

HIDRORED

RED LATINOAMERICANA DE MICRO HIDROENERGÍA

ISSN 0935 - 0578

2/96

Avances en la
planificación
de la hidro
energía en
América
Latina

Estimado lector,

HIDRORED es una revista que trata de promocionar, difundir e intercambiar experiencias en el campo de la mini y micro hidroenergía. En este número, la tarea de publicar y difundir *HIDRORED* es un trabajo conjunto de todos los interesados en el tema, y la única forma de lograrlo es recogiendo los aportes de todas estas personas.

Cada uno de nuestros lectores tiene en su campo de trabajo de micro hidroenergía conocimientos y experiencias que pueden compartir con otros. Por ello apelamos a vuestro sentido de colaboración para que participen activamente en la edición de la revista enviando información o artículos que consideren importantes para su difusión. Sobre la base de las colaboraciones que nos remiten podemos seleccionar aquellas que son más relevantes de acuerdo al enfoque de cada número e incluirlas en la revista.

Hemos recibido varios e importantes artículos sobre el tema de la planificación de la Hidroenergía en América Latina. Por esta razón, le dedicamos dos números a este importante tema.

Asimismo hemos decidido editar paralelamente los dos números que faltaban de ese año, con el fin de "ponernos al día" en la edición de *HIDRORED* durante 1996.

Teodoro Sánchez
ITDG - Perú



Análisis y perspectivas de la situación energética postguerra en algunas zonas rurales salvadoreñas

Dr. Luis Boigués, Socorro Luterano Salvadoreño, El Salvador
Mauricio Gnecco, FDTA, Colombia
Carlos Zárate, FAKT, Alemania

Introducción

A solicitud y por encargo del Socorro Luterano Salvadoreño (El Salvador) y de Pan para el Mundo (Alemania), se creó la misión de trabajo FAKT. El objetivo principal de la misma era poner al servicio del Socorro Luterano Salvadoreño un instrumento de ayuda y decisión sobre el componente energético para integrarlo en futuros proyectos y programas de desarrollo en el ámbito rural salvadoreño. Para ello se determinó la elaboración de un diagnóstico de la situación energética y la generación de energía (especialmente de la hidroenergía) en las comunidades rurales seleccionadas.

El Socorro Luterano Salvadoreño designó como contraparte local al Dr. Luis Boigués, quien participó activamente en todos los trabajos y actividades de la misión. Los miembros de la misión FAKT fueron Mauricio Gnecco de la ONG colombiana FDTA y Carlos Zárate de FAKT.

Panorama energético rural

El Salvador se encuentra en pleno proceso de reconstrucción, luego de un período de guerra civil cruento y destructivo. Las huellas de la guerra son mucho más notorias en el ámbito rural: algunas comunidades ya no existen, muchos pobladores han sido reubicados, otros han emigrado a los centros urbanos, hay campos de labriego en abandono, la desocupación es muy notoria, sistemas de servicios (agua, saneamiento, energéticos) están en reconstrucción, etc. Pero por otro lado, en el período de postguerra hay iniciativas a todo nivel, tanto del lado del gobierno como de entidades no gubernamentales, así como de las agencias de cooperación internacional. Sin embargo, es cierto que el grado de coordinación entre ellas es aún insuficiente.

Al analizar las regiones visitadas, se puede decir que en un 90% de las familias campesinas de las comunidades seleccionadas se practica una economía

de subsistencia. Esto es notorio por los bajos niveles de producción y la poca variedad de los productos, así como por la falta de etapas de procesamiento en la cadena productiva. A nivel macroeconómico, esto se refleja en el aumento de las importaciones de alimentos inclusive básicos de la dieta salvadoreña.

Por otro lado aparecen, gracias a los programas de reconstrucción y apoyo, sistemas de servicios básicos como agua potable, saneamiento y energía que, si bien son necesarios, contrastan con la falta de incentivos y programas para la reactivación del agro. Es posible predecir que, de no iniciarse programas de esta índole (en especial de generación de ingresos y valor agregado), los sistemas de servicios básicos no podrían ser pagados o sostenidos por la población rural sin el apoyo externo o ayuda humanitaria.

Al considerar específicamente el servicio de energía para el ámbito rural en general, se observa que gracias al gran apoyo externo y en especial no gubernamental se ha ampliado la red eléctrica a comunidades rurales y se llega a las viviendas con tarifas sumamente interesantes (es decir, reducidas) para la economía familiar campesina. Pero se debe notar que:

- No todas las comunidades tienen o tendrán acceso a la red eléctrica.
- Las tarifas no reflejan los costos actuales de inversión y operación de la red eléctrica (por ejemplo, muchos componentes han sido donados).
- Las tarifas son de introducción y sufrirán un aumento a corto plazo.
- Se propicia una costumbre de consumo energético que luego se reflejará en una transferencia de dinero del ámbito rural a los centros urbanos.
- Sin generación de ingresos será difícil para la familia rural asumir los costos de energía ante posibles nuevas tarifas.

Si bien es cierto que se observa un porcentaje relativamente alto de comunidades conectadas a la red eléctrica, también

existen muchas comunidades que no tienen esperanza o posibilidad alguna de acceder a una conexión, ni a mediano ni a largo plazo. Varias de las comunidades seleccionadas y visitadas presentan un panorama energético más bien desolado donde la leña es el combustible único y fundamental.

Leña

La falta de una fuente energética acorde con los relativamente bajos niveles actuales de la economía campesina para la cocción de alimentos ha colocado a El Salvador como el país más deforestado de Centroamérica. El intenso comercio de leña desde los campos a los poblados y a las ciudades para ser usada como combustible en estufas para restaurantes y viviendas, así como el relativamente alto crecimiento poblacional rural condicionan el uso de la leña como fuente de energía e ingresos. Lo que explica este alto consumo es, sobre todo, la accesibilidad económica de la leña para la familia rural. El consumo promedio por familia oscila entre 300 y 600 kg/mes, dependiendo de la calidad y del estado de la leña (humedad, etc.). Es difícil determinar el valor económico para el consumo de este recurso pues su recolección es considerada generalmente como una tarea doméstica; pero a modo de ejemplo se puede mencionar que su precio comercial para centros urbanos en El Salvador llegaba, en 1987, a los US\$ 47 por metro cúbico. En términos macroeconómicos, se estimaba que para 1990, cerca de 3'500,000 habitantes (casi el 60% de la población salvadoreña actual) utilizaban la leña como fuente energética y que sólo debido al uso de este recurso como fuente de energía se ahorraron cerca de US\$ 55'000,000 en la compra de combustible convencional (por ejemplo, gas licuado/GLP).

En las regiones visitadas, también se encontró el consumo de leña para usos semiindustriales como la fabricación de ladrillos y de panela. Actualmente, la fabricación de ladrillos y tejas, seguida de la fabricación



de panela en hornos rústicos ineficientes, es uno de los usos más intensivos de la leña. Esto se debe a que El Salvador vive una fase de postguerra y reconstrucción, y también al carácter tradicional de este uso local. Aunque no se pudo medir el consumo de energía de las ladrilleras salvadoreñas, se estima, por su construcción, que su consumo específico de energía por unidad de carga térmica estaría alrededor del de los hornos tradicionales que oscilan entre los 4 y los 6 MJ/kg.

Los programas de introducción y difusión de estufas domésticas mejoradas han logrado resultados relativamente modestos. Se estima que al introducir estufas eficientes se produce un gran potencial de ahorro, aunque se debe superar ciertos escollos, especialmente los factores económicos para hacer accesible esta tecnología a la familia rural. Instituciones como el ICAITI, el CEL, etc., están reimpulsando estos trabajos o han integrado este componente en sus programas.

