que no contaban con otras fuentes alternativas. Muchas de las turbinas aún se encuentran en funcionamiento. En los últimos tiempos, el gobierno de Indonesia ha construido muchas micro y minicentrales para apoyar a la electrificación rural. Las estadísticas muestran, sin embargo, que en la actualidad se explota sólo una fracción del potencial existente. La mayor parte de este potencial se encuentra ubicado en las pocas pobladas islas de Sumatra, Kalimantan, Sulawesi e Irian Jaya.

Es probable que los proyectos de generación en gran escala para aprovechar estos enormes recursos sean apoyados por el gobierno en el futuro.

La poblada Isla de Java ofrece muchas oportunidades. Su rápido desarrollo industrial durante las dos últimas décadas ha incluido la explotación de los grandes aprovechamientos, cubriendo las crecientes demandas de la isla. Sin embargo, han quedado sin explotar una gran cantidad de pequeños aprovechamientos. Es necesario adoptar una estrategia que sea política y ecológicamente aceptable y que pueda integrarse a los sistemas de irrigación y agricultura tradicionales practicados en Java.

Esta nueva era en el desarrollo de la MHG en Java puede presentar buenas oportunidades de negocio en el ámbito rural y eventualmente alimentar y estabilizar la red nacional con una potencia significativa. En Java Occidental, la GTZ (Agencia Alemana para Cooperación Técnica) viene trabajando con fabricantes y organizaciones locales para desarrollar la mini y micro hidrogeneración dentro de estos lineamientos.

Cuando la microgeneración se convierte en minigeneración: de 10 a 500 kW

Los pueblos vecinos de Jambalaer y Curugagung de Java Occidental no se encuentran en la actualidad conectados a la red, pero existe un canal de irrigación

con un caudal mínimo anual de alrededor de 3 m³/s que fluye a lo largo de los dos pueblos. Además hay tres saltos ubicados estratégicamente a lo largo del canal y cerca a los centros de carga de los

pueblos, totalizando un potencial hidráulico por encima de 0.5 MW.

La pequeña compañía PT Hidropiranti Inti Bahkti Swadaya (HIBS), especializada en micro hidrogeneración y ubicada en



Uno de los tres saltos en el canal de irrigación cerca de los pueblos de Jambalaer y Curugagung en Java Occidental.

Perspectivas futuras para la MHG en Indonesia

En seguida presentamos un resumen de la entrevista con el Sr. Tjarinto, Jefe de la Sub-Dirección de Electrificación de Pueblos de la Dirección General de Electricidad y Desarrollo de Energía y Ministro de Minas y Energía de Indonesia.

Actualmente el sector energía de Indonesia está experimentando un importante proceso de des-reglamentación, ¿cuál cree Ud. que será el impacto en la inversión privada futura en el campo de la generación de energía?

El PLN no puede mantener el ritmo de los rápidos requerimientos de expansión, que se han duplicado cada cinco años durante las dos últimas décadas. Por consiguiente, si se va a mantener el presente nivel de crecimiento industrial es necesario que se satisfagan los requerimientos de energía. Esto sólo se puede alcanzar si se logra la participación de la inversión privada en el sector energía. Por lo tanto, preveo un saludable futuro para los inversionistas privados en energía.

¿En qué condiciones y a qué precio comprará el PLN la energía de las empresas privadas?

En 1993 se dio la legislación que facilita el establecimiento de centrales de energía en Indonesia por parte del sector privado. Las negociaciones para el precio de compra de energía de la central privada de Paiton de 2x600 MW finalizaron en febrero de este año, habiéndose establecido en US\$8.56/kwh. A partir del 13° año en adelante ese costo se reducirá a \$5.54, siendo la duración del acuerdo de 30 años.

Obviamente, el objetivo primario de la des-reglamentación del sector energía es atraer la inversión hacia los proyectos de energía de gran escala. Con referencia específica a las fuentes renovables de energía y en particular a la micro hidrogeneración ¿está el gobierno preparado para permitir la conexión a la red de los productores de bajas potencias y adoptar estrategias de incentivos -por ejemplo, procedimientos de licencias ágiles, ofrecimiento de reducción de impuestos, altas tasas de compra, alivio de restricciones a la importación etcétera- que permitan atraer las inversiones en este sector?

Las adiciones y enmiendas al proyecto de legislación antes mencionado aún están por terminarse, pero los pequeños productores tendrán un acceso definitivo a la red. Se entiende que los procedimientos de alivio e incentivos serán necesarios para estimular el desarrollo del

Etapas de desarrollo de la Minired privada

Etapa	Año	Central	Capacidad (kW)	Inversión (10 ⁶ Rp)	Salto (m)
Piloto	1992	Curugagung	1 x 15	20	6
I	1994	Sindangcai	2 x 60	255	12
I	1995	Sindangcai	2 x 60	200	12
II	1996	Melong	4 x 35	400	7
III	1997	Situhayang	2 x 110	300	22
III		Cikadu	1 x 20		6
Total			63.5	1175	

Bandung, propuso la explotación de este potencial mediante el establecimiento de una mini red privada abastecida por 12 unidades de generación para los requerimientos de plena carga de aproximadamente 3000 hogares y algunas pequeñas industrias. Los 12 grupos se están implementando en 4 eta-

pas tal como lo muestra arriba la tabla.

Todo el equipo será fabricado localmente por HIBS. La tecnología requerida fue transferida como parte de la actividad del proyecto de micro hidrogenación de la GTZ durante su plan piloto en el periodo 1991-1994. La turbina es

del tipo de flujo transversal diseñada por SKAT, el sistema de control consiste en reguladores de generadores de inducción (IGC), reguladores electrónicos de carga (ELC) y reguladores digitales de turbinas (DTC 12). Los generadores sincrónicos y de inducción disponibles localmente son accionados mediante poleas planas de alta eficiencia.

sector, mientras tanto los detalles todavía están por decidirse. Se pueden discutir las tasas de compra para microcentrales basándose en los costos de grupos Diesel, los cuales varían entre 200-250 Rp/kWh (unos US\$ 10 a \$12/kWh). Sin embargo, somos de la opinión que para el sector de la micro hidrogenación, se debe dar prioridad al desarrollo de la capacidad de fabricación local sobre los bienes importados. El equipo de micro hidrogenación ya se produce localmente.

