

HIDRORED



Red de Micro Hidroenergía

ISSN 0935 - 0578 2/93

Contenido

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Hidroenergía familiar en Vietnam. | 2 |
| La turbo-bomba NDUME: Experiencias de un usuario. | 4 |
| ¿Vale la pena restaurar las antiguas turbinas Francis de pozo? | 5 |
| Propietarios orgullosos: Ruedas hidráulicas en Chile. | 8 |
| Turbina de baja caída en el Perú. | 10 |
| Bajas caídas son cada vez más atractivas en Suiza. | 12 |
| Noticias Regionales. | 16 |

Estimado lector ,

La utilización de bajas caídas para una MCH constituye un reto. En el número 3/92 nos ocupamos del aspecto económico de las MCH y planteamos la necesidad de un análisis «limpio» de la inversión y su rentabilidad. La inevitable pregunta: «¿rinde esta MCH?» cobra mayor importancia en el caso de las bajas caídas. Debido a que en este tipo de caídas se trabaja con grandes caudales, las turbinas tienden a ser pesadas y de baja velocidad de rotación; en consecuencia, no sólo el equipo electromecánico sino también las obras civiles resultan ser más costosas. Sin embargo, en la última década, se han realizado esfuerzos considerables y parcialmente exitosos en lo que respecta al desarrollo de técnicas para abaratar costos. Así por ejemplo, ya se encuentra disponible el reciente modelo T12 de turbina de flujo transversal de diseño mejorado. Asimismo, se puede contar con reguladores electrónicos de carga combinados con motores de inducción usados como generadores que facilitan el trabajo a los potenciales usuarios de las caídas bajas. El presente número nos informa no sólo sobre la experiencia adquirida en este campo, sino que también revisa algunas tecnologías tradicionales, tales como las ruedas hidráulicas y las turbinas de pozo.

Thomas Scheutzlich, PC.

Tema principal:
uso de turbinas
de bajas caídas

Hidroenergía familiar en Vietnam

por J. P. Green

Instalaciones hidroenergéticas familiares, constituidas por una turbina y un generador entre 50W y 1kW, se están usando ampliamente en Vietnam, donde se han instalado alrededor de 3,000 unidades. La ventaja que presentan estos grupos es que son fáciles de instalar y tienen bajo costo de adquisición. Se pueden adquirir en el mercado por sumas tan bajas como US\$ 28 por una turbina y un generador, que suministrarán 80W.

De una población de 65 millones en Vietnam, 12 millones no podrán recibir energía eléctrica por extensión de las redes eléctricas de los sistemas de distribución existentes debido a los altos costos. Muchas de estas personas viven en las regiones montañosas del país, donde existe un gran potencial para el desarrollo hidroenergético. Precisamente en estas regiones, las familias han optado por las unidades familiares para el suministro de luz eléctrica, que es su principal uso.

Estos grupos también se usan para cargar baterías que, a su vez, permiten el suministro de energía para iluminación y, a veces, para la televisión. Incluso en las zonas bajas, las unidades familiares se han usado en lugares donde es posible obtener de 1 a 2 metros de caída en pequeños arroyos o canales de irrigación. La mayoría del equipo disponible en Vietnam se importa de China, a pesar de que actualmente se está fabricando equipo similar en Hanoi, donde el Centro de Investigación de Energías Renovables (RERC) fabrica grupos de 200W y de 1kW,

que vende localmente en US\$75 y US\$350, respectivamente. Estos grupos son más costosos que sus equivalentes chinos, pero son más eficientes y suministran mayor potencia. El RERC ha desarrollado su capacidad de fabricación copiando el equipo chino.

La tabla 1 de la página siguiente presenta la comparación de costos de algunos de los diferentes tipos de equipos disponibles en Vietnam. El precio no incluye el tubo de succión ni la tubería.

El costo del equipo chino es incrementado en un 30 a 40% antes de ser vendido en Vietnam y es sustancialmente más económico que como se presenta si se compra directamente al fabricante.

La capacidad del equipo chino es con frecuencia especificada como una capacidad mayor de la que en realidad puede rendir. La capacidad especificada de uno de los grupos chinos evaluados fue de 200W; sin embargo, la capacidad máxima obtenida en la prueba fue de 84W (0.4 A y 210V); mientras que el equipo vietnamita proporcionó aproximadamente

200W (1.0 A y 200V). El equipo del RERC aún no es tan popular como el equipo chino debido a que es nuevo en el mercado y mucho más costoso por su capacidad especificada.

Los modelos más populares son aquellos cuyas capacidades varían entre 100W y 200W, que requieren de 1 a 2 m. de caída para suministrar 200V C.A. En comparación con el modelo de 1kW, el modelo de 100W tiene una eficiencia menor y un costo mayor por unidad de energía, pero el costo real de US\$350 es aproximadamente el doble del ingreso anual de un vietnamita típico (el ingreso anual per cápita varía entre US\$150 y US\$200)

Asimismo, es sustancialmente más pesado que el equipo de 200kW y por lo tanto, mucho más difícil de transportar. El grupo de 1kW ha demostrado tener un período de retorno de menos de un año cuando la electricidad se vende dentro del pueblo (Nguyen Duc Loc, 1991).

El equipo chino tiene dos presentaciones, una con hélice de álabes fijos y paletas directrices, como se muestra en la Fig. 1; y la otra, una turbina similar a una de tipo turgo. Para el último modelo se usa frecuentemente tubería de bambú, que requiere de caídas de 6 a 15 m.

Los generadores son máquinas de imanes permanentes de 6 polos, con un suministro a 220V C.A. A diferencia de la mayoría de generadores usados en MCH en Vietnam, que son generadores de motores diesel en desuso, los generadores de hidrogupos son diseñados específicamente para este propósito, con imanes permanentes importados de Polonia. El equipo RERC de 1kW también provee una capacidad de 12 V.C.C.

En algunos casos se incluye un regulador electrónico de carga (ELC) de relay simple, que proporciona aproximadamente un 30% de carga secundaria mediante un balastro de agua fría. Este caso es una excepción, pues la mayoría de los hidrogupos no poseen dispositivos de regulación ni de protección, variando por consiguiente el voltaje con la carga. La máquina turgo incluye un regulador de caudal.

El montaje es relativamente fácil y la mayoría de familias ha instalado el equipo por sí misma sin la ayuda de expertos. A menudo las condiciones disponibles en el lugar no se aprovechan en toda su capacidad pero las ventajas de no tener que depender de organizaciones lejanas o

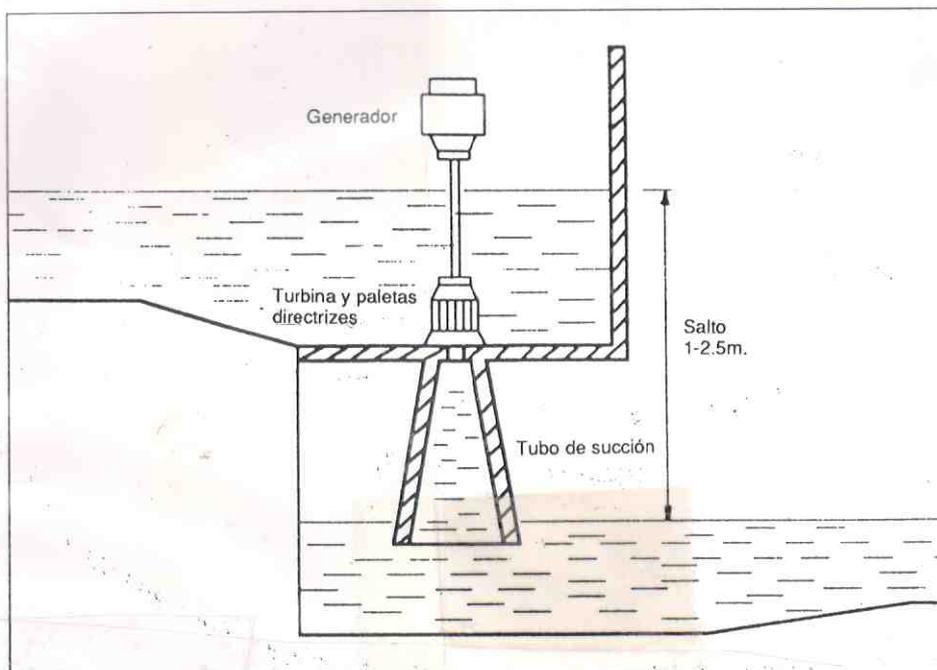


Fig. 1a: Diagrama esquemático de una turbina de hélice de 100W



| Tipo de Turbina | Origen | Potencia (W) | Salto (m) | Caudal (m ³ /s) | Costo en Vietnam (US\$) |
|-----------------|---------|--------------|-----------|----------------------------|-------------------------|
| Hélice | China | 100 | 1 - 2 | 0.015 | 28 |
| Hélice | Vietnam | 200 | 1.5 - 2.5 | 0.020 | 75 |
| Turbobomba | China | 250 | 6 - 15 | 0.005 | 32 |
| Hélice | Vietnam | 1,000 | 2 - 4 | 0.080 | 350 |

Tabla 1: Comparación de costos.

ingenieros compensan, por lo general, las desventajas. En algunos casos, se utilizan varias turbinas donde la disponibilidad de mayores saltos hubiese permitido el empleo de menos turbinas de mayor tamaño.

La popularidad de la hidroenergía familiar se debe a sus bajos costos y a su fácil instalación. Hay muchos informes que sugieren que los equipos chinos son mecánicamente desconfiables, pero incluso si alguno de ellos operase por sólo 15 meses, también se demuestra que puede ser una opción más económica que tener que pagar por cargar baterías en el pueblo más cercano.