Un aspecto fundamental, aún dejado un poco de lado en El Salvador, es el uso eficiente de la leña en estufas institucionales sea para restaurantes, ladrilleras, fábricas de panela, etc., pese a que ello, por un lado, haría eficiente el uso a gran escala del recurso leña y, por otro, facilitaría la inversión inicial en una estufa mejorada al producir menores costos operativos.

Combustibles fósiles

Aunque los precios vigentes para combustibles fósiles están por debajo de los promedios de otros países de la región, no se puede decir que sean accesibles a

CUADRO 1

Tipo de combustible	Antes del 27.04.96	Después del 27.04.96
Premium	2.07 US\$/galón	2.01 US\$/galón
Regular	1.75 US\$/galón	1.70 US\$/galón
Diesel	1.21 US\$/galón	1.15 US\$/galón
Kerosene	0.63 US\$/litro	
Gas (GLP)	9.00 US\$/bombona de 40 lb	

Nota: 1 US \$ = 8.7 Colones
1 galón = 3.78 litros

la economía familiar. La política energética salvadoreña actual establece libertad de precios para los tipos de combustibles fósiles. Los precios promedios de los combustibles fósiles más usados en las zonas rurales se resumen en el cuadro 1.

Red eléctrica

Las líneas eléctricas se encuentran a lo largo de las carreteras principales y de algunas secundarias. La mayor fuente de energía es la hidroelectricidad, que es producida en varias hidroeléctricas a lo largo del país. Se cuenta además con una central geotérmica y con otras centrales térmicas a base de Diesel que generan electricidad. Las centrales térmicas a Diesel también son usadas a pequeña escala, por ejemplo en algunas localidades no conectadas a la red, como es el caso de la comunidad Segundo Montez. Según datos macroenergéticos, se estima que el 88% de la energía comercial (sin considerar la leña) que se consume en El Salvador debe ser importada.

La electrificación urbana y rural ha sido considerada como una de las acciones prioritarias entre los procesos de reconstrucción de la postguerra. Organizaciones gubernamentales y ONG's de amplia trayectoria y convocatoria en las comunidades como el PADECOMSM apoyan a los programas de ampliación de la red eléctrica a regiones rurales del país. En la región de Morazán, por ejemplo, se cuenta con una cooperativa de distribución de energía eléctrica que cuenta con el apoyo técnico de NRECA (EE.UU.).

El cuadro 2 resume la política tarifaria del servicio doméstico de electricidad aprobado en 1994:

CUADRO 2

Servicio doméstico de electricidad	Tarifa (US\$ / kWh)
Los primeros 40 kWh	0.039
Los siguientes 160 kWh	0.068
Los siguientes 300 kWh	0.116

Pensamos que se debe esperar un alza de esta modalidad tarifaria a un plazo relativamente corto, basándonos en experiencias y tarifas de otros países y regiones. A manera de comparación, se toma la tarifa mínima doméstica vigente en El Salvador y en Nepal. Se tomó Nepal porque es uno de los cinco países llamados "más pobres" del mundo y uno de los de mayor potencial hidroenergético.

Tarifa mínima: Primeros 40 kWh

El Salvador:	0.039 US\$/kWh
Nepal:	0.05 US\$/kWh

Alternativas energéticas

Las condiciones de postguerra y reconstrucción de El Salvador, así como el contexto de las comunidades visitadas, permiten considerar las siguientes alternativas energéticas como competitivas en esas zonas rurales, a corto y mediano plazo, además de la interconexión a la red eléctrica:

- Pico hidroenergía
- Micro hidroenergía
- Generación con combustibles fósiles (especialmente Diesel)
- Sustitución de Diesel por aceite de tempate
- Energía eólica

Esta consideración se basa en el aprovechamiento de estas fuentes de energía a pequeña escala para usos y aplicaciones productivas y, en segundo plano, para el consumo doméstico.

Se estima que otras fuentes energéticas como la fotovoltaica, la solar térmica y la de biogas no alcanzarían niveles competitivos bajo el marco socioeconómico y la política energética actuales. Esto se debe especialmente al precio relativamente bajo del Diesel y a las distorsiones tarifarias. El potencial energético y la actual realidad socioeconómica de las regiones rurales visitadas aumentan las dificultades de los sistemas solares o de biogas. Para determinar exactamente el potencial de estos sistemas, se requiere un exhaustivo análisis socioeconómico de sus posibilidades y limitaciones.

Hidroenergía (especialmente pico y micro hidroenergía)

Actualmente en El Salvador, la hidroenergía es aprovechada y considerada como una opción válida solamente en altos rangos de potencia, en el orden de los megawatts (MW).

En conversaciones con personal salvadoreño especializado, por ejemplo de la Universidad Centroamericana (UCA), se obtuvo información sobre la realización de un catastro e inventario de potenciales para centrales hidroeléctricas a partir de los 200 kW de potencia. Los rangos inferiores a los 200 kW de potencia son considerados



como no rentables por el personal salvadoreño especializado. La misión estima que si bien esto es válido desde el punto de vista macroeconómico, la realidad rural de El Salvador requiere también un análisis microeconómico.

Para el rango de potencia de la micro hidroenergía (menor de 50 kW) fueron identificadas las siguientes aplicaciones y usos finales que aparecen en el cuadro 3. Durante la misión se puso énfasis en la identificación de usos productivos de la energía, toda vez que la hidroenergía adquiere su mayor utilidad y menor costo relativo cuando está involucrada como insumo para procesos de transformación que generen un valor agregado a los productos agropecuarios. También se pudo constatar que el procesamiento descentralizado de productos agropecuarios es casi mínimo y que, salvo en casos aislados como la fabricación de panela, se puede decir que no se practica. Por un lado, se desconoce de tecnologías y maquinarias a pequeña escala y, por otro, aún no han sido analizadas las oportunidades económicas y sociales que el procesamiento descentralizado implicaría para la familia rural. Actualmente, el procesamiento agroindustrial se realiza en medianos y grandes complejos de procesamiento de los centros urbanos. En esta cadena, el campesino es un suministrador de materia prima y, por ende, muy sensible y dependiente de la cadena de comercialización y de las fluctuaciones de los precios y del mercado.

En cuanto al aspecto consuntivo de la energía, cabe mencionar que la gran expectativa manifestada por los campesinos y comunidades rurales por la electricidad, en particular para la iluminación, la radio y la televisión, debe ser considerada de modo especial. Usos de la electricidad como la cocción de alimentos, la iluminación y las comunicaciones aportan beneficios psicosociales, económicos y ecológicos, además de

motivar la participación de los usuarios en las actividades y su compromiso con el proyecto de la microcentral.

Por otro lado, el desarrollo, la implementación y explotación de una microcentral hidroenergética implicaría en el contexto salvadoreño -además de las aplicaciones y aprovechamientos directos ya anotados- el fortalecimiento o la generación de capacidades locales en:

- Organización social
- Conservación de bosques para producción de agua
- Manejo de suelos y cuencas
- Ingeniería (civil, mecánica, eléctrica, etc.)
- Tecnología (mecánica, hidráulica y eléctrica)
- Gestión y administración

Finalmente, una microcentral hidroenergética vinculada a los sistemas de interconexión, que genere electricidad para venderla a las empresas distribuidoras, se convertiría en una actividad rentable que beneficiaría a los pobladores rurales que participen en diversas formas de organización para el manejo de las "empresas hidroenergéticas".