Además de la conexión a la red del PLN, una minired privada con bajos costos específicos de inversión -lo cual sería posible usando equipo estandarizado producido localmente-, podría estimular a las empresas basadas en los pueblos. Para facilitar tal proceso, un pre-requisito sería la obligación del PLN de no suministrar energía a ciertas áreas específicas. ¿Puede esperarse algo así en el futuro?

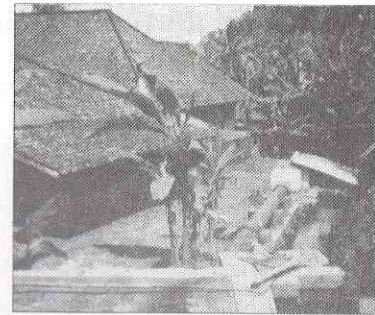
El estímulo de las actividades de generación por parte de la población rural está completamente dentro de la política global del gobierno para el desarrollo rural. Si los proyectos de una minired sobre la base de la mini y microgeneración pueden contribuir a este proceso, entonces se tendrá que tomar en consideración las medidas necesarias para facilitar este desarrollo.

¿Qué modelo considera Ud. como para la ejecución de los proyectos de mini y micro hidrogenación en Indonesia?

Logísticamente, para el PLN no es práctico para el PLN operar y administrar sistemas de mini y microgeneración. En la mayoría de los casos la capacidad administrativa y técnica de las comunidades rurales es insuficiente para asumir la plena responsabilidad en la operación de una PCH. Un modelo sostenible para aplicar tales proyectos puede ser un desarrollo conjunto entre la comunidad y un inversionista privado en micro hidrogenación, con una participación decreciente de este último.

En el pasado el gobierno ha apoyado el desarrollo de la mini y micro hidrogenación suministrando asignaciones anuales del presupuesto, ¿se puede contar con este apoyo en el futuro?

El gobierno continuará apoyando la explotación de las fuentes renovables de energía donde sea económicamente favorable. Sin embargo, los sistemas de micro y mini hidrogenación financiados por el gobierno tendrán prioridad en el futuro solamente cuando estén ubicados en las regiones fuera de Java, donde la extensión de la red no es una opción.

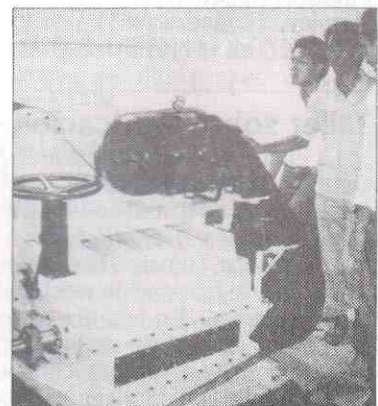


La minicentral hidráulica de Curugagung: una planta piloto para la minired privada

del tipo de flujo transversal diseñada por SKAT, el sistema de control consiste en reguladores de generadores de inducción (IGC), reguladores electrónicos de carga (ELC) y reguladores digitales de turbinas (DTC 12). Los generadores sincrónicos y de inducción disponibles localmente son accionados mediante poleas planas de alta eficiencia.

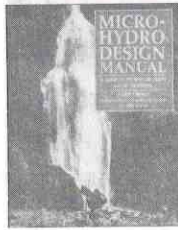
La etapa piloto de este proyecto terminó en 1992 y desde entonces ha suministrado iluminación nocturna a 130 hogares y energía para mover una sierra durante el día. Las primeras dos unidades de la etapa I ya están ubicadas en el lugar y empezarán a suministrar energía a la red a un bajo voltaje. La red operará a mediano voltaje después de que se instalen las otras dos unidades restantes de la etapa I. La unidad final que permitirá generar una capacidad total de 635 kW ha sido planeada para 1997.

Se ha proyectado establecer una compañía privada de electricidad con la participación de varios accionistas incluyendo a los pobladores del lugar, empresarios privados y el HIBS. Algunas cifras económicas claves del proyecto son: una inversión total de Rp 1155 billones (alrededor de US\$0.6 billones) que resulta en un costo específico de inversión de alrededor de Rp 2 millones/kW (unos US\$1000/kW) y una tasa de retorno interna calculada en 33%.



Turbina de flujo transversal de 15 kW instalada en la minicentral hidráulica de Curugagung.

Manual de diseño para la Micro Hidrogeneración: una guía para los sistemas de energía hidráulica en pequeña escala



Por: A. Harvey y A. Brown., P. Hettiarachi y A. Inversin; Intermediate Technology Publications, Londres, R.U., 1993. 374 páginas.

Esta es la clase de libro que constituye la delicia del joven ingeniero que trabaja en su primer diseño.

El texto cubre todos los aspectos de la energía hidráulica, eléctrica, además de otros tópicos: desde la energía potencial inicial y usos posibles, hasta fallas de diseño y reparaciones. ¡La sola revisión de sus páginas hace que el lector desee estar en el campo, cerca a una corriente y con una seria necesidad de energía como

excusa para ponerse a trabajar! Pero el libro comienza haciendo una clara advertencia: antes de sumergirse en la ingeniería real primero hay que considerar los problemas propios de operación y mantenimiento. Como cualquier otro proyecto de desarrollo, si no es sostenible, no tiene sentido seguir adelante con él.

En el libro se describen detalladamente técnicas simples de topografía y nivelación, tipos de materiales de tuberías y sistemas de unión recomendables, así como otros aspectos relativos a obras civiles, mecánicas y eléctricas que no se encuentran con facilidad en los demás textos de consulta.

Asimismo contiene buena información teórica sobre electricidad y mecánica, cosa que lo hará popular entre los ingenieros hi-

dráulicos en la medida que responda a sus necesidades inmediatas.

En él se pueden encontrar también muchos ejemplos de cálculo; además de un glosario, bibliografía, programas para calculadoras de bolsillo y una lista de proveedores en los apéndices.

El lenguaje que utiliza es directo y no demasiado especializado de modo que el libro pueda ser entendido por aquellos que no siendo ingenieros experimentados están involucrados en actividades tales como el planeamiento del desarrollo rural.