La carga de baterías es con frecuencia la única fuente de suministro de electricidad en muchas áreas rurales. La carga de baterías con grupos diesel cuesta unos 2,500 Dong Vietnamita/carga (US\$0,23) para baterías de 60 Ah y 12V (en el mejor de los casos, esto equivale a unos US\$0,33/kWh).

Un típico hidrogro grupo puede suministrar 100 W por 3 horas diarias, por lo general para iluminación (usando bombillas

incandescentes o tubos fluorescentes). A un costo de US\$28 por grupo (US\$280/kW instalado, asumiendo que los costos de mano de obra sean mínimos) y asumiendo que los costos de mantenimiento y operación sean mínimos, la adquisición de un hidrogro grupo resulta económica, en comparación con la carga de baterías, si opera por lo menos durante 15 meses. Para llegar a esta conclusión, se han hecho una serie de supuestos, pero está claro que en comparación con otras fuentes disponibles de electricidad, los hidrogro grupos pueden ser usualmente una opción más económica.

Sin embargo, estos costos son aún muy altos para la mayoría de los vietnamitas de las áreas rurales y sólo los más pudientes pueden asumírselos. Por lo general, los campesinos de arrozales de las zonas bajas tienen un ingreso mayor que los de las zonas altas, razón por la cual la versión de caídas bajas constituye el modelo más popular. En algunos distritos las autoridades vietnamitas están otorgando subsidios para la compra de grupos chinos y el RERC en

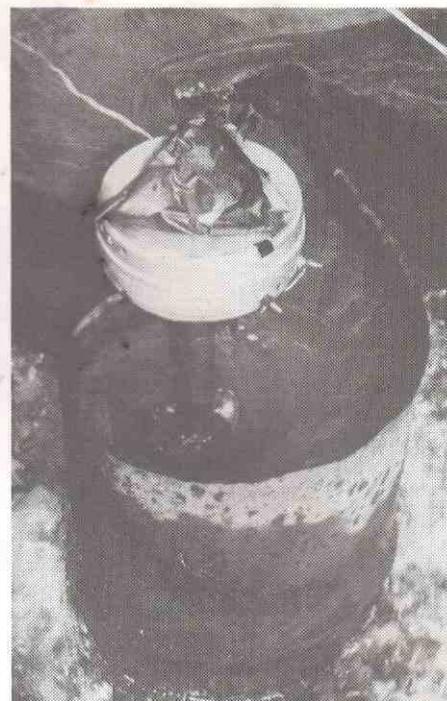


Fig.1b: Unidad familiar de 200W operando en un canal de irrigación.

Hanoi ha venido subsidiando la mayor parte de los grupos que ha vendido en el país.

La Fig. 2 muestra tres unidades familiares instaladas en la provincia sureña de Dong Nai, traídos del norte al mudarse la familia. El terreno de la zona es relativamente plano rodeado de arrozales de tierras bajas. El suministro de energía se usa para la iluminación en las noches, después de lo cual los grupos son, en ocasiones, guardados en la casa por seguridad. Para mayor información sobre las unidades familiares, sírvase contactar con el autor o escribir directamente al RERC a las siguientes direcciones:

J.P Green
Energy Systems Group
Department of Electrical
Engineering
University of Edinburgh
Gran Bretaña

RERC
Hanoi National Institute of
Technology
1 Dai Co Viet
Hanoi
República Socialista de Vietnam

Referencia:

Nguyen Duc Loc, «New and renewable sources of energy application in Vietnam», Asia Energy '91 Conference, Bangkok, 1991.



Fig.2: Tres unidades de hidroenergía familiar en operación para iluminación en Vietnam del Sur.



La turbo-bomba NDUME: experiencias de un usuario

por T. B. Muckle

La invención de nuevos métodos de bombeo para diferentes usos ha sido una actividad de siempre. A continuación se presenta uno de estos métodos para caídas bajas y caudales reducidos.

La turbo-bomba NDUME consiste en una turbina de flujo axial acoplada directamente a una bomba de pistones opuestos. La tubería o toma está hecha de cilindros de aceite de 200 litros, soldados en forma de un tubo, al cual se enrosca la turbina en su extremo final.

Las turbinas de flujo axial operan con caídas bajas en comparación con otros tipos de turbinas. En el presente caso es suficiente una caída de 1.5m. y la descarga de la bomba depende del caudal disponible. Los lugares con bajas caídas existen en muchas áreas e incluso en el caso en que tengan que ser creados, el costo es normalmente menor que en el caso de las turbinas de flujo transversal o Pelton, que por lo general se encuentran sólo en áreas escarpadas y montañosas.

Las bombas de pistón operan a velocidades variables, lo que permite que la turbo-bomba continúe operando, aún a velocidades reducidas, a medida que el caudal del arroyo disminuye, incluso hasta el punto en que las bombas centrífugas dejarían de funcionar.

Las turbo-bombas de flujo axial son particularmente útiles en pequeños ríos y arroyos y pueden emplearse en usos domésticos y en crianza de ganado así como en micro-irrigación. La capacidad de la unidad descrita se usa para los siguientes propósitos:

- Doméstico: 15 personas.
- Ganadería: 20 reses, 60 ovejas o cabras.
- Irrigación: 4 Ha. de forraje/frutas/vegetales.

La turbobomba NDUME ha sido desarrollada usando sólo los recursos de la compañía y a la fecha se han vendido alrededor de 300 unidades.

Operación

El rodete acciona los pistones por medio de una manivela de radio variable siendo el agua aspirada y descargada de los cilindros a través de válvulas operadas por diferencia de presiones. El recorrido variable de los pistones permite ajustarlos para un rendimiento óptimo, tomando en cuenta el caudal que circula a través de la bomba

y la altura de bombeo. También permite operar durante períodos de caudales menores, cuando el agua es más necesaria.

Rendimiento

El rendimiento depende del caudal a través de la turbina y la altura total de bombeo. Las bombas de pistón son capaces de bombear a grandes caídas; se ha medido hasta 200 m. pero las caídas de 100 m. son las más empleadas.

La instalación descrita tiene las siguientes características:

- Caída de la turbina: 1.3 m.
- Altura total de bombeo: 45m.
- Longitud de la tubería: 1.7 km.
- Velocidad de rotación óptima: 150 a 180 rpm.

Caudales aproximados:

- Recorrido máximo: 4000 l/h
- Recorrido medio: 3000 l/h
- Recorrido mínimo: 2000 l/h

Como resultado de siete años de experiencia, el recorrido intermedio ha resultado ser el más apropiado, dado que el máximo recorrido sólo puede ser usado en época de lluvias, ¡cuando el agua rara vez se necesita! El recorrido mínimo se usa cuando el caudal disminuye y la velocidad disminuye hasta cerca de 100 rpm. A una velocidad menor el agua no fluye continuamente a través de los álabes y tiende a estancarse.

Mantenimiento

La turbo-bomba es más compleja que cualquier otra combinación de turbina/bomba centrífuga, particularmente porque el cojinete funciona sumergido en agua durante la operación. La lubricación del cojinete y la respectiva protección de los efectos del agua se efectúan manteniendo a los cojinetes de la manivela aislados del exterior mediante sellos de aceite fijados en sentido opuesto al sentido convencional. Como medio lubricante se usa grasa y se puede aplicar mientras la máquina está en funcionamiento. El cojinete de la cabeza de biela es una unidad sellada y se engrasa periódicamente mientras que el cojinete del pie de biela es de material plástico duro y lubricado por agua. La lubricación es esencial para una larga vida del cojinete; en el ejemplo mencionado se está usando un juego de cojinetes de manivela montados en 1987 y que muestran mínimos signos de desgaste.

La máquina normalmente se pone fuera de servicio durante las épocas de lluvias, un total de 50 días por año, cuando el agua no es necesaria. Ello tiende a reducir el desgaste de los anillos del pistón.

Es esencial realizar una visita diaria para eliminar material de deshecho de la toma, así como para el engrase con el fin de asegurar una vida máxima a los componentes.

Reparaciones

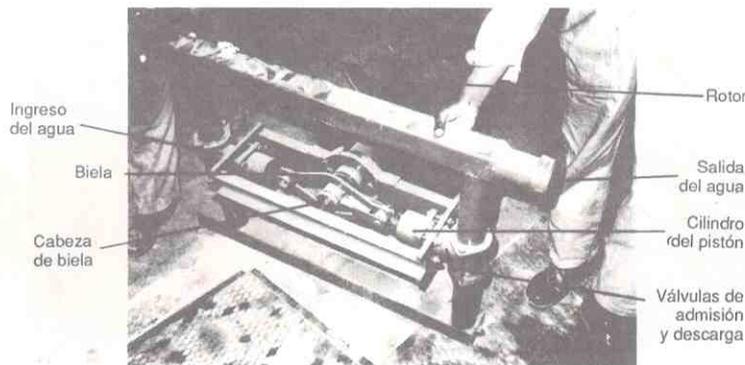
Los cojinetes, sellos y anillos del pistón son componentes estándares de motores de vehículos y aerobombas; y, por lo general, se encuentran disponibles en las instalaciones de servicio para estas máquinas. Sólo se usan dos tipos de tuercas con el fin de simplificar la reparación, que se lleva a cabo aplicando prácticas normales de ajuste. La unidad se puede desmontar fácilmente de los cilindros de aceite y ser llevada a la orilla del río para reparaciones mayores, mientras que las reparaciones más simples se hacen in situ.