Generación con combustibles fósiles (especialmente Diesel)

El precio actual de 1.14 US\$/Gln de Diesel torna atractiva la utilización de motores Diesel para accionar automotores, maquinaria agrícola y generación de electricidad. A mediano plazo se espera un cambio de este marco tarifario con las consecuencias energéticas ya vistas en otros países de la región. Mientras tanto el Diesel, en razón de su precio, es una verdadera alternativa para la zona rural. Otro uso potencial del Diesel sería en el suministro de agua potable. Si bien en este caso los acueductos por gravedad son la mejor solución, en zonas aisladas donde es necesario elevar el agua, sólo

las bombas movidas con motores Diesel son aplicables competitivamente.

Substitución del Diesel por aceite de tempate o piñon

Existen experiencias en otros países, por ejemplo en Mali, donde están funcionando pequeñas unidades descentralizadas de extracción de aceite de tempate. Éstas suministran el aceite de tempate para motores que accionan generadores y/o molinos de procesamiento, y también para la fabricación de jabón. El tempate fue introducido en Mali como un medio de lucha contra la erosión, pero actualmente ha adquirido mayor importancia pues su aceite es utilizado en la fabricación de jabón, como sustituto del Diesel, para la fabricación de pesticida, como fertilizante en forma de torta prensada, etc. En diversas zonas de El Salvador se encuentra una gran cantidad de tempate, aunque sólo se le aprovecha como cerco adicional de protección de las chacras y terrenos de cultivo.

En el cuadro 4 se presenta un análisis económico breve, con el fin de visualizar la potencialidad del uso del tempate como sustituto del Diesel. Para ello, se asumen ciertas condiciones de partida que se resumen en el cuadro de abajo. Cabe señalar que este análisis se limita al aspecto económico de la unidad extractora de aceite, pero no puede cuantificar otros aspectos positivos como el valor del flujo económico que surgiría en la misma zona rural de procesamiento al evitarse la transferencia monetaria del campo a la ciudad; y menos aun cuantificar el valor que surgiría del aprovechamiento de un insumo como el tempate que hoy en día no está siendo utilizado. Además, los aspectos y efectos sociales deberán ser analizados más profundamente.

sigue en la página 9

CUADRO 3

Uso básico	Ejemplos de aplicaciones identificadas
Accionamiento de maquinaria agrícola	Trapiches, molinos y desgranadoras de maíz, peladoras de arroz, picadoras de pasto y caña, despulpadoras de café y secadoras de productos varios. Prensas de aceite, bombas al vacío de ordeñamiento, bombas de irrigación.
Generación de electricidad	Iluminación doméstica, cargado de baterías, uso en radios, grabadoras, etc.
Producción de hielo y frío	Conservación de alimentos, conservación de productos lácteos, conservación de productos varios.
Accionamiento de maquinaria para carpintería	Accionamiento de tornos, cepilladoras, listoneras, sierras circulares, etc.

Moldeando mentes jóvenes

La mini hidrogeneración puede ser una elección de carrera muy estimulante para jóvenes ingenieros y científicos ambientales, con la promesa de un crecimiento a largo plazo de la industria ya que los recursos y las preocupaciones sobre el medio ambiente valorizan y presionan sobre el uso de las fuentes no-renovables.

Una breve encuesta realizada en algunas de las instituciones líderes en el entrenamiento en hidrogeneración y firmas consultoras confirman que la mayoría de las habilidades especializadas necesarias se han aprendido

durante el trabajo, pero también hay un conjunto cada vez creciente de entrenamiento especializado y material disponible para orientación del principiante. Los programas de software cada vez más se encuentran a disposición de los usuarios, y en los últimos años se ha publicado más textos especializados y en muchos países se realizan cursos nacionales e internacionales sobre mini hidrogeneración y tópicos relacionados. En la presente edición se da a conocer ejemplos de algunas instituciones de entrenamiento y esta lista se pondrá al día periódicamente.

Sin embargo, para interesar a la gente joven en este campo, la responsabilidad recaerá siempre sobre las firmas y suministradores ya establecidos.

La política de reclutamiento y los programas de entrenamiento dentro de la actividad son vitales para la industria, y esto es especialmente válido en el sector de la mini hidrogeneración, donde los profesionales son solicitados para desarrollar un particular y amplio rango de habilidades.

Andy Brown, Editor

Entrenamiento y educación para practicantes en Mini hidrogeneración

Uno de los atractivos de trabajar en la industria de la mini hidrogeneración radica en la gran variedad de datos requeridos para convertir lo potencial en realidad. Los aspectos que necesitan de un conocimiento hidráulico especializado cubren un amplio rango de disciplinas de ingeniería. El costo de esos servicios es más significativo cuanto más pequeño es el sistema, si se expresa como una proporción del costo del capital instalado.

Como resultado, los equipos de trabajo en este campo están compuestos por pequeños grupos de personas donde cada una cubre un rango de datos. Así por ejemplo, los ingenieros electricistas se vuelven expertos en manipular datos sobre el caudal, los ingenieros civiles se familiarizan con los efectos de caudales en la ecología del río. Vemos pues que en los pequeños esquemas se requiere a menudo de una generalidad de habilidades.

¿Cómo deben actuar entonces los proveedores de estos servicios de ingeniería para obtener sus conocimientos generales y especializados?

Las fuentes incluyen los siguientes aspectos:

- Cursos sobre ingeniería, ecología y ciencias ambientales en el nivel de graduados.
- Cursos de post grado
- Prácticas, planes de entrenamiento de graduados y entrenamiento en el mismo trabajo dentro de la industria de la hidrogeneración
- Cursos cortos especializados y planes de entrenamiento

Las bases normales para lograr un especialista en hidrogeneración están constituidas por un entrenamiento académico convencional en ingeniería de control, civil, mecánica, eléctrica y electrónica así como en ecología y ciencias ambientales.

Muchas universidades ofrecen cursos de corta duración e investigación en programas de post grado en el campo de la hidrogeneración como parte de sus departamentos de ingeniería y de ciencias ambientales. Estas universidades ofrecen una buena opción para aquellos interesados en incursionar en la industria de la hidrogeneración.

Son pocas las firmas de consultoría o de suministros en el campo de la mini

hidrogeneración que ofrecen programas formales de entrenamiento y prácticas con el fin de formar expertos. Sin embargo, la mayoría de las firmas de consultoría toman a jóvenes y les proporcionan entrenamiento en el mismo trabajo, permitiendo que los que demuestran interés en la hidrogeneración adquieran la experiencia necesaria en una forma gradual y eventualmente se conviertan en consultores. Muchos suministradores de equipo para mini-centrales son pequeñas compañías con menos de 10 empleados. Esto significa que el entrenamiento formal de entrenamiento tiene que realizarse con el mismo trabajo y de este modo estas pequeñas empresas pueden acceder a aspectos más amplios del trabajo.

El MHPG está iniciando una encuesta sobre organizaciones que ofrecen entrenamiento en el campo de la mini hidrogeneración. La lista que sigue a continuación representa una muestra de las organizaciones que se dedican a estudios especializados en hidrogeneración en pequeña escala o por lo menos, que incluyen un curso en su plan de estudios.

Ejemplos de centros de entrenamiento en hidrogeneración en pequeña escala

AUSTRALIA

Reshape Pty Ltd.

Tel: +61 66 891 088

Fax: +61 66 891 109

Ofrece cursos en micro hidrogeneración desde 3 días a un mes de duración. Participantes internacionales.

Los cursos se dictan en inglés.

CHINA

Hangzhou Regional Centre for Small Hydro,
P. O. Box 1206, Hangzhou, Zhejiang
310012.