Precio: £25. De venta en IT-Publications, 103-105 Southampton Row, Londres WC1B 4HB, R.U.

Revisado por: Alan Reed, Technical Adviser-Africa, Oxfam, Londres, R.U.

Cursos sobre generación hidráulica en pequeña escala

En Dursley, Reino Unido, se viene dictando una serie de cursos prácticos sobre «Energía hidráulica en pequeña escala» a cargo de Water Power Engineering.

Los cursos han sido diseñados para dar una apreciación sobre la generación hidráulica en pequeña escala. Las clases son informales e incluyen una demostración real de operación de turbinas y la inspección de 10 tipos de turbinas históricas. Asimismo, cubren aspectos ambientales del uso de la energía hidráulica en pequeña escala.

El primer curso se realizó el 17 de mayo de 1994 y los demás se dictarán a lo largo del año.

Para mayores detalles contactar con: O. Goring, Water Power Engineering, Coaley Mill, Coaley, Dursley, Gloucestershire, GL11 5DS, UK (Tel: +44 [0] 453 890376).

Desarrollo rural de un nuevo regulador digital

La regulación electrónica de carga-concepto por el cual la energía se deriva a una carga secundaria o balasto para ajustar sus variaciones- se ha convertido en una buena solución para las minicentrales hidráulicas cuando no existe acumulación. Al hacer posible un caudal fijo con demanda variable, la regulación de carga representa un sistema de control simple y fuerte, pero permite sólo un control manual del caudal. Ello resulta adecuado sólo para los casos de centrales de derivación aunque representa un desperdicio de agua.

Mediante un proyecto conjunto, ka Sulzer Electronic, SKAT, BAWI y GTZ han desarrollado un nuevo regulador de bajo costo. Este combina las ventajas de la regulación de carga y la regulación de caudal incorporando facilidades de monitoreo. De acuerdo a ENTEC AG, la unidad denomi-

nada DTC12 está basada en el hardware SISOC Compact de la firma Sulzer Electronic. Sus principales características son:

- combina conceptos de regulación de carga y regulación de caudal, logrando alta precisión y confiabilidad a bajo costo;
- funciones estándar, incluyendo un regulador de frecuencia, control de nivel de agua, facilidades de sincronización y puesta fuera de servicio de emergencia.
- diseño modular y promoción con base-PC, que permite una fácil manipulación así como control remoto y monitoreo.

Para mayor información dirigirse a: ENTEC AG, Rosenburgstr. 72, CH-9000 St. Gallen, Switzerland. Fax: +41 71 232 571.

Taller sobre fabricación de turbinas en Zimbabwe

La encuesta sobre fabricantes de turbinas hidráulicas publicada en el número de marzo de 1994 de *Minigeneración Hidráulica: Política y Práctica*, remarcó la escasa capacidad de fabricación existente en el Africa. En julio de este año, ITDG Zimbabwe realizó un taller de transferencia de tecnología para entrenar fabricantes de

pequeñas turbinas de flujo transversal. El instructor fue Krishna Nakarmi, de Balaju Yantra Shala de Nepal, compañía con gran experiencia en la fabricación de pequeñas turbinas.

Durante el curso de tres semanas de duración cada participante de Zimbabwe y Uganda construyó una turbina. Con este taller se es-

pera acelerar considerablemente el lento crecimiento de la capacidad de mini hidrogeneración de la región.

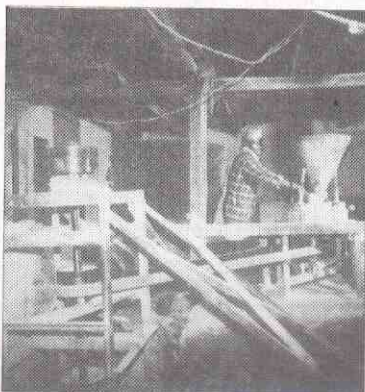
Para mayor información contactar con: Intermediate Technology Development Group, Myson House, Railway Terrace, Rugby CV213HT, UK. Fax: +44 [0] 788 540270.

Desarrollo de la Micro Hidrogeneración en Nepal Basado en la fabricación local

La capacidad de fabricación de turbinas hidráulicas para la micro y mini hidrogeneración en Nepal es impresionante y ha dado una sólida base para el aprovechamiento de muchos sistemas pequeños que han sido de enorme beneficio para la población rural de áreas apartadas. Pero recientemente, una serie de factores tales como una mayor inversión en los sistemas de gran escala están amenazando el éxito obtenido en el sector de la mini y microgeneración.

La fabricación de turbinas hidráulicas en Nepal se remonta varios siglos atrás con la rueda hidráulica tradicional para accionar molinos o «ghatta», que es una rueda de impulsión parecida a la turbina Turgo. Se estima hay unos 25 000 molinos de piedra, madera y algunos componentes metálicos construidos con mano de obra local. Cada uno produce entre 0.5 y 1 kW de potencia mecánica al accionarse directamente la piedra del molino.

Los programas para introducir la moderna tecnología de micro hidrogeneración en Nepal se iniciaron a principios de la década de 1960, pero realmente empezaron a dar buenos resultados a mediados de la década de 1970. Las turbinas de acero de hasta 15 kW de capacidad fabricadas en los talleres de los pueblos resultaron ser muy apropiadas. La ayuda externa fue realmente importante en la promoción de las pequeñas turbinas. Los suizos en Katmandu, a través de Balaju Yantra Shala (BYS), y la organización United Mission de Butwal a través de la Butwal Engineering Works (BEW), llegaron a la conclusión de que la turbina de flujo transversal (Michell-Banki) era la máquina más apropiada.



Pequeña turbina operando el Molino Shyam, Valle de Tistung, Nepal.

Los artesanos locales de Katmandu realizaron importantes contribuciones al desarrollo de esas turbinas. La firma Kathmandu Metal Industries desarrolló otra máquina pequeña basada en la turbina Turgo. En un período de diez años se fundaron siete compañías privadas para la fabricación de turbinas, constituidas principalmente por ex-empleados de la BYS y BEW. Ellos fabricaron turbinas, tuberías de presión y otros accesorios para la turbina y molino y proporcionaron los servicios de instalación para los empresarios locales.