La vida típica de los componentes es la siguiente:

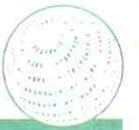
- Anillos de pistón: 9-12 meses.
- Cojinetes de la cabeza de biela: 12-18 meses.
- Cojinetes de la manivela: 2-4 años.
- Cilindro de pistón: 4 años.

Costos de capital

La unidad cuesta



Principales componentes de una turbo-bomba NDUME.



alrededor de US\$1,300 fuera de fábrica, a lo cual se debe añadir los costos de cualquier estructura para controlar y desviar el agua. Estas pueden variar desde estructuras temporales reemplazables hasta medidas permanentes y más costosas. En el presente caso las estructuras temporales fueron abandonadas después de un año por causa de las fugas en el dique durante los períodos de caudal mínimo. El problema se resolvió construyendo un dique permanente.

Costos de operación

El costo de operación depende en gran parte del nivel de material sólido suspendido en el agua, que desgasta los pistones y anillos, así como de la regularidad de lubricación, que controla la vida de los cojinetes. Durante los 7 años de vida de esta unidad, el costo anual promedio de la grasa y repuestos ha sido de US\$ 71, pero esta cifra está disminuyendo como resultado de la modificación de componentes y de la experiencia adquirida en la operación.

Si se usara una bomba accionada por un motor diesel para la misma cantidad de agua, se estima que el motor diesel consumiría unos cuatro litros de combustible diesel diarios durante 300 días del año. A un costo local de US\$0.30/litro, el costo anual ascendería a US\$ 360. A esta cifra se le debe añadir el costo de los repuestos estimado en un 50% del costo del combustible, dando así un costo anual total de aproximadamente US\$ 540. Otros factores como la disponibilidad de repuestos y combustible y su transporte no han sido considerados.

Los siete años de experiencia con la turbobomba NDUME han demostrado su factibilidad en potencializar el agua usando caídas bajas siendo su costo de operación menor que el de cualquier otro sistema. Comparada con una bomba accionada por un motor diesel, el costo de combustible ahorrado en los tres primeros años de operación fue igual al costo de la máquina.

T. B. Muckle
P. O. Box 176
Naro Moru, Kenya

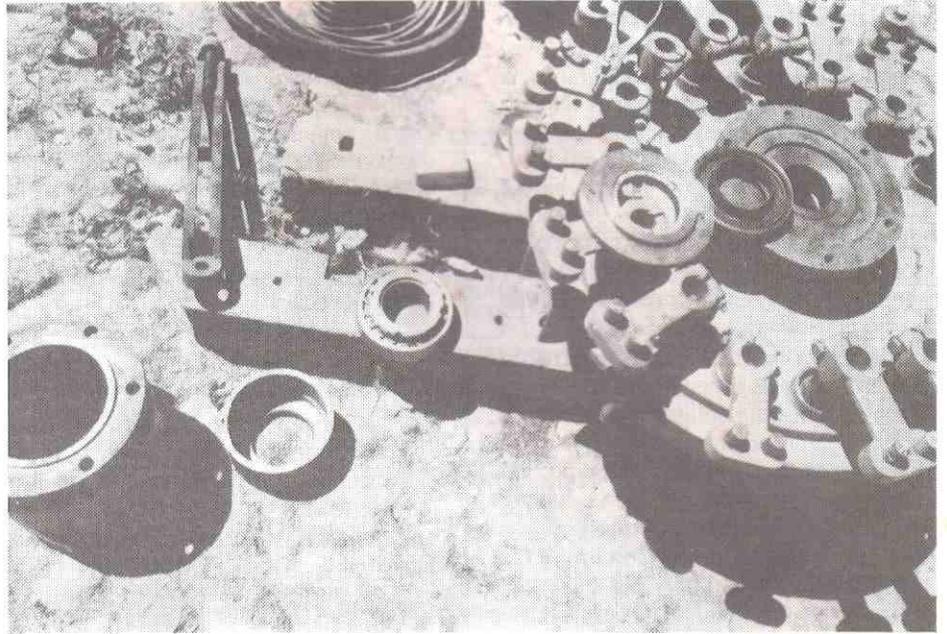


Fig.1: Piezas de una turbina Francis de pozo (Fürmeyer + Witte).

¿Vale la pena restaurar las antiguas turbinas Francis de pozo?

por P. Wicke, PPL

«Todas esas piezas de turbinas pueden seguir durmiendo otros 30 años en sus cajas de madera en ese hermoso lugar y no se deteriorarían», afirmó el Sr. Brümer, especialista alemán en restauración de turbinas y fabricación de molinos de viento, cuando le mostré las fotos (Fig.1) del equipo de una turbina Francis de pozo que había sido enviado hacía 3 décadas y nunca había sido instalado en un área de gran altitud al sur del Perú para reemplazar un molino de oro accionado manualmente usado a principios de la época de la conquista.

«Fue una pena que mi padre y mi abuelo acostumbraran fabricar equipo de muy alta calidad y se dieran cuenta que no necesitaban servicio de reparación y luego, cuando el mercado de turbinas de baja caída en el centro norte de Alemania se saturó, la compañía FÜRMEYER + WITTE empezó a generar pérdidas y finalmente colapsó», respondió Gerda Fürmeyer, hija de Heinrich Fürmeyer, cuando le pregunté sobre los documentos dejados a la familia por el difunto (en 1991) propietario de la desaparecida fábrica, «mi padre no nos dejó ningún diseño y parece que los ratones se comieron gran parte de los papeles y el resto se quemó».

Sólo la compañía FÜRMEYER + WITTE produjo en 50 años unas 15,00 turbinas Francis, la mayoría de ellas del tipo de

pozo. Muchas de las máquinas se enviaron a las ex-colonias en África Central y Oriental y a otras partes del mundo en desarrollo. Unos 10 ó 15 equipos llegaron al Perú.

A partir de aproximadamente 1870 surgieron en la región baja de Prusia una serie de fabricantes de turbinas de bajas caídas. Algunos son conocidos: Briegleb+Hansen en Gotha; Amme - Giesecke - Konegen, Brunswick; Fürmeyer + Witte, cerca a Kassel; Thuringia, Maier, Bielefeld Brackwede...

Esas compañías suministraron al mercado equipo de entre 5 y 200 kW de potencia de salida. Las instalaciones se hacían incluso a lo largo de los ríos pequeños y riachuelos de un paisaje rico en suelos fértiles, pues los depósitos de granos requerían de miles de molinos por aquellos días.

Se estima que existieron unas 7,000 turbinas de bajas caídas en la región. Cada una de las compañías suministró por lo menos 15 grupos de máquinas al año, siendo la configuración de las turbinas bastante variable (véase Fig.2 en la página siguiente). Este tipo de turbinas Francis no sólo existe aún en gran número en las zonas bajas de Alemania (ahora en desuso en su mayoría) sino también en muchas zonas bajas del mundo: cerca de las plantas de procesamiento de té, plantaciones de café o cacao (África, América Central y del Sur). En Alemania, después de muchos años de

Fuente: Con el permiso de «Waterlines», IT-Publications, London.



cierre de molinos en los años 60 y 70, con el surgimiento del proceso de concentración en la industria de los granos, la mayoría de las antiguas turbinas dejaron de operar. Pero, hoy en día, se está produciendo un regreso de la mini-hidrogeneración en bajas caídas debido a los incentivos dados por los servicios públicos de electricidad: por cada kW-hr producido por una MCH privada y alimentado a la red se consigue un buen precio de alrededor de US\$ 0.10.

Este hecho ha constituido una buena razón para que algunos especialistas «cultiven» el «campo» de la rehabilitación de turbinas. No vacilan en urgar y rescatar las sucias máquinas incluso del lodo más profundo para luego restaurarlas con gran esfuerzo. Los resultados son promisorios; a pesar de que las turbinas recién recuperadas presentan un aspecto muy desagradable, después de su rehabilitación a un costo aceptable, presentan nuevamente un buen aspecto y luego entran nuevamente en servicio.

En los EE.UU., la conocida firma James Leffel de Springfield, Ohio, también está

promoviendo la reconstrucción, incluso de las máquinas más viejas. Afirman que es mejor cerrar un molino de granos por un período de 4 meses para reconstruir una turbina antigua (que es el motor principal de ese molino) que demoler la mitad del complejo industrial para instalar un equipo nuevo y sofisticado y tener que esperar un año.

El Perú dejó de emplear turbinas debido a las siguientes causas:

- a) El impacto de la reforma agraria que motivó el abandono de las granjas y pequeños complejos agroindustriales.
- b) La concentración del sector energía en manos del Estado con el consecuente abandono de las dispersas PCHs.

En otros países latinoamericanos, el proceso fue similar. En el Perú, se estima que existen entre 100 y 200 PCHs de baja caída, lo que representa un buen potencial de rehabilitación. Los recientes cambios estructurales, especialmente en el sector energía, darán la oportunidad al sector privado de entrar en acción en la MCH y probablemente en su rehabilitación.