Tel: +86 571 808 6588

Fax: +86 571 806 2934

El Centro Regional promueve la cooperación en el desarrollo de la hidrogeneración en pequeña escala en la región Asia-Pacífico. Incidencia en tecnología de costo efectivo en hidrogeneración en pequeña escala usando estandarización y simplificación.

ALEMANIA

Institute for Hydraulic Structures and Agricultural Engineering,
University of Karlsruhe,
Kaiserstrasse 12, D-76128.

Tel: +49 721 608 2194

Se ofrece cursos que cubren varios aspectos de la hidroenergía.

INDIA

Alternate Hydro Energy Centre,
University of Roorkee, Roorkee-
247 667, Uttar Pradesh.

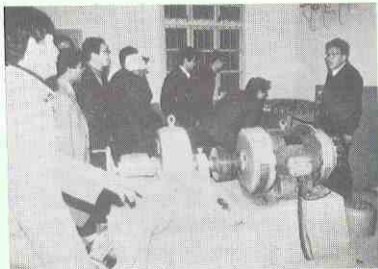
Fax: +91 13 32 73560

Cursos regulares de pre y postgrado de corta (1-4 semanas) y larga duración en micro hidrogeneración en pequeña escala.

International Association for Small Hydro,
CBIP Building,
Malcha Marg, Chanakyapuri,
New Delhi 1100212. Fax: +91 11 3016347
Desde octubre de 1996, se ofrecen cursos que cubren todos los aspectos de la hidrogeneración en pequeña escala.



MINI HIDROGENERACIÓN: POLÍTICA Y PRÁCTICA



Curso de entrenamiento en tecnología de control en China.

NORUEGA

Department of Hydraulic and Environmental Engineering, Norwegian University of Science and Technology, N-7034 Trondheim.

Tel: +47 73 59 47 45

Fax: +47 73 59 12 98

Programa general en energía hidráulica (en idioma noruego) y curso de maestría de 2 años en mini hidrogeneración, dirigido a participantes de los países en vías de desarrollo (en inglés). La maestría está orientada a amplios aspectos de planeamiento.

PERU

IT Perú, Casilla 18-0620, Lima 18.

Tel: +51 14 475127 / 447055

Fax: +51 14 466621

Se ofrecen cursos sobre mini hidrogeneración tanto generales como especializados en idioma español.

SUECIA

Jokkmokk Hydro Power Training Centre, Box 88, S-962 23 Jokkmokk.

Tel: +46 971 779 70

Fax: +46 971 779 99

Para propósitos de entrenamiento se cuenta con unidades hidráulicas a

escala natural. La escuela posee un simulador de una central hidráulica con modelos de la red, amplios equipos de control, bancos de ensayo de enseñanza de hidráulica y equipos para la regulación de turbinas.

SUIZA

Schaffhauser Jugendzentrum

SLVD, 7075 Churchwalden

Tel: +41 81 35 14 35

Fax: +41 81 35 18 25

Existen facilidades para el entrenamiento en mini hidrogeneración. Se cuenta con una turbina con generadores sincrónicos y asincrónicos y un sistema de control diseñado para entrenamiento y experimentación. La enseñanza se imparte en varios idiomas.

REINO UNIDO

Nottingham Trent University, Department of Electrical & Electronic Engineering, Burton Street, Nottingham NG1 4BU

Tel: +44 115 9418418

Fax: +44 115 9484266

Se ha dictado cursos sobre controladores de generadores de inducción para microcentrales hidráulicas. Existen las facilidades para ofrecer cursos específicos en electrónica y en aspectos hidráulico/mecánicos de sistemas de micro hidrogeneración, en particular hasta 20 kW.

University of Edinburgh, Dept. of Electrical Engineering, Kings Buildings, Edinburgh EH9 3JL. (Contact: Dr. Robin Wallace)

Tel: +44 131 650 5571

Fax: +44 131 650 6554

Se ofrecen cursos a solicitud sobre aspectos de la mini hidrogeneración.

University of Warwick, Department of Engineering, Coventry CV4 7AL.

Fax: +44 1203 418922

Se ofrecen cursos sobre mini hidrogeneración.

Department of Engineering, P.O. Box 225, University of Reading, Whiteknights, Reading RG6 2AY. (Contact: Dr. John Burton)

Tel: +44 1734 875123

Fax: +44 1734 313327

Se ofrece cursos sobre micro hidrosistemas en un módulo de 2 semanas como parte del programa de maestría en Energía en la parte de energías renovables. El curso incluye, clases y trabajos de laboratorio cubriendo muchos aspectos de la micro hidrogeneración en las áreas de mecánica, electricidad y sistemas de control.

Mini Hydro Power Group, c/o ITDG, Myson House, Railway Terrace, Rugby, CV21 3HT.

Tel: +44 1788 560631

Fax: +44 1788 540270

Se ofrecen cursos cortos sobre mini hidrogeneración cada año, tanto generales como especiales, en inglés e idiomas regionales. En 1996 se dictaron cursos en Sri Lanka y en Africa Occidental de 3 a 4 semanas de duración.

Water Power Engineering, Coaley Mill, Coaley, Dursley, Glocs GL11 5DS

Tel: +44 1453 890376

Se ofrece una variedad de cursos incluyendo un curso estándar de un día del tipo informativo. Dentro de las facilidades se incluye turbinas Ossberger y turbinas de polímeros.

Centro de entrenamiento de Churwalden

La Asociación Suiza para la Enseñanza y Demostración de Energía (SVLD) tiene el propósito de impulsar la comprensión de la generación de electricidad usando sistemas de generación, usando energías tradicionales y nuevas energías. La filosofía de la enseñanza se basa en una transmisión de conocimientos con apoyo técnico para estimular el interés del estudiante incrementando de este modo sus conocimientos.

Los miembros del Comité de la Asociación representan a escuelas y el comercio con fondos que provienen de las compañías industriales y de generación, donaciones públicas y del gobierno local. La financiación proveniente de estos grupos permitió la construcción de un centro en Churwalden el cual fue inaugurado en 1990. El centro está diseñado para armonizar con el paisaje y los edificios adyacentes e

incluye una sala de clases/laboratorio para 25 estudiantes. Las facilidades de enseñanza del centro incluyen un sistema de micro hidrogeneración de 2 kW con 2 tuberías de fusión de 400 m de longitud con diámetros de 100 y 200 mm que alimentan a la turbina, siendo el salto bruto de 40 m.

La turbina Pelton puede ser conectada directamente tanto al generador sincrónico como al asincrónico. El generador puede operar en forma independiente o conectado a la red de electricidad local a través de un sistema de control completamente instrumentado.

El sistema de control incluye pantallas indicadoras de caudal de agua, temperatura y presión, velocidad de rotación de la turbina y potencia eléctrica de salida. El control hidráulico y la instrumentación permite el estudio hidrodinámico de las pérdidas de pre-

sión y del caudal de agua en los sistemas de hidrogeneración.

El sistema está diseñado para simular la operación de saltos más grandes de sistema de alta potencia. Se ha dado una atención particular a la seguridad de operación de un hidrosistema y a las medidas de seguridad que tienen que ser tomadas en cuenta.

En Churchwalden, la teoría y la práctica de la hidrogeneración está estrechamente vinculada a otros aspectos que incluyen la geografía, geología, comercio, ciencias ambientales y turismo.

Los cursos se ofrecen a estudiantes de la escuela secundaria, colegios técnicos, estudiantes graduados en ingeniería y a cuerpos técnicos de las centrales hidráulicas. Las personas y grupos interesados pueden dirigirse a la dirección indicada en la lista de instituciones de entrenamiento publicada en esta edición.