El mercado para esas turbinas fue principalmente el de los molinos. La molienda de arroz y la extracción de aceite es una labor que tradicionalmente realizan las mujeres y requiere de un intenso trabajo, el que fue rápidamente sustituido por molinos accionados por turbinas. Los grupos turbina-molino reemplazaron en algunas áreas a la «ghatta» y en otras a los molinos Diesel debido a que molían mucho más rápido y por sus menores costos respectivamente.

El trabajo agrícola requiere de un alto factor de carga, lo que significa que en la mayoría de los casos las turbinas son factibles económicamente y no necesitan subsidios. El Banco de Desarrollo Agrícola de Nepal ha establecido líneas específicas de crédito para grupos turbina-molino, dando como resultado que más del 95% de los proyectos hayan usado esta facilidad.

Producción de electricidad mediante la Micro Hidrogeneración

En 1984 el gobierno de Nepal permitió la generación de energía eléctrica hasta el límite de 100 kW a la micro hidrogeneración. Ello significaba que un empresario no necesitaba contar con un permiso para generar y vender electricidad según una tarifa negociada. Por esta época ya se fabricaban localmente turbinas Pelton y axiales del tipo hélice, también se habían ejecutado varios proyectos de minicentrales por parte de firmas locales así como el planeamiento de la central de Andhi Khola de 5 MW usando turbinas importadas rehabilitadas.



Microcentral hidráulica de Gandruk, Nepal.

Los fabricantes de turbinas y equipo de centrales respondieron al permiso suministrando alternadores, cables y paneles y dando servicio de instalación. Posteriormente esto se extendió al ensamblaje y suministro de reguladores electrónicos de carga, a la conversión de motores para su uso como generadores y al ensamblaje de reguladores para estas unidades.

Sin embargo, pronto se vio que el consumidor rural no podía pagar las facturas por el suministro de electricidad necesarias para cubrir la inversión requerida. El gobierno de Nepal anunció entonces que subsidiaría en un 50% el costo de los componentes requeridos para generar y distribuir la electricidad. Este subsidio cubriría el alternador, el regulador de carga y los cables de transmisión y distribución mas no la turbina, tubería, obra civil o el equipo de molienda.

No obstante, no se dispuso del subsidio en forma regular pues las fluctuaciones de la demanda originaron dificultades en el sector manufacturero. Apesar de esto y de los altos costos de transporte, los proyectos cuestan entre US\$1200 y 2000 por kW instalado, lo cual se considera bastante razonable para los estándares internacionales. Hacia 1991 las ventajas de la industria local favorecieron los grandes proyectos. Tal es el caso del proyecto de Andhi Khola encargado exitosamente a un costo de US\$700/kW. En 1992 el gobierno permitió proyectos hasta de 1 MW.

El rol de la Micro Hidrogeneración en el desarrollo de Nepal

Se estima que en la actualidad existen más de 800 turbinas accionando molinos que suministran servicios de molienda a un 10% del país. Alrededor de 105 de esos molinos generan electricidad. Debido a su localización re-

mota es cada vez más claro que el suministro de energía de la red a una gran proporción a la población no es económico. Se ha reconocido que la energía basada en la micro y mini hidrogenación y en sus posibilidades de fabricación local resulta ser la única vía para que las comunidades rurales de los distritos montañosos de Nepal tengan acceso a la energía.

La red nacional, con 250 MW de capacidad (principalmente hidráulica), satisface la necesidad del otro 10% de la población que vive en las áreas urbanas del país. El gobierno ha solicitado recientemente un préstamo al Banco Mundial para construir el proyecto hidroeléctrico de Arun III, el cual requiere de una inversión de US\$100 millones anuales para los próximos doce años. En comparación, el subsidio para la microgeneración es de US\$0.2 millones por año, cuando está disponible. Se puede argumentar que esta inversión en la red nacional es desproporcionada frente a los probables beneficios. Las grandes inversiones como las de Arun van en detrimento de los pequeños sistemas porque los hacen menos posibles, aun cuando involucren pequeñas sumas en su ejecución.

Amenazas a la fabricación local

La infraestructura de la fabricación de turbinas en Nepal, cons-

truida a lo largo de 25, años está ahora bajo una cierta amenaza por la incertidumbre del mercado para sus productos. Las razones son las siguientes:

- El número de grupos de turbina-molino instalados ha ido disminuyendo cada año desde su pico en 1985, pues su mercado se ha saturado en los distritos más acaudalados. Además los fabricantes basaban el grueso de su producción en este tipo de equipo.

- La falta de usos productivos para la energía de micro hidrogenación ha significado que las instalaciones más grandes dedicadas primariamente a la producción de electricidad no sean económicamente factibles. La iluminación de por sí no justifica la inversión y, por otro lado, la mollienda no requiere de mucha energía. Sin embargo, para desarrollar otros usos productivos se necesitará tener una suficiente capacidad instalada y potencia de generación. Los subsidios serán necesarios para dar a los empresarios rurales la confianza para invertir en proyectos más grandes.

- La falta de apoyo consistente del gobierno a la electrificación por microgeneración ha significado que muchos fabricantes estén titubeantes.

- Los proyectos en gran escala como el Arun III, no impulsaron de ningún modo la fabricación local. El apoyo del gobierno a ta-

les proyectos ha significado que aun pequeñas sumas de dinero requeridas para el desarrollo sostenido del sector de micro hidrogenación no estén disponibles.

Recientemente se ha formado una Asociación de Fabricantes de Equipo de Micro hidrogenación para abogar ante el gobierno por políticas más favorables a la fabricación local. La asociación le está exigiendo un apoyo más consistente a la electrificación rural basada en la micro y mini hidrogenación y para la inversión en investigación y desarrollo del uso productivo de la energía.

En conclusión, el crecimiento de la fabricación local de turbinas para la mini y microgeneración así como del equipo asociado a ella en Nepal ha sido impresionante, alcanzándose bajos precios y una amplia difusión de los beneficios. El apoyo internacional ha sido y es una parte vital de este proceso, pero el cada vez mayor patrocinio a los grandes proyectos puede hundir los esfuerzos locales, aumentar los costos y beneficiar sólo a los consumidores urbanos.