Echemos una mirada a algunas de las PCHs de baja caída (casos típicos de turbinas Francis de pozo):

- Cerca al Cusco (Región Inca, Perú) existe un molino de granos y una fábrica de fideos y galletas que tiene instaladas 3 turbinas Francis, 2 de ellas en condiciones deplorables, las cuales ya han sido restauradas. La tercera aún espera su rehabilitación y pertenece a un modelo muy común, no tan difícil de reparar (Fig. 3).
- Cerca a Chachapoyas, capital de departamento, (región nor-oriental del Perú) existe una PCH de baja caída abandonada desde los años 60. Hoy, 25 años después, la central requiere ser inspeccionada para determinar la magnitud de los trabajos de restauración. Esta central puede contribuir al suministro de electricidad en Chachapoyas.
- En Argentina, dentro de la enorme área de irrigación cerca a Mendoza (provincia de Cuyo), existen, a lo largo del canal principal de irrigación, una serie de PCHs del tipo Francis de pozo

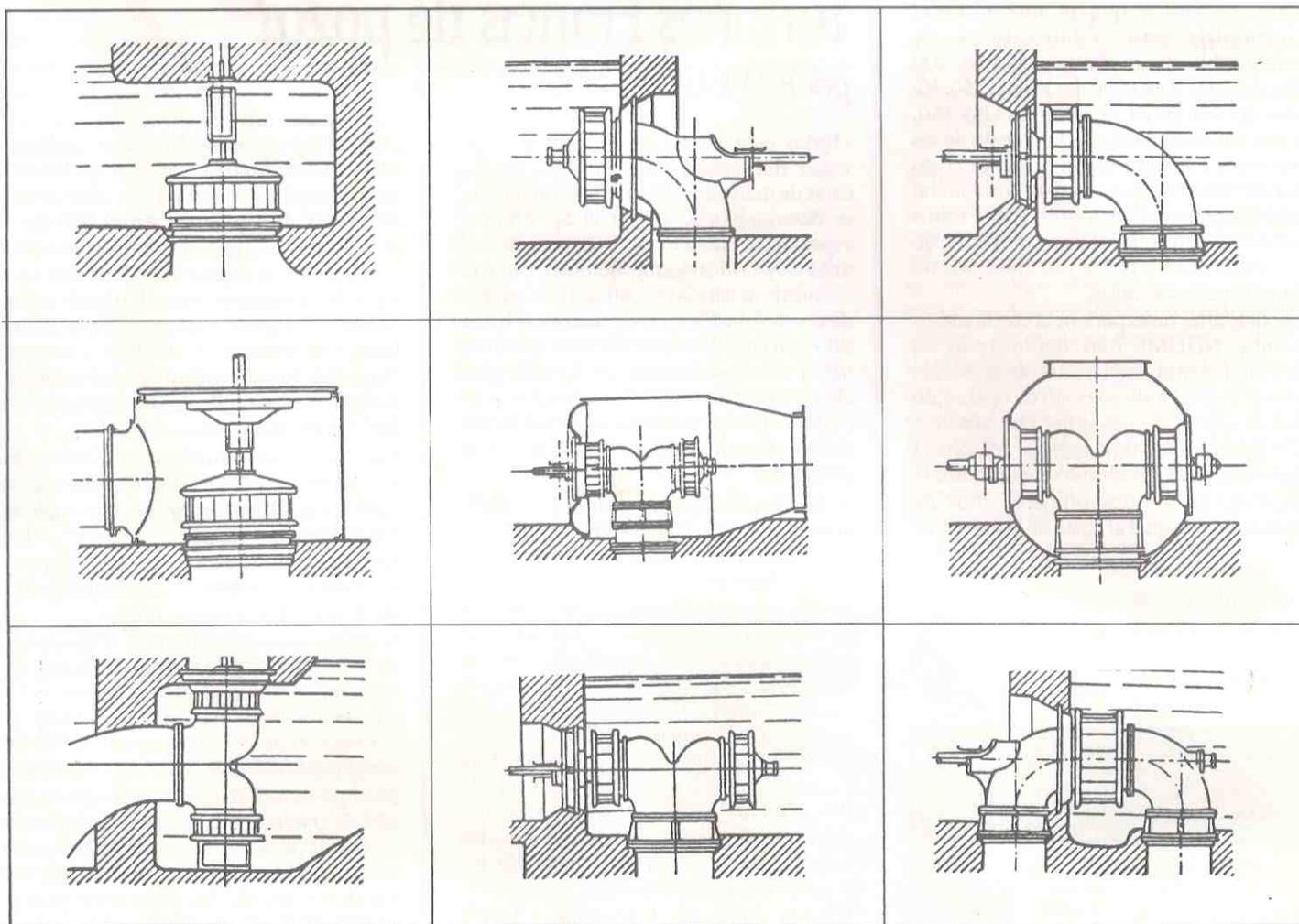


Fig. 2: Disposiciones típicas para turbinas Francis de baja caída.



(Fig. 4). Debido a las buenas condiciones climáticas de dicha área (zona seca) y a la buena calidad del agua, las turbinas se encuentran en excelentes condiciones, listas para su rehabilitación. El único problema es que se han descubierto inmensos depósitos de gas natural cerca a Mendoza, lo que contraresta la energía hidráulica. **La micro hidroenergía es grandiosa, pero la gran energía térmica es una maravilla.**

Las personas con frecuencia expresan sus dudas respecto a la reconstrucción de estos viejos y a veces oxidados equipos. Sin embargo, al definir su valor, se debe tomar en cuenta que esas centrales de caída baja forman parte de un conjunto de obras civiles con máquinas integradas. Si las partes esenciales, es decir, las estructuras hidráulicas básicas, se pueden preservar, entonces posiblemente se puede ahorrar parte del dinero de la rehabilitación. Esta es exactamente la idea que los especialistas en restauración tienen en mente cuando ponen todo su esfuerzo en rescatar las viejas máquinas y hacerlas funcionar nuevamente.

Con el fin de tomar la decisión correcta a favor o en contra de la restauración, es necesario examinar cada lugar específico, determinando la magnitud del trabajo de reconstrucción y evaluando cuidadosamente el aspecto económico. Es discutida la conveniencia de recuperar viejas turbinas Francis de pozo de las plantas abandonadas en los países del hemisferio norte y reinstalarlas en los países del sur. Tal transferencia de máquinas podría ser útil, por ejemplo en el caso de turbinas diferentes, tales como Pelton o Francis con carcasa espiral: por ejemplo, equipo escandinavo está siendo sistemáticamente desmontado, separado y transferido al sur. No obstante, tomando el caso de las turbinas Francis de baja caída usadas, del tipo pesado -los pesos específicos varían entre 30 y 100 kg. por kW de potencia incorporada, valores comparados con el de una turbina de flujo transversal con 6 a 15 kg/kW- uno tiene que pensar dos veces si intenta transferir dicho equipo.

Finalmente, presentamos algunas observaciones referentes a la tecnología de turbinas Francis de pozo. Quedan muy pocos fabricantes en el mundo que ofrecen turbinas de pozo a pequeña escala y que buscan ubicaciones adecuadas: Regiones «bajas» en el Caribe, el Amazonas, en el África centro-occidental y en el sud-este asiático. El equipo mencionado es simple y fuerte, fácil de mantener, pero, por lo general muy costoso si es importado (muy por encima de los US\$1,000/kW sólo por el grupo turbina-generador).

La construcción de dichas máquinas en

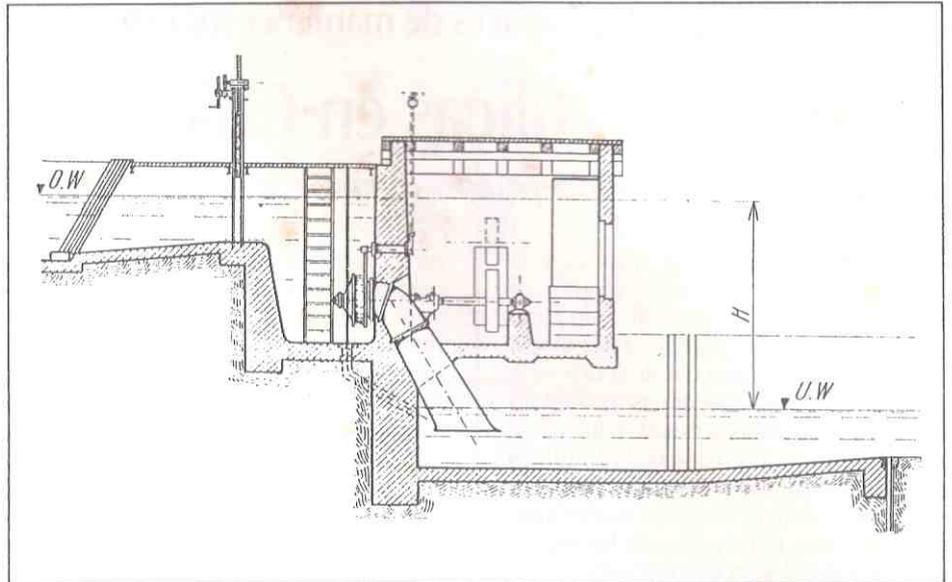


Fig. 3: Sección transversal de la planta en Cusipata, Perú.