Uso de altímetros en evaluaciones hidráulicas

En los estudios de pre-factibilidad y factibilidad para la mini hidrogenación se requiere por lo general, que los saltos sean medidos con una precisión de ± 5 por ciento. El uso del equipo convencional de topografía, a pesar de que es muy preciso, puede ser lento y caro para este tipo de aplicación, particularmente en el caso de lugares de grandes caídas en áreas muy cubiertas de árboles.

Los altímetros manuales ofrecen la posibilidad de una rápida medición del salto, a pesar de que los altímetros mecánicos son por lo general, bastante pesados y bastante delicados, requiriéndose de un entrenamiento especial para las lecturas. En las últimas décadas, el comportamiento de los altímetros electrónicos ha mejorado significativamente, sobre todo debido a la demanda del deporte de planeadores. En la actualidad, se encuentran disponibles en el mercado altímetros de agrimensura tanto mecánicos como electrónicos, pero su costo excede los US\$1200.

Revisión comparativa

Hace poco realizamos una búsqueda de altímetros de vuelo de las mejores marcas europeas dentro del rango de precio entre US\$300 y US\$800, para evaluar la posibilidad de usarlos en los estudios preliminares de un lugar considerando su bajo costo y disponibilidad en el mercado.

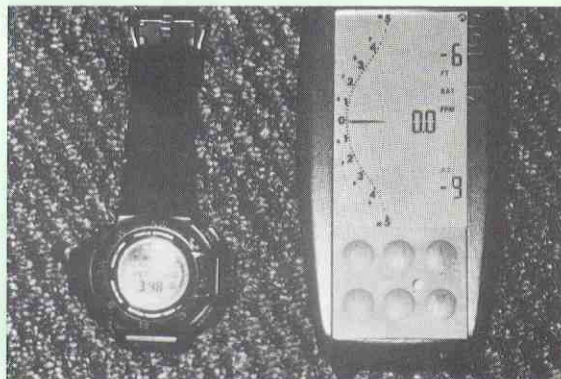
Las unidades probadas correspondían todas al tipo de instrumentación de vuelo en planeadores y aviones ultra ligeros, todos ellos equipados con variómetros -para medir la tasa de variación de altitud- y con funciones altimétricas. Estos instrumentos operaban con baterías secas y eran com-

pactos y livianos. Por interés general se incluyó el altímetro de pulsera Casio ATC 1000.

Los altímetros fueron probados rápidamente por su precisión, facilidad de operación y estabilidad a la temperatura. Las lecturas para la medición de altura fueron comparadas con la altura de una colina de altura conocida después de haberse ajustado al nivel del mar. Para corregir la desviación de precisión se usó un barómetro como patrón de referencia. La estabilidad a la temperatura se verificó variando la temperatura ambiental de 15°C a 5°C.

Los altímetros de este tipo miden la presión del aire y convierten esta medición en una lectura de altitud. Para lograr mediciones precisas, al momento de registrar la desviación de la presión del aire, esta debe ser monitoreada con un barómetro de referencia. Durante nuestros ensayos, por ejemplo, la presión del aire se elevó en un equivalente de 10m mientras se tomaban las lecturas. Un método alternativo consiste en tomar una serie de lecturas, lo cual permite una compensación de la desviación de presión. En lo referente a la compensación de temperatura existe una fuente de error proveniente de las variaciones transitorias agudas de la temperatura, las cuales deben evitarse durante el uso del instrumento.

Mientras se realizan las correcciones de las lecturas, como se han descrito anteriormente, y se empleen por encima de los 100 metros, los instrumentos de estos precios ofrecen una precisión de por lo menos ± 10 por ciento. La mayoría de los modelos probados ofrecían una precisión por mayor del $\pm 2\%$ por encima de los 2275 m. Estos niveles de



precisión son a menudo adecuados para estudios de pre-factibilidad, convirtiéndose así los altímetros de vuelo en una herramienta adicional útil para viajes de evaluación.

Altímetro Casio ATC 1000 (izquierda) y el altímetro electrónico Digifly VL 100 (derecha)

Descubrimientos de la comparación

El modelo Davron es una herramienta amplia de vuelo, que justifica su alto precio solo por su función altimétrica, y resulta interesante a pesar de su compatibilidad con el sistema de posicionamiento mundial (GPS) y del hecho de que puede descargarse Davron ofrece a un bajo costo extra la calibración de instrumentos individuales para satisfacer los requerimientos de sus clientes.

La marca Brauniger es similar en precisión pero más básica en la operación, con 3 m de resolución.

Las marcas Piccolo y Firefly son instrumentos semejantes, fáciles de usar y robustos. El Piccolo es más caro, pero se comportó marginalmente bien en nuestros ensayos y tiene dos años de garantía. El altímetro Casio resultó ser sorprendentemente preciso y no debe descartarse para evaluaciones rudimentarias, a pesar de sus 5 m de resolución y que su compensación limitada de temperatura lo descarta para un trabajo más preciso.

Resultado de la comparación de altímetros de bajo costo

Fabricante	Piccolo	Davron ¹	Digifly	Brauniger	Casio
País de origen	Suiza	Reino Unido	Italia	Alemania	Japón
Modelo	Estandar	801	VL 100	Estandar	ATC 1000
Costo (US\$)	450	682	310	380	110
Lectura a 275 m	88	300	278	284	290
Error (m)	+3	+15	-7	-1	+5
Error (%)	1	5	2.5	0.3	2
Compensación de temperatura	Buena	Buena	Buena	Buena	Pobre
Resolución (m)	1	1	1	3	5
Tiempo de estabilización (s)	~0	30	~0	30	60
Rango de memoria	completo	completo	completo	solo pico	limitado
Función barométrica	No	Sí	No	No	Sí
Dimensiones (mm)	75/100/35	155/115/35	130/70/40	160/95/35	30/30/12
Peso (g)	200	400	200	290	60
Garantía (año)	2	1	1	1	1
Facilidad de uso	Excelente	Aceptable	Muy buena	Buena	Aceptable
Opinión general	★★★★★	★★★★	★★★★	★★	★★★

¹ El altímetro Davron 801 incluye una ayuda de descarga del Sistema de Posicionamiento Mundial.

El Proyecto Hilly fomenta el desarrollo de la Mini hidrogenación en la India

El proyecto hidráulico Hilly, cuyos trabajos empezaron hace poco en el norte de la India, promete jugar un rol significativo en la reducción de las emisiones de CO₂ mediante el uso de minicentrales hidroeléctricas (con una capacidad de hasta 3 MW). El proyecto se orientará al uso de madera como combustible y a aspectos ambientales en las áreas del proyecto.

Este proyecto se concibió por primera vez a finales de la década de 1980 y ha sido planeado para una duración de 3 años contando con una donación de US\$7.5 millones por parte de la Global Environmental Facility del Banco Mundial y así mismo con US\$7.5 millones de financiación por parte del Gobierno de la India.

La ubicación geográfica del proyecto es una región rica en potencial para la mini hidrogenación localizada a los pies de las montañas de los Himalayas.

El proyecto es muy amplio y sus objetivos están dirigidos a:

- el desarrollo de carga para maximizar el uso de la capacidad instalada;
- la implementación de sistema de mini hidrogenación "modelos" y a la modernización de los ya existentes; y,
- al desarrollo de planes zonales y planes maestros para las regiones bajo estudio.