Bikash Pandey, Programme Manager, ITDG, Nepal.

Vietnam se propone impulsar su capacidad de generación en pequeña escala

Uno de los propósitos del seminario organizado recientemente por el Servicio de la Universidad Mundial-Vietnam y FAKT (Asociación para la Tecnología Apropriada, Alemania) ha sido desarrollar una estrategia nacional que refuerce la capacidad de Vietnam para aprovechar en forma eficiente el potencial de pequeña y micro hidrogenación.

Vietnam tiene aproximadamente 2500 centrales hidráulicas con

potencias menores de 100 kW, lo que representa una capacidad instalada total de 100 a 200 MW. Esta se utiliza para cubrir las necesidades de irrigación y drenaje así como en la generación de electricidad para unos 200000 hogares.

Existen además unas 400-500 microcentrales con capacidades menores a 0.5 kW (totalizando 200 kW), 35% de las cuales no operan y el resto trabajan por lo general en forma defectuosa y poco confiable.

El seminario tuvo lugar del 12 al 15 de enero de 1994 y contó con la participación de expertos de la red internacional HYDRONET, quienes ofrecieron conferencias sobre la experiencia ganada en Nepal, Sri Lanka e Indonesia.

El intercambio de experiencias resultó en un plan de acción propuesto por el «Programa de Fuen-

tes de Energía nuevas y renovables» bajo los auspicios del Ministerio de Educación y Capacitación de Vietnam. Este plan propone una estrategia en cuatro etapas:

- Transferencia de tecnología basada en la experiencia internacional.

- Establecimiento de una política ambiental que conduzca al desarrollo de la mini hidrogenación.

- Preparación de instituciones nacionales de crédito para financiar los proyectos.

- Coordinación de los esfuerzos de todas las instituciones involucradas en el desarrollo de la micro y mini hidrogenación a nivel nacional.

Es de esperar que estas acciones contribuirán a una nueva actividad coordinada y a una creciente comunicación internacional.

Ceremonia inaugural del Seminario en Vietnam.





Sajonia: propietarios unen fuerzas para luchar por el destino de sus plantas

por Manfred Röttjes y Jöng Stenzel

1. Resumen

Hace mucho tiempo el Estado de Sajonia fue un importante centro de generación de energía hidráulica. Durante los cuarenta años de gobierno socialista se desalentó sistemáticamente el uso de las PCH pertenecientes a individuos privados o pequeñas compañías. Después de la reunificación en 1989 la mayor parte de las centrales retornaron a sus antiguos dueños, quienes todavía tienen que encarar la falta de capital privado y la resistencia de los bancos convencionales a financiar la inversión bajo las difíciles condiciones actuales.

Poniendo en práctica un nuevo concepto, estos propietarios se unieron para formar su propia compañía sin fines de

lucro: «Energía Hidráulica de Sajonia, SRL». El propósito de la compañía es velar por el planeamiento y financiación de los proyectos de reconstrucción. Esta compañía recibe fondos de un banco sin fines de lucro y los entrega a los propietarios. El diseño y operación forma parte de una iniciativa de auto-ayuda y la creación de la compañía ha sido ampliamente difundida en los medios y bienvenida por el gobierno local. Las tres primeras plantas han empezado a generar energía a fines de 1993.

2. La energía hidráulica en la antigua RDA

El Estado de Sajonia, situado al sudeste de la antigua República Democrática

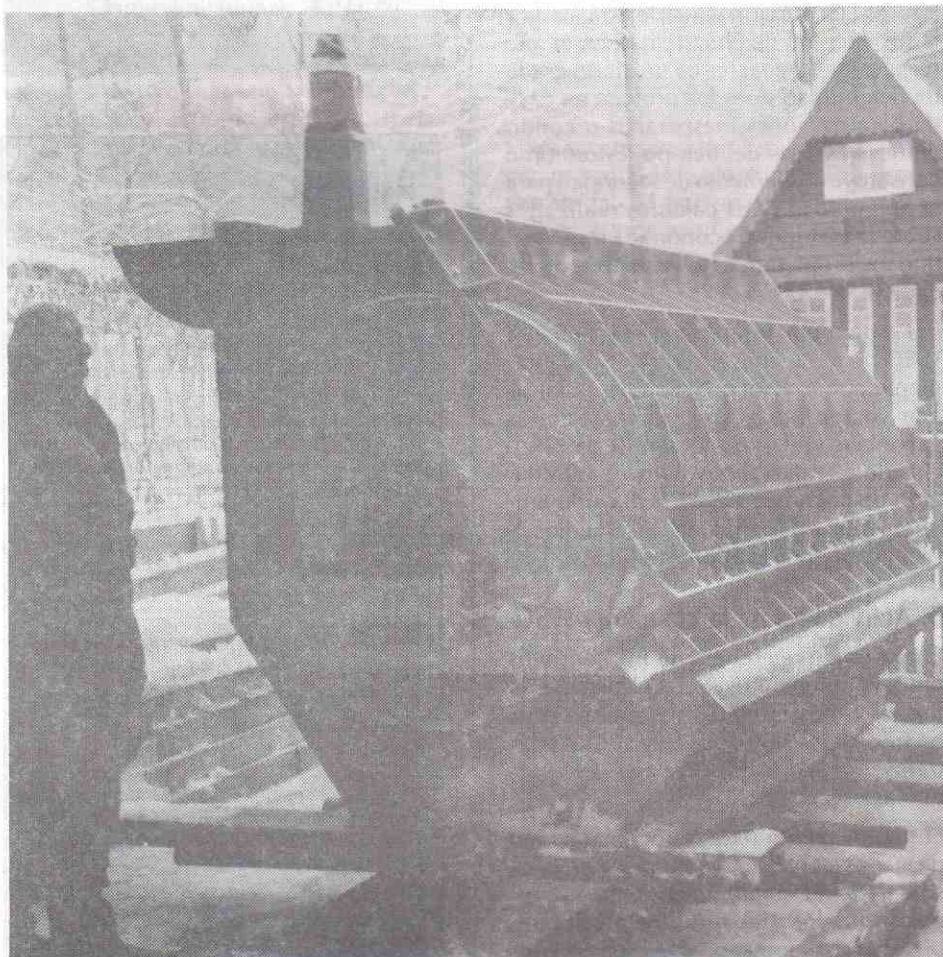
Alemana (RDA), fue una vez el centro de la generación en pequeña escala. Antes de 1939 existían más de 3000 centrales registradas, las que contribuían en una gran proporción a la producción de electricidad, y más de 20 compañías que producían equipo electro-mecánico e hidráulico.