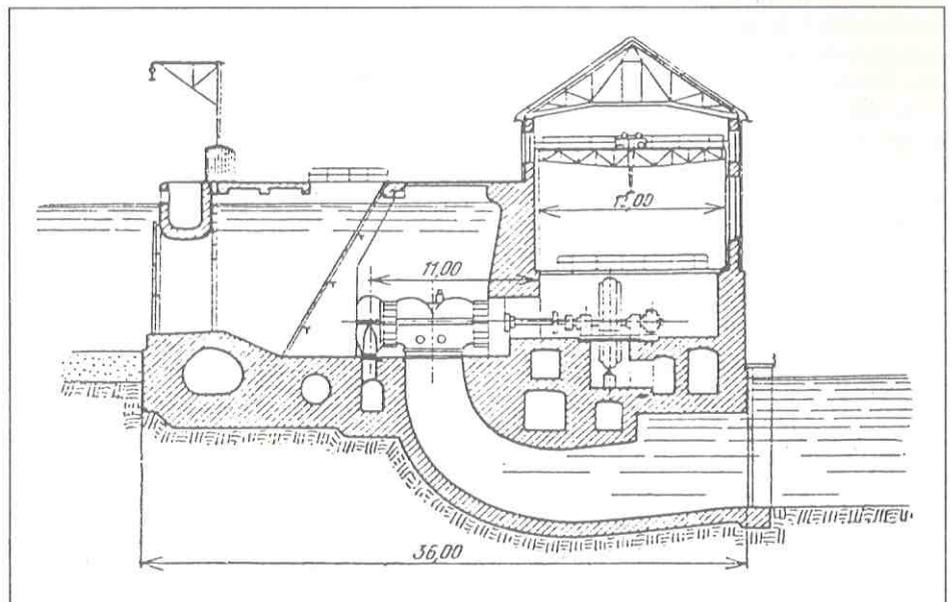


Fig. 4: Sección transversal de la planta en Mendoza, Argentina (canal cacique)

talleres equipados sólo con maquinaria básica resulta bastante difícil. Esta tecnología necesita:

- Fundiciones de estándar alto con tecnología sofisticada de fundición.
 - Tornos grandes.
- Además, cuando se selecciona el tipo correcto de instalación, se debe conocer otras opciones, que con frecuencia son más atractivas, tales como:
- Turbinas de flujo transversal de caídas bajas; muchos fabricantes noveles a nivel mundial ofrecen dichas máquinas a precios competitivos.
 - Turbinas axiales tubulares (TAT) del tipo hélice o similares.
- Las turbinas Francis de baja caída tienen

un campo especial de aplicación y prácticamente pueden considerarse como un «nicho» tecnológico: adecuadas para lugar y condiciones económicas específicas, pero ¡de valiosa consideración!

Peter Wicke
 Projektplanung Läuterjung (PPL)
 Fümmler Str. 60
 38304 Wolfenbüttel
 Germany



Propietarios orgullosos capaces de mantener sus propias fuentes de energía

Ruedas hidráulicas en Chile

por Carlos Bonifetti, Concepción y René Cifuentes B., Temuco

La ausencia casi total de metales y la abundancia de bosques naturales en algunas zonas rurales de Chile han dado lugar a una peculiar e ingeniosa tecnología que usa la madera para construir una serie de artefactos y artículos para uso doméstico y comercial a pequeña escala. Entre ellos, se encuentran las ruedas hidráulicas construidas totalmente de madera. Algunas de ellas trabajan con eje horizontal, mientras otras, principalmente las usadas en molinos, trabajan con eje vertical.

Las ruedas hidráulicas constituyen la primera forma de las máquinas hidráulicas; no obstante, desde la introducción de las turbinas hidráulicas, su uso se ha reducido considerablemente, usándose hoy en día sólo donde se requiere baja velocidad de rotación y alto torque. Es posible incrementar un parámetro a costas del

otro, pero este cambio generaría una pérdida. Las turbinas presentan muchas ventajas con respecto a las ruedas hidráulicas: la principal es que pueden ser usadas con una gran variedad de caídas, por otro lado, son mecanismos menos simples con algunos componentes más débiles y una teoría más compleja.

Por estas razones, el uso de ruedas hidráulicas es recomendado solamente donde lo permitan la distancia al centro poblado y el potencial relativo de la caída. En los pueblos que poseen molinos y talleres pequeños, una turbina necesitaría de la presencia permanente de un mecánico. Este no es el caso de las ruedas hidráulicas que sólo requieren de hábiles carpinteros para su construcción y reparación. En algunas instalaciones existentes, se ve claramente que los usuarios prefieren cuidar

su propia instalación sin necesidad de recurrir a otras personas. De esta manera, se sienten independientes y orgullosos de ser capaces de mantener su propia fuente de energía por sí mismos.

Como se mencionó anteriormente, las ruedas hidráulicas giran a baja velocidad, lo que representa una desventaja cuando se necesita accionar maquinaria de alta velocidad. Con el fin de resolver esta inconveniencia, se deben usar transmisiones de fajas o engranajes para incrementar la velocidad, pues las altas relaciones de multiplicación generan altas pérdidas, disminuyendo enormemente la energía útil producida.

Las ruedas hidráulicas se pueden dividir en tres grupos, de acuerdo al principio de operación: de alimentación inferior, ruedas de Poncelet, ruedas frontales y ruedas de alimentación superior (ver Fig.1)

Las últimas también se conocen en Chile como «ruedas de cajones». Los cajones o cucharas se llenan de agua, produciéndose la rotación por el peso y el efecto de la gravedad. No se puede utilizar todo la caída pues los cajones se vacían antes de alcanzar el fondo y además la rueda debe estar elevada respecto al canal de descarga y nunca sumergida.

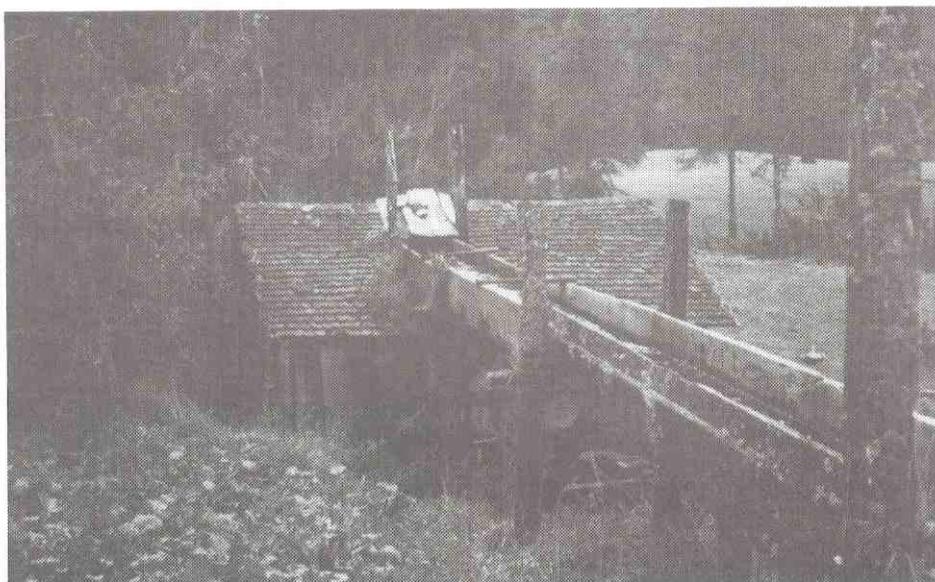
Estos artefactos fueron los precursores de las turbinas hidráulicas y se usaron ampliamente. En nuestro país, todavía sobreviven operando en caídas de 3 ó 4 hasta 12 metros. Para caídas mayores, se les puede instalar a veces en forma de cascada de modo que el agua que sale de una alimenta a la siguiente más abajo y el nivel de agua inferior de la más alta se convierte en el nivel de agua superior de la más baja.

Los tres tipos de ruedas se pueden encontrar en Chile, especialmente en el sur, donde abunda el recurso hidráulico, predominando las ruedas con alimentación superior.

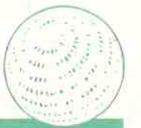
Un estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de La Frontera reveló que en la actualidad existen 16 instalaciones funcionando: 11 en la Región IX y 5 en la Región X del país. Nueve de las instalaciones en la Región IX usan la energía producida básicamente para iluminación doméstica y aparatos electrodomésticos, televisores y maquinaria maderera pequeña, una opera un molino pequeño y otra pertenece a una gran instalación que opera un generador de 40

| Ubicación | Caída (m) | Caudal (m ³ /seg) | RPM | Uso |
|-----------|-----------|------------------------------|------|--------------------------|
| Pid Pid 1 | 2.10 | 0.106 | --- | 6 bombillas (75 W), 1 TV |
| Pid Pid 2 | 1.06 | 0.048 | 28 | 4 bombillas (75 W), 1 TV |
| Putemun | 2.05 | ---- | ---- | Iluminación eléctrica |

Tabla 1: Características de las ruedas hidráulicas en la Isla de Chiloe.



Madera - el material más usado en las instalaciones de ruedas hidráulicas en Chile.



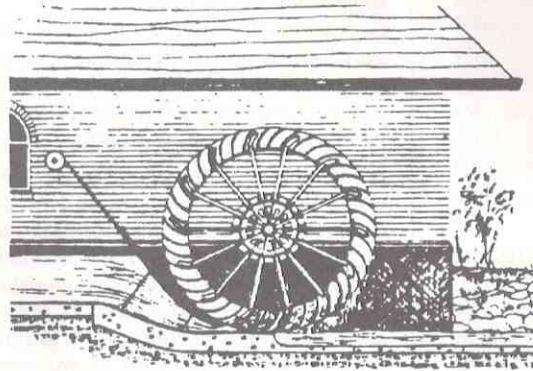
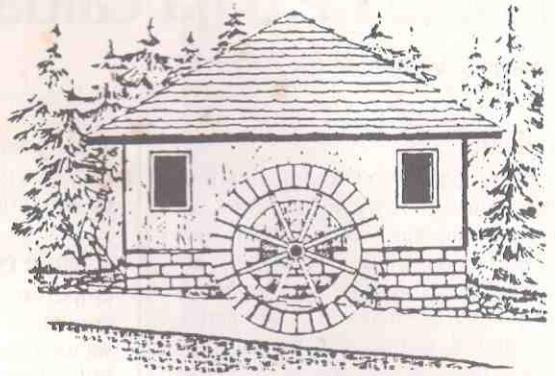
kW que provee de electricidad a la comunidad de Melipeuco. Esta última dejó de funcionar cuando la red se extendió a la comunidad. Al momento de escribir este informe, nos enteramos que el propietario de una de las instalaciones ha reemplazado la rueda hidráulica con una turbina Banki. Con una rueda hidráulica tenía potencia suficiente para su casa, pero con la instalación de la turbina se pudo también suministrar potencia para un pequeño taller de carpintería.