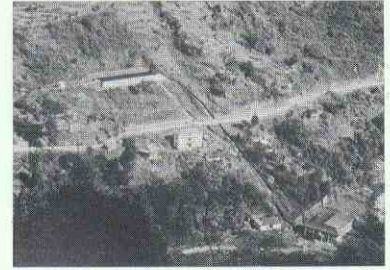
En las zonas remotas de la India, existen en operación un número significativo de minicentrales de derivación con un factor de carga tan bajo como el 18 por ciento. Se examinaron las maneras de mejorar esta situación tales como mejorar la operación, la administración y confiabilidad de las centrales exis-

tentes e introduciendo opciones de incentivos de tarifas duales que abarquen tecnologías innovativas, de aparatos domésticos para aumentar el consumo en las horas de menor demanda. Las lecciones aprendidas en los lugares pilotos de los sistemas existentes se aplicarán en los nuevos proyectos "modelo", y se diseminarán en toda la región.

El desarrollo esporádico de proyectos de microgeneración también se ha dado en esas regiones. Como parte del proyecto Hilly, el proyecto Water Mill Block incluirá el diseño y ejecución de hasta 100 nuevos sistemas de molinos hidráulicos dentro del rango de 5 a 100 kW. Esto significará la revaloración de las posibilidades de fabricación local y el diseño de turbinas así como la introducción de sistemas modernos de control tales como la regulación electrónica de carga de estado sólido y el diseño de nuevas turbinas.

La experiencia ganada durante el proyecto se usará para realizar planes regionales y planes maestros. Los sistemas geográficos de información (GIS) y de sensoramiento remoto (RS) ya se están usando en las etapas preliminares. Los GIS se usan para manejar las grandes cantidades de datos coleccionados de cada lugar potencial y presentarlos en un formato adecuado para su análisis. Los sistemas RS mediante satélites suministrarán imágenes satelitales para ser usadas en la generación capas de datos de uso del terreno, destacando las áreas capaces para la mini hidrogenación.

La mayor parte del trabajo será reali-



Minicentral hidráulica autónoma en Sikkim en el norte de la India.

zado por consultores nacionales con alguna ayuda de expertos internacionales. Los consultores nacionales del proyecto que pueden mencionarse son Alternate Hydro Energy Centre, Tide Technocrats, Tata Energy Research Institute, y Consulting Engineering Services. Los consultores internacionales son el Mini Hydro Power Group (incluye Dulas y ITDG del Reino Unido y SKAT de Suiza), IT Power del Reino Unido y Mead & Hunt de los EE.UU.

Las opciones de tecnología innovadora de todo el mundo se ha juntado alrededor de los consultores internacionales y están siendo consideradas para su uso en los proyectos piloto.

Conforme se desarrollan los proyectos, se pondrá mayor énfasis en la participación de la comunidad y en aspectos específicos de propiedad y administración de los sistemas aislados de mini hidrogenación. Estos aspectos son de interés particular en relación con los antecedentes de un país, donde la participación del sector privado aumenta rápidamente, se apoya la inversión extranjera y donde la participación internacional en la industria está aumentando.

Participación local en un proyecto del África

El primer sistema de micro generación comunitario usando mayormente materiales de origen local acaba de ser encargado en Zimbabwe. El proyecto de derivación de 20 kW que emplea tecnología de Europa, Asia y África suministra energía a una granja en Nyafaru en las montañas orientales de Zimbabwe. El proyecto fue administrado por el Programa de ITDG.

Un fabricante de turbinas, Krishna Nakarmi, fue invitado a Zimbabwe para construir una turbina de flujo transversal de diseño suizo SKAT T7 y para transferir parte de sus habilidades y experiencia en la construcción de turbinas.

El acero para la base de la turbina, carcasa, válvula, eje del rodete y discos se obtuvo de un depósito de chatarra. Así mismo se emplearon tuercas, pernos y cojinetes fabricados localmente. La turbina fue construida por Nakarmi trabajando con

tres técnicos locales empleando talleres en Harare. Se entrenó a cuatro técnicos para la operación y mantenimiento del regulador electrónico de carga (ELC) suministrado por el Reino Unido, el cual disipa energía a través de balastos calentadores. Este controlador es el primero de su clase en Zimbabwe.

Las obras civiles fueron terminadas usando el trabajo de la comunidad con sólo una supervisión de ingeniería intermitente. La energía se transmitirá mediante una línea de 1800m a 11 kV hacia el pueblo y granja y está preparada para la expansión de la granja a nuevas áreas productivas, suministrando luz a dos colegios, una tienda y una clínica.

Existe un considerable interés local en el proyecto el cual puede ayudar a impulsar el desarrollo de considerables recursos en el área.

Mini Hydro Power Group

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

Comité Editorial

A. P. Brown (Editor-coordinador)
R. Meizler (FAKT)
T. Scheutlich (PC)
R. Widmer (SKAT) y
A. B. Harvey (ITDG)

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



CUADRO 4
ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE TEMPATE

Ítem / Tipo de costos	Costos (US\$)
Prensa Sundhara (Nepal)	2,100
Motor E89/PIM (India) 600	
Transporte (estimado)	1,500
Casa molino	2,000
Total de costos de inversión (US\$)	6,200
Personal 6 meses x US\$ 100	600
Mantenimiento y reparación (8% inversión/a)	500
Depreciación (10% inversión/a)	620
Intereses (12% inversión/a)	744
Combustible (1 litro Diesel/h x 0.304US\$/l x 1,440 h/a)	438
Nueces de tempate (1,440 h x 57 kg/h x 0.034 US\$)	2,830
Administración (5% de suma de costos operativos)	290
Otros (3% de suma de costos operativos)	175
Total de costos de operación (US\$/año)	6,197
Venta de aceite (1,440 h x 57 kg/h x 28% x 0.28 US\$/l)	6,435
Venta de torta (1,440 x 57 kg/h x 72% x 0.017 US\$/kg)	1,004
Total de venta de aceite y torta (US\$/año)	7,439
Queda como ganancia, luego de cubrir todos los costos de la unidad extractora de aceite de tempate (US\$/año)	1,242 (+)

Se asume que para la ESTACIÓN EXTRACTORA DE ACEITE DE TEMPATE:

- La prensa Sundhara y el motor se compran en Nepal y la India respectivamente.
- La estación extractora de aceite funciona 6 meses, a 24 días por mes y 10 horas por día; es decir, 1440 horas al año. La prensa procesa 57 kg de nuez de tempate por hora.
- El precio a pagar por cada kilo de nuez del tempate es de 0.30 centavos de Colón (equivalente a 0.034 US\$/kg). El precio de venta del litro de aceite de tempate es de 2.43 centavos de Colón (equivalente a 0.28 US\$/litro)
- El precio de venta del kilo de torta prensada de tempate es de 0.15 centavos de Colón (equivalente a 0.017 US\$/kg). Del procesamiento se obtiene 28% de aceite limpio y 72% de torta y sedimento. En los cálculos no se considerará un precio para el sedimento, y por ello el sedimento será tratado como torta prensada, es decir, con un precio inferior al usual.