La RDA seguía una política energética acorde con los ideales sociales y económicos del Estado. La producción de electricidad estaba concentrada principalmente en unas pocas centrales de combustión de lignito. Asimismo, operaban algunas de acumulación por bombeo. Las pequeñas centrales hidráulicas, trátase de compañías estatales de tamaño mediano o empresas privadas, fueron sistemáticamente desalentadas por décadas.

La gran mayoría de estas centrales tuvo que ser abandonada y, en algunos casos, las turbinas nuevas recientemente instaladas fueron fragmentadas para obtener materia prima. La electricidad se obtenía de las centrales térmicas a precios subsidiados.

Cuando la RDA cesó de existir formalmente el 3 de octubre de 1990, las personas privadas y funcionarios estatales consideraban que la energía hidráulica era una fuente de energía de poco valor económico. Así, los inversionistas alemanes occidentales acudieron para hacerse cargo de las principales centrales hidráulicas. En vista de su bajo potencial de producción de las centrales, los precios que pagaron por éstas fueron insignificantes. En poco tiempo, la mayoría de las centrales en Alemania Oriental fueron vendidas a los inversionistas de Alemania Occidental. La consecuencia de ello fue que las ganancias financieras no se quedaron en Alemania Oriental.

Una cierta cantidad de pequeñas centrales (menores de 100 kW) aún permanecen en manos de sus antiguos propietarios. Luego de la reunificación, ellos recuperaron los bienes que les fueran expropiados durante el régimen socialista; es decir, molinos de granos, aserraderos, etcétera. En el orden económico anterior no tenían capacidad para captar capital privado. Una vez que



3 Turbina de flujo transversal fabricado por Cink en Karlovy Vary (República Checa) a la espera de su instalación (Q=2200 lt/s, H=1.8 m, P=30 kW)



empezaron a reconstruir o a modernizar sus empresas, los propietarios enfrentaron una seria falta de capital. Al mismo tiempo, los bancos comerciales se negaban a otorgarles créditos dado que no ofrecían suficientes garantías. ¿Qué podrían hacer entonces para reconstruir o reabrir sus paralizadas centrales hidráulicas?

3. Evolución de un nuevo concepto

En este caso, como en muchos otros en los que se hace necesario ofrecer soluciones, hay que juntar las partes adecuadas. FAKT, «Asociación de Tecnologías Apropriadas», es una consultora sin fines de lucro fundada por las Iglesias Protestantes de Alemania y una de sus áreas de trabajo es el programa de energías renovables. FAKT tomó conocimiento de la escasez de capital privado para la reconstrucción de las pequeñas centrales hidráulicas de Sajonia.

Al mismo tiempo, FAKT contactó con el Banco GLS (Banco Comunitario) de Bochum que había tenido éxito en la provisión de dos sistemas de fondos en el campo de la energía eólica. En esos sistemas de fondos el capital se recolecta de numerosas personas y se presta a la asociación. Esta asociación está compuesta por campesinos quienes aportan su mano de obra para construir y operar los aerogeneradores en sus respectivas granjas.

En contraste con los bancos comerciales, el Banco GLS no pretende obtener la tasa máxima de interés posible sino que prefiere prestar su dinero a los proyectos de inversión que comulguen con sus ideales ecológicos y éticos. El Banco GLS estaba también interesado en aplicar el mismo sistema en el campo de la energía hidráulica. Entonces, ¿qué mejor que unir ambas partes?

Pero como sucede a menudo las cosas no son tan simples como parecen. La estructura del sistema de fondos del caso de los molinos de viento no podría transferirse tal cual al caso de las centrales hidráulicas porque existen muchas diferencias esenciales.

Las centrales hidráulicas requieren de un área apreciable e incluyen edificaciones mientras que los molinos de viento requieren sólo de unos pocos metros cuadrados de terreno que no se usa.

Después de largas negociaciones entre los propietarios y el banco y también entre los asesores legales y financieros, se adoptó un nuevo modelo que condujo al «Fondo de Energía Hidráulica 1» del Banco GLS, que necesitó a su vez de la

fundación de la empresa «Energía Hidráulica de Sajonia S.A.»

4. Energía Hidráulica de Sajonia, SRL (WSG)

«Energía Hidráulica de Sajonia, SRL» es una compañía convencional con responsabilidad limitada. En la actualidad está compuesta de diez propietarios de las centrales hidráulicas desactivadas de varias regiones de Sajonia. Su principal objetivo es canalizar los fondos y organizar las transacciones financieras. La compañía es responsable del sistema de fondos. Asimismo, el director puede trabajar como consultor en la fase de reconstrucción tanto para los miembros como para los clientes externos.

Los individuos depositan una cierta suma de dinero por un período de 15 años y reciben un interés anualmente, a una tasa un poco más baja que la tasa corriente. Cuando la reconstrucción procede, los miembros reciben facilidades de pago vía el WSG, debiendo devolver el dinero en 15 años.

El pago se divide en una parte fija y otra variable constituida por un repago e intereses. La porción variable está atada a la producción de electricidad en el año respectivo, lo cual les da un cierto grado de flexibilidad pues los protege en caso de paralizaciones inesperadas o condiciones adversas del tiempo. Esto último constituye un elemento de seguridad para la comunidad. Los cálculos realizados sobre la viabilidad económica muestran que los propietarios no requieren de un capital.

Por determinación propia, la compañía WSG no tiene fines de lucro. Conjuntamente con el Banco GLS, los asociados han votado por el uso eventual de las ganancias en la promoción de tecnologías de energías renovables. La fundación de la compañía WSG ha sido ampliamente difundida en los medios y bienvenida por el gobierno local.

5. Actividades de la compañía WSG

El marco de referencia de los contratos entre la compañía WSG y el sistema de fondos y entre la WSG y sus miembros ya ha sido establecido, no obstante, los contratos deben adaptarse a cada caso particular.