En la región X, particularmente en la isla de Chiloe, también se pueden encontrar ruedas hidráulicas y molinos de eje vertical. El estudio informa también sobre cinco molinos usados básicamente para moler granos, y sobre tres ruedas hidráulicas con las características mostradas en la tabla 1. En cada uno de los tres casos, la instalación está ubicada aproximadamente a 100 m. de la casa y puede arrancarse y detenerse desde la misma. Muchas instalaciones de este tipo todavía existen en el sur de Chile y se está realizando el estudio, entre otras razones, para mantener un registro de las instalaciones en operación que representan parte de la cultura del país.

La fabricación, instalación y mantenimiento las realiza el propietario o la gente del lugar, quienes poseen la capacidad para hacer el trabajo requerido. Ellos encuentran dificultades al reemplazar una rueda hidráulica con una turbina: la rueda puede ser construida y mantenida por la gente del lugar, mientras que la turbina es de alto costo y es difícil para ellos entenderla y operarla así como realizar el mantenimiento adecuado.

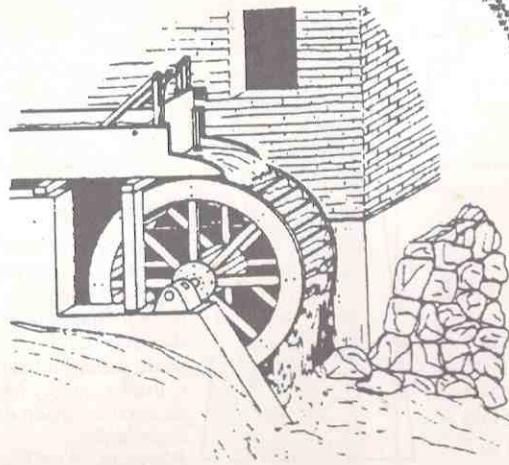
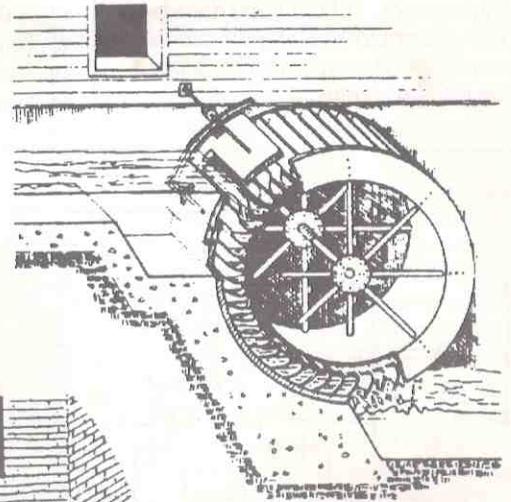
Es importante anotar que la rueda hidráulica se ha usado desde hace mucho tiempo y la energía producida ha mejorado el nivel de vida de los usuarios, sin el conocimiento y comprensión de potencia y otros factores importantes para los ingenieros. En una instalación se realizaron reparaciones hace 5 años y recientemente se ha construido una rueda para reemplazar aquella que ha trabajado ininterrumpidamente por más de 40 años. Para la nueva rueda se usó madera de ciprés con clavijas del mismo material para unir las diferentes partes.

Rueda de alimentación inferior



Rueda de Poncelet

Rueda de alimentación frontal



Rueda de alimentación superior

Ruedas hidráulicas (alimentación inferior, Poncelet, frontal y alimentación superior).

Carlos Bonifetti
 J. M. Garcia 298-A
 Casilla 2546
 Concepción
 Chile



Turbina de baja caída en el Perú

por Bruno Viani, ITDG-Perú

Antecedentes

En muchos países latinoamericanos, especialmente a lo largo de los Andes, se encuentran ubicadas muchas MCHs que operan con caídas altas y medianas. En dichos lugares, existe una larga tradición en el empleo de turbinas Pelton fabricadas localmente, al punto que en muchas regiones la palabra «Pelton» es sinónimo de «turbina». Esta tradición data de las primeras décadas del presente siglo cuando las turbinas Pelton se empezaron a usar en América Latina.

El uso de la energía de las bajas caídas es una antigua tradición que se remonta a los siglos 16 y 17 cuando los conquistadores españoles trajeron de Europa la tecnología de las ruedas hidráulicas para ser empleadas en la molienda de granos.

Hasta ahora, la mayoría de los lugares con bajas caídas se usaron para producir pequeñas cantidades de potencia (menos de 1 kW) por medio de ruedas hidráulicas de eje vertical y horizontal hechas de madera o de acero. Estas ruedas se usaron principalmente en la molienda de caña de azúcar y de granos. En las últimas décadas, cuando se necesitó mayor potencia, se usaron turbinas Francis para bajas caídas a pesar de los altos costos.

El año pasado, ITDG del Perú empezó un proyecto para producir turbinas de hélice de bajo costo.

¿Dónde empezar?

Empezamos por evaluar la demanda y encontrar los diseños disponibles en el sector manufacturero de microcentrales hidráulicas. Como resultado de muchas indagaciones entre consultores y organizaciones relacionadas con proyectos de microhidroenergía en cinco países, concluimos que la demanda se ubicaba principalmente en el rango de 5 a 50kW de potencia y entre 2 y 9 metros de caída.

En el Perú, no pudimos encontrar ningún fabricante de turbinas para este rango, razón por la cual buscamos a fabricantes de otros países. Los diseños disponibles llegaron en una amplia variedad de propuestas con diferentes características y criterios de diseño. Nuestra principal preocupación era producir una turbina de relativo bajo costo, fácil de mantener y confiable para las áreas rurales del Perú, y que, además, fuese de fácil fabricación en otros países de la región:

- Turbina axial tubular de eje vertical
- Turbina axial tubular de eje horizontal
- Turbina bulbo de ángulo recto

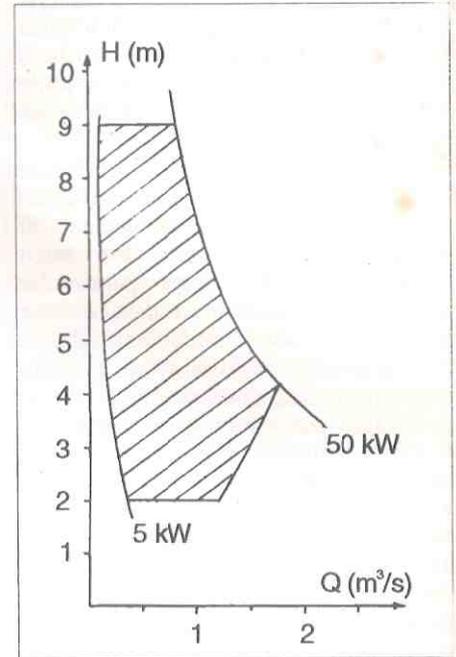


Fig. 1: Rango de la demanda estudiada.

- Turbina de pozo con tubo de succión acodado

Consideraciones de diseño

Durante nuestras investigaciones tratamos de llegar al diseño más simple que al mismo tiempo lograra una eficiencia aceptable y que sea confiable. Nuestras consideraciones son las siguientes:

a) Materiales

- El uso de acero inoxidable en los rodetes y componentes aumenta significativamente el costo. Usamos placas de acero dulce para la carcasa y el tubo de succión y acero dulce fundido para los cubos y álabes.

b) Paletas directrices y paletas del rodete

- Las paletas móviles del rodete con paletas directrices fijas producen un mejor rendimiento a caudales parciales que en la situación contraria.
- Las turbinas de geometría fija tienden a ser más confiables y más económicas. Las turbinas Kaplan doblemente reguladas resultan ser muy costosas para este rango de operación.
- Las turbinas de hélice sin paletas directrices podrían producir un rendimiento aceptable en el punto de diseño.

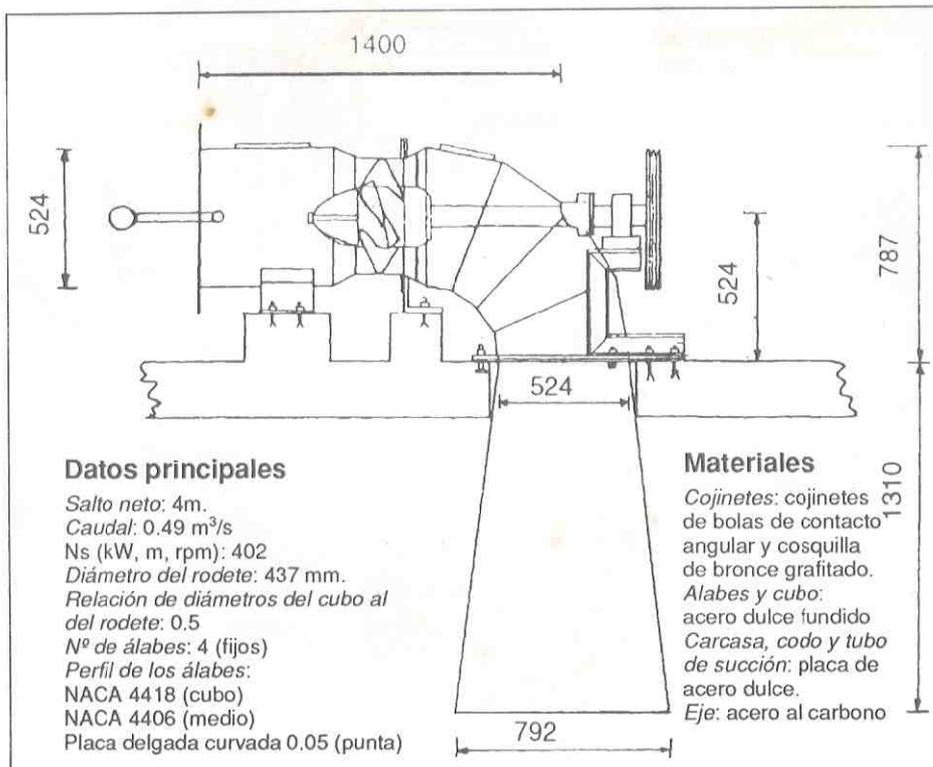
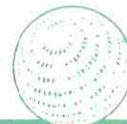