Este artículo continuará en Hidrored 3/96

Fe de Erratas

En la edición de la revista HIDRORED 1/96, en el artículo titulado "La selección de bombas usadas como turbinas" se filtraron algunos errores involuntarios que a continuación corregimos:

Página 13:

Dice: "Primero se calcula la velocidad específica adimensional como bomba WP:"

Debe decir: "Primero se calcula la velocidad específica adimensional como bomba Ω_p :"

Las fórmulas [1a], [4], [9] y [10] deberían ser como sigue:

$$\Omega_p = \frac{\hat{\Omega}_p \text{ [rad/s] } \sqrt{\hat{Q}_p \text{ [m}^3\text{/s]}}}{(g \text{ [m/s}^2\text{] } \hat{H}_p \text{ [m]})^{0.75}} \quad [1a] \quad \hat{\eta}_* = 0.95 \hat{\eta}_p^{0.7} [1 + (0.5 + \ln \Omega_p)^2]^{-0.25} \quad [4]$$

$$C_H = \left[1 - E_T + \frac{E_{2T}}{2} \right] \frac{\hat{H}_*}{\hat{\omega}_*^2} \quad [9]$$

$$A_p = E_T \frac{\hat{P}_*}{\hat{Q}_* \hat{\omega}_*} \quad [10]$$

Referencia bibliográfica:

(Ref. 1) Alatorre Frenk, Claudio (1994). *Cost Minimisation in Micro-hydro Systems Using Pumps-as-turbines*, tesis de doctorado, University of Warwick, Reino Unido.

Coaza: una experiencia diferente en desarrollo rural

Alfredo Oliveros D.*

A continuación, relatamos brevemente la historia de una población andina que decidió emprender por sí misma un proceso de desarrollo tomando la electrificación como un medio y no como un fin, siendo esto último lo que generalmente se hace en nuestro país. No se trata de una población andina pequeña, como muchas que han vivido por generaciones en la oscuridad, al margen de las ventajas de la electricidad, sino de una capital de distrito que ha corrido la misma suerte.

Todo empezó en marzo de 1991, cuando cansada de promesas y frustraciones, la población decidió emprender por sí misma su proyecto de electrificación, con la asistencia de una ONG de Lima. Un Municipio con muy pocos recursos económicos y una población muy desconfiada decidieron en asamblea ser ellos mismos los protagonistas de esta historia, cansados ya de sólo recibir estudios y promesas y, en alguna oportunidad, un grupo estacionario que funcionó durante una hora.

Durante esta asamblea se analizaron posibilidades que van desde obras civiles con equipamiento sofisticado a recibir en donación, hasta estos mismos elementos esta vez con tecnología apropiada y cuyo costo debería ser cubierto por ellos mismos. También se discutió desde la energía para la iluminación las casas y la plaza, hasta la energía para industrializar los productos agropecuarios locales. Ante el asombro de los extraños, se optó unánimemente por una obra y equipamiento con tecnología apropiada y aplicaciones de la energía a la industria para promover el desarrollo, a ser financiada con recursos propios. Se dio cuenta de la existencia de gran cantidad de tubos de acero en una mina abandonada por casi 50 años, a unos 40 Km de distancia de la comu-



nidad. Luego de inspeccionar los tubos y de recibir la conformidad de los técnicos, se tomó la decisión de traerlos a Coaza. Organizadas las cuadrillas, se empezó a traer los tubos. Eran de 11", tenían una longitud de 5.0 m y pesaban 90 Kg. Para llegar a la comunidad había que pasar tres apachetas (puntos más altos de la cordillera) y caminar en grupos de seis personas por senderos que corren por desfiladeros muy pronunciados. Lo hacían cantando, compitiendo, con gran alegría y derroche de energía. Un misionero suizo me contó que participó en esta faena y que fue "una experiencia maravillosa".

Luego vinieron las obras civiles. Al comienzo hubo temor, dijeron que no podrían llevar a cabo esta obra solos, no se atrevían. Nos pidieron un maestro de obra para que los acompañara y, a los pocos días, llamaron por teléfono para decirnos "que se regrese porque ya lo podemos hacer solos". En las faenas participaron hombres, mujeres y niños. Hubo entusiasmo pero también miedo. Era época de terrorismo y existía siempre el temor de que aparecieran los "tíos".

Mientras se avanzaban las obras civiles, en Lima se comenzó la construcción de la maquinaria electromecánica: turbinas y tableros en pequeños talleres, generadores y válvulas en talleres medianos, usando tecnología apropiada.

El entusiasmo era grande pero los recursos no. Los envíos de dinero eran pequeños en relación a los gastos. La parroquia decidió ayudar y puso recursos que aceleraron la construcción de la maquinaria, en atención a su propuesta "un paso Uds. y un paso nosotros". Así, llegamos a fines de 1992. Los recursos escasearon nuevamente pero esta vez el Municipio puso lo necesario. Teníamos que compartir los escasos fondos con que contaba la comuna. Se construyeron los tableros eléctricos y se compraron los accesorios del equipo electromecánico: poleas, válvulas, etc. Comenzaron los preparativos para el montaje. Llegamos así a fines del 1993.

La población se desanimó. Habían pasado tres años y todavía no había luz. A comienzos de 1994, se envió la maquinaria a Coaza y se inició la construcción de la casa de máquinas. Luego, vinieron el tendido de la tubería de presión y la instalación de la maquinaria enviada. Todavía nos faltaba la red. Se presentó un proyecto a un fondo del Estado y se consiguió la financiación de la red eléctrica vía préstamo pagadero en cinco años, cuando se generara la luz. La población tuvo entonces más confianza.

En setiembre de 1994, se compraron todos los materiales para el tendido de la red y también los postes, lo que no fue fácil. Para ello, el Alcalde tuvo que viajar al Cusco con el fin de escoger en el mismo bosque los mejores árboles. En diciembre de ese año se inició el tendido de la red, que finalizó en febrero de 1995. Se acercaba la prueba de fuego. Habíamos tenido problemas con el generador y, de nuevo, el desencanto de la población. La única máquina industrial, aunque funcionaba, no podía sostener la carga por mucho tiempo. Queríamos salir a la red, pero no había modo de sostener la carga. Se produjeron visitas y discusiones con el fabricante.

El 24 de marzo de 1995, a la tercera prueba y luego de modificar las conexiones originales dentro del generador, la máquina se conectó a la red. Esa vez ya no hubo quien la pare, y por muchas horas. Como reza el dicho, "a la tercera va la vencida". La alegría fue grande, el júbilo desbordante. Un sacerdote me llamó desde Ayaviri para darme la noticia. Era justamente el día de mi onomástico y recibí el mejor regalo posible: dar satisfacción a tanta gente del campo, un poco de fe y esperanza.

El 1º de mayo se inauguró esta obra, coincidiendo con la fiesta patronal. Yo sólo estuve dos días, pero las celebraciones duraron dos semanas. A Coaza le dicen "La perla de Carabaya". La noche de la inauguración, fue hermoso ver esta perla iluminada con 400 postes. Hubo muchos discursos pero yo no me atreví a hablar, consciente de que todavía faltaba mucho y de que el camino del desarrollo es largo y duro. No quería ser "aguafiestas". Pensé silenciosamente en la gran labor cumplida por el alcalde, que fue la persona que puso el pescuezo durante esos cuatro años y quien me llamó todas las semanas en ese tiempo. Pensé igualmente en el párroco, quien también creyó en nosotros, y pensé en todos los técnicos e ingenieros que me ayudaron y a quienes considero parte de esta historia.

En la cuadro se presentan los datos técnico-económicos de la microcentral de

Coaza. En él se podrá apreciar de modo más objetivo lo que significó para el Municipio y la población el hecho de afrontar este compromiso.

El dinero proporcionado por el Municipio se utilizó principalmente en la obra civil, el de la población y de la parroquia en la maquinaria electromecánica, y el préstamo íntegramente en la red eléctrica secundaria.

La tarifa eléctrica acordada por la población fue de 10 soles mensuales (aproximadamente 3.85 US\$ por mes), mientras que en los proyectos que realizaba el gobierno se estaba pagando 35 soles mensuales por el mismo beneficio. Se piensa que en un futuro cercano los comerciantes pagarán más y que existirán tres categorías para el uso doméstico, de modo que el servicio pueda llegar a la población de menores ingresos.