El planeamiento para la reconstrucción de varias centrales ya empezó y se ha solicitado el equipamiento necesario. Asimismo, los trabajos en el lugar también han comenzado. Algunos equipos serán adquiridos de la vecina República Checa, los que además de reforzar vín-

culos económicos entre Sajonia y nuestro vecino del este, significará una sustancial reducción de costos.

Los autores del artículo y el director de la WSG han trabajado propuestas para modificar las estructuras hidráulicas a fin de cumplir con las actuales demandas ecológicas, lo cual ayudará también a los miembros a cumplir con las disposiciones ecológicas.

La inauguración de las tres primeras plantas tuvo lugar en diciembre de 1993, marcando el fin de décadas de paralización involuntaria para algunos de sus propietarios. ¡Verdaderos momentos históricos!

Manfred Röttjes
Energy Consultant
FAKT-Association for
Appropriate Technologies
Jörg Stenzel
Managing Director
Wasserkraft Sachsen GmbH
Piarnaer Str. 15
01819 Langenhennersdorf
Germany

IMPRESSUM

HIDRONET/HIDRORED es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en micro hidroenergía.

Editores de HIDRONET
FAKT, Stuttgart, Alemania.
SKAT, St. Gallen, Suiza.

HIDRORED se edita para América Latina y aparece, al igual que la edición en inglés, tres veces al año y se puede conseguir a través del Editor.

Comité editorial
Alfonso Carrasco, Javier Ramírez-Gastón (ITDG); Walter Canedo (PROPER); José Antonio Muñiz, Jorge Senn.

Editor
ITDG-Perú: Casilla postal 18-0620, Lima, Perú. Fax: 5114 466621. E-Mail: Revista@itdg.pe

Corresponsales
Argentina (Misiones): Jorge Senn
Bolivia (Cochabamba): Walter Canedo
Chile (Concepción): Carlos Bonifetti
Colombia (Bogotá): Mauricio Gnecco
Perú (Cuzco): José Antonio Muñiz
(Lima): Javier Ramírez-Gastón

HIDRONET/HIDRORED cuenta con el apoyo financiero de Pan para el Mundo, Minsereor, el Estado Federal de Alemán de Baden Wurttemberg, GATE, DEH, PROPER, ITDG.



Consejo pakistano para tecnologías apropiadas: "pugnas constantes conducen al éxito"

por Dr. Habid Gul, Ph. D.

Si los beneficiarios y funcionarios están satisfechos por los logros de la MHG en Pakistán, ello se debe al trabajo directo de la gente involucrada en el proyecto, así como a la simplicidad de la tecnología. Es una práctica común en los proyectos de MHG del Consejo Pakistano para las Tecnologías Apropiadas (PCAT) promover la creación de plantas en aquellos lugares que poseen una caída de agua natural y sus pobladores necesitan electricidad y están dispuestos a realizar obras civiles completas, suministrar mano de obra gratis y adquirir componentes de madera como tuberías MS, alambre, polos, etcétera. Si la comunidad acepta estos requisitos el PCAT les solicita constituir un Comité de Administración (MC) compuesto de tres a cinco miembros, incluyendo preferentemente una administración capacitada para la ejecución del trabajo y la operación de la planta.

Después de terminar con las formalidades propias del acuerdo, el PCAT inspecciona el lugar y evalúa su potencial junto con el MC. Como la demanda por dichas plantas es muchas veces mayor que los recursos disponibles del proyecto, se solicita al MC que espere su turno. Debe resaltarse que el PCAT provee sólo aquellos artículos que serán instalados en la casa de fuerza, es decir, la turbina, el eje, el generador, el tablero de control, etcétera, aparte de la asistencia técnica gratuita, la cual se considera como un factor

importante en la difusión de la tecnología de MHG.

Como se mencionó anteriormente, la responsabilidad por la operación de la planta es asumida por el MC. El Comité recolecta de una cantidad razonable de consumidores una tarifa para operar la planta. Esta puede variar entre plantas, dependiendo de las condiciones socio-económicas de cada comunidad.

Si la cantidad recolectada es insuficiente para satisfacer todos los requerimientos de la planta, el PCAT orienta al MC en el uso industrial de las unidades (molinos de harina, expulsores de aceite, aserraderos, máquinas desmotadoras de algodón, afiladoras, etcétera), sin involucrarse en los asuntos financieros finales. Del mismo modo, en caso de surgir disputas, éstas deben ser resueltas por la misma comunidad pues rara vez el PCAT juega un rol activo en este aspecto.

El proyecto de MHG trabaja en áreas extensas donde la electricidad no se provee de la red nacional y donde su conexión no se justifica en razón de los altos costos, nevadas y condiciones topográficas difíciles. Este país al igual que otros en vías de desarrollo, encara la escasez de energía. Ello origina a largo plazo sobrecargas durante los picos, lo que requiere restringir en el suministro a las áreas rurales. El costo promedio por

kWh suministrado y el costo por kWh generado es de Rs 10 000 (US\$333.30) y Rs 1.00 (US\$0.03) respectivamente, lo cual se considera económico.

El PCAT alcanzó este éxito luego de pugnas constantes y de examinar y analizar las condiciones reinantes en relación a las estructuras socioeconómicas, religiosas y políticas del público afectado. Al principio la gente ignoraba el programa de MHG, a pesar de los subsidios otorgados a los componentes mecánicos de la planta, cables y hasta pernos y tuercas. En la actualidad, a pesar de algunas dificultades, gente de modos de vida diferentes aprecian igualmente el programa. Un ejemplo vivo de esto son las cerca de 300 declaraciones de apoyo dadas por sus representantes, entre ellos como ministros y miembros de la asamblea.

Dr. Habil Gul
Deputy Director MHP
PCAT, Gulshanabad
Colony, Arab Road,
P.O.: Tenkal Bala
Peshawar
Pakistán

Un llamado de auxilio: solicitud de tecnología

Soy Georgios Demetriades, estudiante investigador de la Universidad de Nottingham Trent en el campo de la MHG. Mi trabajo abarca el desarrollo de una turbina de flujo axial capaz de operar con bajas caídas, por debajo de 1 m, para ser empleada en la electrificación de pueblos de países en vías de desarrollo.