Fig. 2: Dimensiones principales del prototipo de la turbina.



c) Carcasa y cubo central

- El uso de un rodete de paletas móviles con una carcasa cilíndrica origina un descenso de la eficiencia entre 2% y 3% comparado con carcasas esféricas; y el uso de cubos cilíndricos en lugar de esféricos produce un descenso de la eficiencia entre 1% y 2%.

d) Cojinetes

- Una de las partes más problemáticas de estas turbinas es el cojinete interior, es decir, el situado dentro del agua. Se debe tener mucho cuidado en su mantenimiento. Algunas turbinas tienen secciones de tubería de polietileno o casquillos de madera lubricados por agua. Otras turbinas poseen casquillos de bronce al grafito lubricados con grasa, o cojinetes.

e) Alabes

- Los momentos de flexión de los álabes directores y del rodete deben ser verificados, especialmente en las secciones de la raíz.
- Se pueden usar álabes rectos pero pueden tener un pésimo rendimiento al operar a caudales diferentes del punto de máxima eficiencia.
- Los rodetes de bajo número específico de revoluciones tienden a tener bajos momentos de flexión en los álabes, reduciendo su riesgo de rotura.
- Las secciones de los álabes cerca al cubo necesitan un alto coeficiente de elevación y una sección considerable para soportar los esfuerzos. Por esta razón se usan, generalmente, perfiles aerodinámicos (NACA, Göttingen) en esta sección, pero conforme se avanza

hacia la punta del álabe, ésta no es tan importante pudiéndose usar placas curvas o rectas.

f) Tubo de succión

- En estos tubos pueden ocurrir pérdidas importantes, especialmente en los del tipo acodado.
- Los tubos rectos tronco-cónicos son más fáciles de fabricar que los acodados y sus pérdidas son más fáciles de prever.

Desarrollo de un prototipo

Con el fin de cubrir el rango de la demanda, se decidió diseñar una familia de turbinas homogéneas. El rango completo fue cubierto por 4 tamaños de rodetes. Usamos una hoja abierta para realizar los cálculos pues resulta más fácil para cambiar las variables y observar como éstas afectan el diseño final. La hoja abierta abarca los cálculos hidráulicos y los cálculos de esfuerzos a lo largo de los álabes.

También se realizaron los dibujos de los modelos y cajas de machos de las piezas por fundir. En este paso, se encontró que al fabricante le era muy fácil hacer los modelos pero no así los de los álabes. Tomó 7 meses preparar los modelos de los álabes.

Una vez terminadas las piezas fundidas, comenzó el proceso de fabricación. Actualmente, el prototipo está listo y será ensayado en un laboratorio en un futuro cercano. El costo de una turbina de hélice de 15 kW es de alrededor de US\$7,000, lo que significa US\$2,000 más que una turbina Michell-Banki de 15 kW para una caída mediana. El exceso de costo debería ser

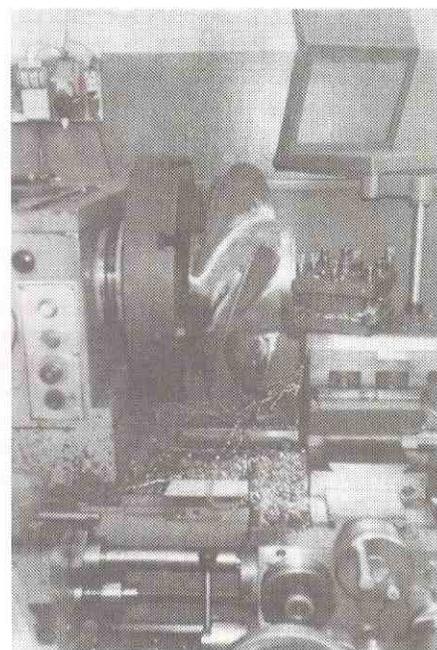


Fig. 3: Maquinado del rodete del prototipo.

compensado por la reducción en el costo de un canal y tubería más cortos. El costo total de una central de caída baja debería ser igual al de una central de caída mediana y alta.

Aplicaciones de las turbinas de baja caída

La variedad geográfica del Perú permite que este tipo de turbinas se use en diferentes áreas geográficas:

Así por ejemplo, tomemos el área a lo largo de la costa desértica. En los grandes canales de irrigación hay a menudo caídas de 2 a 3 m. en la pendiente del terreno. Actualmente, estas caídas no se usan para generar electricidad: por ejemplo, en un corto tramo de menos de 5 km. de longitud de un canal de irrigación en Arequipa (Perú), existe un potencial hidroenergético de 200 kW usando caídas de menos de 3 m., que en el momento no están siendo aprovechadas. Más aún: cerca al pueblo de la Joya, se está usando un grupo de generación diesel para producir electricidad.

Referencias:

- 1 Fritz, Jack, «Small and mini hydropower systems», Mc GrawHill.
- 2 Gubin, M. F. «Draft tubes of hydroelectric stations», Amerind Publishing Co. PVT Ltd, New Delhi, 1973.
- 3 Viani, Bruno, «Technical Report on low cost head turbine projects», ITDG, Rugby, 1990.



Fig. 4: Una caída de 2.2 m. de un canal de irrigación con un potencial de 40 kW de potencia. La Joya, Perú.



Bajas caídas son cada vez más atractivas en Suiza

por H. Leutwiler, ITECO AG

Actualmente en Suiza, el incremento del uso de la energía hidráulica en áreas donde el impacto sobre la ecología de los cursos de agua y paisajes es mínimo ha llegado a convertirse en una prioridad de la política energética. Todavía existe un potencial considerable, que por razones económicas aún no ha sido explotado. El Estado desea, por consiguiente, promover las pequeñas centrales de baja caída dentro de la línea de su política de promoción de microcentrales hidráulicas. El Estado planea estimular soluciones económicamente viables a través de concursos de proyectos.

Los objetivos de la política energética suiza para la presente década son muy claros: mediante una moratoria se evita la instalación de cualquier central nuclear nueva y un artículo sobre energía incluido recientemente en la constitución federal promoverá el consumo racionalizado de energía y la promoción de fuentes renovables de energía.

Los propósitos de la administración federal se han cristalizado como resultado del programa Energía 2000: estabilización del consumo de energía y el logro de una reducción en el consumo de combustibles fósiles; estabilización del consumo de electricidad desde el año 2000; y, para la energía hidráulica y nuclear, un aumento de la producción de 5 al 10%, respectivamente.

Debido al alto grado de expansión de la hidroenergía y de los estándares técnicos de las centrales suizas, sería difícil alcanzar el crecimiento objetivo del 5%. Por lo tanto, aumenta el valor de las centrales en abandono.

El Estado espera detener la extinción de la generación hidráulica a pequeña escala y apoyar el desarrollo de microcentrales hidráulicas, particularmente en las áreas donde serían aceptables por razones ambientales. El apoyo se daría en forma de directivas, incrementando las tarifas actuales por alimentar energía en la red, contribuciones directas al desarrollo y programa de apoyo PACER y DIANE.

Actualmente, las centrales hidráulicas de baja caída se están volviendo cada vez más atractivas. Es importante enfatizar que dichas plantas fueron, por razones técnicas, históricamente muy importantes como fuentes de potencia y posteriormente de electricidad. En Suiza, existieron miles de dichas plantas a pequeña escala, que con sus ruedas hidráulicas e hileras de aparentemente grandes turbinas aprovechaban prácticamente todos los arroyos y ríos. La mayoría de ellas cerraron por razones económicas. Los diques se han mantenido,

en gran medida, por razones de regulación de caudal, lo cual significa que volverlas a usar sería una solución políticamente aceptable.

A la fecha existen muchos diques y escalones que se han construido para proteger los lechos de los arroyos y ríos contra la erosión. Desde el principio, el uso de estos recursos para la generación de energía se ha considerado como anti-económico y nunca ha sido evaluado seriamente. Los costos extras para la producción de energía no serían, sin embargo, prohibitivamente altos.

La existencia de plantas de generación a pequeña y gran escala se enfrenta con regulaciones rígidas en lo que respecta al caudal mínimo que debe quedarse en el río para el presente y futuro, con cantidades

considerables de agua sobrante sobre los diques. Estas caídas bajas sólo se utilizan en casos excepcionales. Las centrales que usan caídas bajas constituyen, sin embargo, una posibilidad, reduciendo las pérdidas en productividad mediante leyes sobre el caudal mínimo.