Ahora nos enfrentamos a otro reto: dar un servicio ininterrumpido y eficiente. Para esto, hemos capacitado a un equipo de tres trabajadores del Municipio. Pero debemos organizarnos mejor para lograr una disciplina casi ciudadana y conseguir este objetivo, lo que tomará tiempo. Nuevo aporte de la parroquia. Estamos trabajando también en un plan de desarrollo y en los proyectos industriales. Preveo que se acerca otra jornada larga, pero necesaria.

Para terminar, hago una breve reflexión: después de todos estos años trabajando en desarrollo con tecnología apropiada, creo que el subdesarrollo es mental; se llega hasta donde se quiere y por el camino que uno escoge. ¿No creen ahora que la electrificación de Coaza es una experiencia diferente?

Espero que otros pueblos tomen el camino de Coaza y que otros técnicos los apoyen con el desprendimiento que este tipo de obras requiere. También espero que el Estado apoye de una manera más decidida iniciativas como la mostrada en este artículo; que se permita su replicabilidad a nivel nacional.

(*) Director ejecutivo de Energía, Desarrollo y Vida - EDEVI

Datos Técnico-económicos de mcH de Coaza		
Potencia:	2 x 50 kW	
Tipo Turbina:	Michell Banki, Mod. SKAT T 03	
Canal:	2,000 m. en piedra, revestido en cemento	
Generador:	ALGESA, trifásico 220/380 V, 50 kW	
Financiamiento:	Municipio	100,000 US\$
	Población	13,000
	Parroquia	20,000
	Préstamo	90,000
Inversión total:		223,000



El generador eléctrico de baja reversibilidad, el generador eléctrico comercial y sus perspectivas en la explotación de energía renovable

Ing. Pedro O. Díaz Fustier*

En los planes electroenergéticos existe una tendencia al desarrollo de fuentes de energías renovables, buscando alcanzar rentabilidad frente a las fuentes de energía convencionales y a la energía nuclear. Ese reto es una realidad insoslayable, ante las cada vez más crecientes necesidades energéticas. En esa lucha titánica en la que mayoritariamente los esfuerzos son, en el eslabón más débil de la cadena, motor primario - generador eléctrico, nosotros llevamos casi dos docenas de años mejorando el tan consolidado generador eléctrico. Éste se mantiene casi inalterable básicamente desde principios del siglo y, sin apartarnos de la ley de Faraday que le da vida, enfrentamos un nuevo enfoque: "El Principio de Unidireccionalidad de Intensidad de Flujo Magnético". Y aunque ya tenemos éxitos innegables, aspiramos a alcanzar, por esa vía, objetivos técnicamente muy ambiciosos.

Las fuentes renovables de energía se caracterizan por sus relativamente moderadas e incluso bajas revoluciones en el eje motriz. Esto puede obligar o no al uso de un multiplicador de velocidad que encarece la instalación, a la vez que constituye una fuente adicional de posibilidades de roturas.

En ocasiones, dada la simplicidad, robustez y, sobre todo, bajo costo relativo de los motores asincrónicos, éstos se usan frecuentemente como generadores eléctricos, siendo necesario:

- Existencia de fluido eléctrico.
- Una sobrevelocidad en su eje (por encima de la velocidad síncrona).
- Se debe usar bancos de capacitores para compensar el reactivo.

Todo esto, teniendo como ventaja adicional la no imperiosa necesidad de regulación de la velocidad de regulación.

Lo anteriormente señalado se puede resumir en términos económicos con el siguiente ejemplo básico: un generador síncrono comercial de 40 kW / 1500 - 1800 r.p.m. (4 polos), cuyo similar de 1000 - 1200 r.p.m. (8 polos) costaría, con relación al primero, 2.3 veces más. (Este dato fue obtenido de ofertas de una firma

mexicana que vende generadores síncronos y asincrónicos para micro y mini-hidroeléctricas). Tenemos también una diferencia de precios promedio entre generadores síncronos y asincrónicos a igual potencia nominal y número de polos de un 36% aproximadamente.

Nuestro generador eléctrico de baja reversibilidad posee mejor precio que un generador asincrónico de igual potencia y número de polos, sin dejar de ser un generador síncrono. Esto es motivado por:

- Carencia de laminación.
- Carencia de ranurado.
- No requiere de aceros electrotécnicos (se puede proyectar desde acero corriente hasta hierro fundido).
- Posibilidad de fundición de todo su circuito magnético.

Independientemente de su competitividad económica, técnicamente tiene las siguientes ventajas, comparado con su equivalente síncrono:

Mejor rendimiento (3.7% por encima en 1500 r.p.m. / 10 kW / 230 V)

- Mejor capacidad de sobrecarga (50% por encima)
- Mejor regulación de voltaje (la mitad)
- Inferior reacción de inducido (la cuarta parte)

Estas características le dan un aval para el uso de fuentes renovables de energía, ya que el número de polos no encarece tanto al generador. El costo de un generador eléctrico de baja reversibilidad de 10 polos no es muy superior -a igual potencia nominal- que el de un generador síncrono comercial de 4 polos y ofrece la posibilidad de mejorar el rendimiento, aumentando la eficiencia energética del conjunto.

El generador eléctrico de baja reversibilidad tiene hoy mayor peso y volumen que los síncronos equivalentes, pero no tenemos posibilidades de recursos para su desarrollo y mejoras, lo que impide mejorar y ampliar sus posibilidades técnico-económica. Queda demasiado por investigar. Como autor principal de este trabajo, no considero que el generador eléctrico de baja reversibilidad desplace al generador eléctri-

co actual incluso con el máximo apoyo. Pero sí lo complementa con ventajas, así como el Diesel a motor a gasolina: ambos viven y cada cual tiene vida propia, contribuyendo al bienestar del ser humano.

(* Para mayor información dirigirse a

Ing. Pedro O. Díaz Fustier

Aranguren #635 apto. 8

e/ Emilio Núñez y Masó. Cerro

C.P. 10600.

La Habana - Cuba

IMPRESSUM

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

Corresponsales:

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

Comité Editorial:

Teodoro Sánchez (ITDG-Perú)
Walter Canedo (PROPER-Bolivia)
Carlos Bonifetti (MTF-Chile)

Editores Asociados:

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

Editores:

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

Traducción:

Federico Coz

Corrección:

Fortunata Barrios

Coordinación:

Saúl Ramírez, Homero Miranda
Beatriz Febres, ITDG-Perú

Producción:

Soleidad Hamann, ITDG-Perú

Impresión:

Tarea Gráfica Educativa

VII encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos

CAJAMARCA - PERÚ
14 - 18 DE JULIO DE 1997

MAYORES INFORMES:

BOLIVIA (Cochabamba): Walter Canedo, PROPER, Telf.: (59) 42-50327 Fax: (59) 42-49649
e-mail: wcanedo@proper.bo

CHILE (Concepción): Carlos Bonifetti, MTF (Máquinas de Termofluidos Ltda.).
Telf.: (56) 41-310793 Fax: (56) 41-314066

COLOMBIA (Bogotá): Mauricio Gnecco, FDTA. Telf.: (57) 86-645520 Fax: (57) 86-632692

ECUADOR (Quito): Milton Balseca, Telefax: (59) 32-654407 e-mail: balgran@sun5.espe.edu.ec

MÉXICO (Xalapa): Claudio Alatorre, Telf.: (52) 28-141333 Fax: (52) 28-145134
e-mail: alatorre@lead.colmex.mx