Los requerimientos para este diseño son:

- bajo costo

- eficiencia deseada de 60%
- uso de materiales del país donde va a operar
- fácil fabricación
- utilización de mano de obra local
- confiable
- robusta
- capacidad para resistir erosión
- fácil de transportar
- fácil de instalar

Si usted tiene algún comentario, experiencias u otra información sobre la

materia, por favor hágamelo saber. ¡Gracias de antemano!

Georgios Demetriades
Electrical Eng. Dpt.
Nottingham Trent
University
Burton
Street-Nottingham
NG1 4BU,
Great Britain.



Tarifas y evaluación...

(Viene de la página 4)

lente al consumo de kilowatts por hora. Muchas veces se requiere una simplificación. Por ejemplo, el cargo por medidor podría resultar demasiado alto, al menos para ciertos consumidores. En ese caso, se podría utilizar una distribución máxima de energía fija, limitando la corriente con un fusible, para determinar el consumo promedio de energía y establecer la categoría del consumidor. De esta manera se podrían eliminar los cargos equivalentes a kilowatts por hora e incluir en los costos fijos. Así, la cuenta del consumidor incluiría solamente una cifra constante.

El enfoque tradicional tiene sus desventajas:

- Es regresivo, ya que las tarifas son ajustadas en base a datos 'antiguos'. Para orientar el consumo se requiere un enfoque progresista.
- Genera tarifas basadas en promedios en lugar de en costos marginales.

La simplificación de las cuentas puede engañar al consumidor, ya que es imposible que el usuario influya directamente su cuenta de acuerdo al consumo. Especialmente cuando hay escasez de energía en las horas punta, sería ideal desviar parte del consumo hacia las horas de volumen normal (e incluso hacia temporadas de volumen normal). Sería necesario aplicar distintas tarifas durante el día (o temporada), invitando a los consumidores a beneficiarse de la energía más económica durante las horas de volumen normal. Esto también demuestra una relación general: para poder mantener informado al usuario sobre los costos de energía que ejercen influencia sobre su modelo de consumo, es necesario saber los detalles del consumo de cada individuo, cosa que inevitablemente aumenta los gastos.

2. Evaluación financiera

Las tarifas pueden establecerse en parte con los mismos instrumentos de cálculo que se aplican al análisis financiero de inversiones. Por lo tanto, una breve introducción a dichos métodos podría ser útil. A continuación presentamos una colección un tanto matemática de los métodos de evaluación presentados en la «Guía para la Evaluación Financiera de Proyectos

de Inversión para el Abastecimiento de Energía» (ver referencias).

Tasas de Interés e Inflación

Se debe escoger una tasa de interés apropiada, de acuerdo al tipo de financiamiento:

- Para el **financiamiento externo** de los costos de inversión, debe fijarse una tasa de interés efectiva para la deuda durante un período de préstamo igual.
- Para el **financiamiento interno** de los costos de inversión, debe fijarse una tasa efectiva de interés sobre los depósitos de capital durante un período igual.
- Para el **financiamiento combinado**, se puede usar un valor promedio ponderado como tasa de interés.

En caso de una alta estabilidad de precios, se puede asumir una tasa de interés constante i , utilizando la tasa de interés del mercado p para los cálculos. Sin embargo, en muchos países se deben incluir altas tasas de inflación para asegurar la exactitud de los cálculos. En este caso, se utiliza una tasa de interés actual i^* , que se determina de la siguiente manera:

con la tasa de inflación a (factor inflación $e = 1 + a$) y la tasa de interés del mercado p (factor interés de mercado $r = 1 + p$) y la tasa de interés actual 1^* (factor interés actual $q = 1 + i^*$) y

$$q = \frac{r}{e} \quad (1)$$

Obtenemos

$$i^* = \frac{1 + p}{1 + a} - 1 = \frac{p - a}{1 + a} \quad (2)$$

ejemplo: con $p = 32\%$ y $a = 22\%$
$$i^* = \frac{0.32 - 0.22}{1 + 0.22} = 0.082 = 8.2\%$$

Especialmente para proyectos de abastecimiento de energía, sería necesario asumir distintas tasas de inflación. Es posible que los precios de combustible varíen más que otros precios.

Costos de Inversión

Para calcular la economía de un proyecto de electrificación y establecer las tarifas, la inversión utilizada y requerida es un factor importante. Es necesario recolectar y calificar todos los componentes de costos, indexados de acuerdo al tiempo en que ocurren.

Es necesario pronosticar la vida útil de tal instalación de la manera más precisa posible para determinar tanto la depreciación como el valor residual. El primero se reduce con el tiempo de vida útil (depreciación), y el último como sigue:

$$\text{valor resid.} = \text{invers.} \left(1 - \frac{\text{vida útil}}{\text{vida técnica}}\right)^3 \quad (3)$$

esto es cero si la vida útil y la vida técnica son iguales y aumenta si la planta o partes pueden seguir operando después del tiempo establecido para la vida útil. Es frecuente en una planta de energía que la vida técnica de la maquinaria y de las construcciones sea muy diferente y los valores residuales (valor contable) podría ser alto para el local y zero para el equipo.

Costos de operación o de funcionamiento

Esta partida incluye todos los costos previsible para la operación del proyecto. No incluye los costos de inversión, como el interés sobre el capital y la depreciación.

Costos de mano de obra.

Costos de reparación y mantenimiento.

Ingreso, Renta

La renta se generan por:

- ingresos por venta de energía
- ahorros de energía comercial
- mayor/mejor producción de bienes
- Servicios: atención e instalaciones eléctricas.
- Subsidios

Rendimiento y Ganancias

El rendimiento anual del capital es la diferencia entre el total de ingresos y el total de costos de operación.

Rentabilidad = total de ingresos - gastos de operación.

Las ganancias son el rendimiento menos el valor de la planta y la red). La depreciación no influye en el rendimiento periódico del capital pero sí en las ganancias periódicas!

Ganancias = ingresos - costos de operación - costos de inversión.

(*) «HARNESSING WATER POWER ON A SMALL SCALE» Vol. 5: VILLAGE ELECTRIFICATION. Páginas: 86 y 87 de la parte 8.