Por consiguiente, existe en dichos lugares de caída baja un considerable potencial de energía improductiva cuya explotación no afectaría mucho el ambiente. Se requiere, pues, tomar varias medidas para volver a explotar estos recursos. El incremento en compensación por alimentar a la red mencionado anteriormente, mejoraría decididamente la perspectiva económica, sin embargo, no basta para cubrir los costos. La modesta inversión del Estado y los cantones no cubre, la brecha de rentabilidad. Para ello se requiere encontrar modelos económicos innovativos y soluciones técnicas.

Debido al descuido del sector de las centrales de caídas bajas, el desarrollo técnico se ha estancado. Las innovaciones usadas en el extranjero aún no se conocen en Suiza. Las políticas económicas de las nuevas centrales podrían, por lo tanto, mejorar con el uso de los actuales métodos de construcción de disminución de costos. No obstante, los conceptos simplificados tales como las turbinas de sífon, construcciones sumergidas, centrales al aire libre, construcción directa en el sistema de compuertas (actuando como dique), etc. apenas si se usan en Suiza. Las ruedas hidráulicas, que pueden ser óptimas para caídas muy bajas, carecen de nuevos



Fig. 1: El método «clásico» de desarrollo de un lugar de baja caída resulta muy costoso en Suiza debido a las demandas ecológicas: en el caso del molino «Obermühle Baar» implica tender una tubería «invisible» debajo del curso de agua por el cual discurre el caudal mínimo requerido.

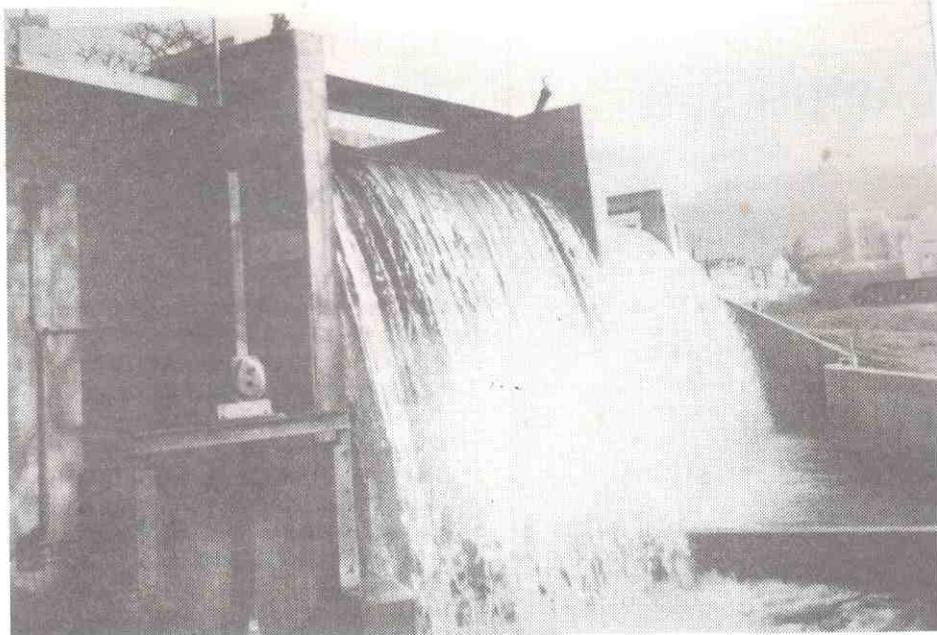


Fig. 2: La tubería termina en una bien elaborada estructura civil que utiliza la caída.

desarrollos y pueden ser vistos a lo sumo con valor nostálgico. Aún no se conoce bien hasta cuanto se podrá simplificar y estandarizar las formas de construcción de canales y turbinas. Las pequeñas centrales todavía parecen grandes centrales a escala reducida y las plantas todavía se hacen para especificaciones particulares, contrariamente a las aplicaciones estándares.

Existen nuevos modelos y métodos para asegurar la financiación y el auspicio, que deben ser probados y promovidos: se han establecido asociaciones que apoyan la idea de plantas favorables al medio ambiente que otorgan acciones a un interés bastante bajo o que ofrecen comprar electricidad a un precio ligeramente más alto que en el mercado.

En algunos proyectos, el Estado ha asumido una parte significativa en el costo de la construcción de diques y canales como parte de su obligación de reparar y mantener cursos de agua y ha financiado actividades como parte de programas para reparar daños ecológicos. Todas estas posibilidades necesitan ser más desarrolladas y difundidas.

A las centrales recientemente construidas o restauradas sólo se les permite afectar la ecología de los cursos de agua y el paisaje hasta un grado marginal. Este hecho es bastante severo para las centrales que utilizan caídas bajas y constituye un reto para los ingenieros civiles, bio-ingenieros o arquitectos con el fin de asegurar que los gastos en las plantas no sean afectados excesivamente por alguna de las medidas ecológicas tomadas. También se necesitan casos de demostración en esta área.

El conflicto entre la industria pesquera y los grupos de protección de la naturaleza y aquellos interesados en explotar la energía potencial de los cursos de agua todavía está por resolverse. Estos grupos conservacionistas están haciendo campaña para que los cursos de agua vuelvan a su estado natural, lo que significa la remoción de los diques, compuestos y las antiguas plantas pequeñas. Se están buscando soluciones para satisfacer a ambas partes, como por ejemplo, la construcción de diques que permitan el paso de los peces, evitar que los ríos se desborden y la

producción de energía de modo que no sea perjudicial para la ecología.

También se necesitan soluciones para el problema del material flotante arrastrado por los ríos, cuya remoción implica costos considerables. Con la construcción, se pueden encontrar posibles soluciones, de modo que el material flotante de los cursos de agua se elimine continuamente; o, soluciones alternativas en las que la comunidad asume la responsabilidad de eliminar el material como parte de su deber de eliminar los desechos sólidos.

Con el fin de promover soluciones innovativas para estos problemas, el programa de microcentrales DIANE está estableciendo un concurso internacional para plantas de caída baja, como el caso de los arquitectos que postulan a los contratos de los proyectos de construcciones municipales.

Hans Peter Leutwiler
ITECO AG
Postfach 160
CH 8910 Affoltern am Albis
Switzerland

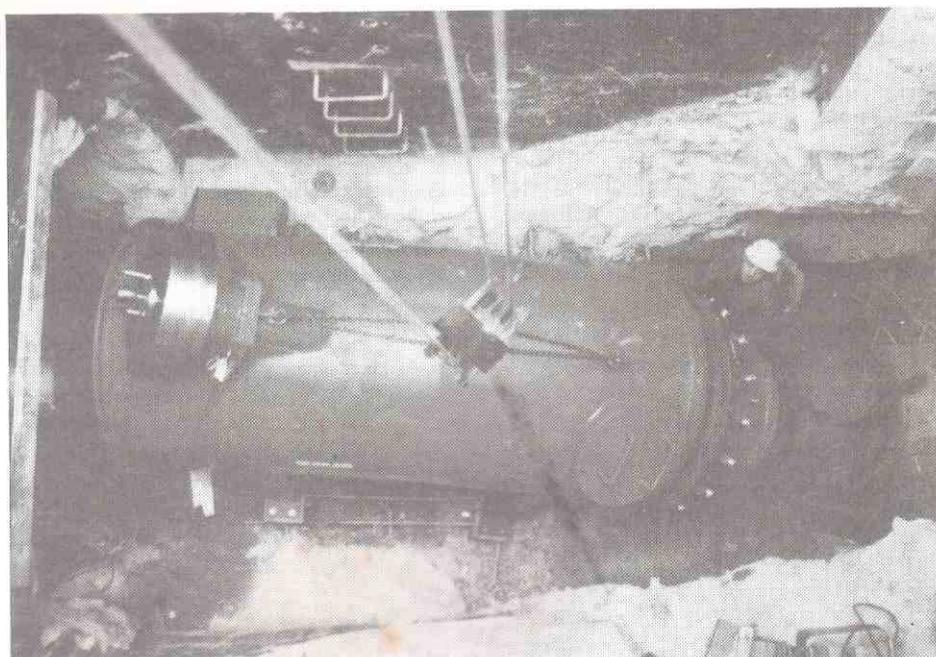


Fig. 3: La tubería empleada es del tipo Kaplan de doble regulación.



Reservorios y descomposición

La electricidad de las grandes centrales puede no ser, después de todo, una fuente de energía ambientalmente favorable.

Un estudio reciente realizado en Canadá revela que algunos reservorios de centrales hidroeléctricas despiden tanto dióxido de carbono y metano —las dos causas más importantes del efecto invernadero provocado por el hombre— como el que producen las centrales de carbón que generan una cantidad similar de electricidad.

El problema radica en los bosques, suelos y turberas inundados por los reservorios. Una vez inundados, se descomponen, produciendo gases.

El estudio del reservorio de una hidroeléctrica, Lago Cedar en Manitoba, reveló una probable emisión de cerca de 1 kg. de dióxido de carbono por cada kWh de electricidad producido por la central del reservorio. Esta emisión fue similar al efecto invernadero de la electricidad, generada por centrales de carbón y que persistiría por lo menos unos 50 años.

Hasta la fecha, las emisiones de los reservorios de las centrales hidroeléctricas no han sido tomadas en cuenta en la determinación de las emisiones nacionales de los gases de invernadero.

(New Scientist, Julio 93)

Estados Unidos Reunión del BID recomienda eficiencia en la energía

Se espera que el consumo de energía se duplique en los próximos treinta años, con el crecimiento que se viene produciendo en el Tercer Mundo, según lo manifestó Timothy Wirth, consejero de los EE.UU. para asuntos mundiales, en una reunión para el estudio del uso eficiente de la energía eléctrica, auspiciado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en Washington.

El crecimiento requerirá de una inversión anual de US\$70 miles de millones hacia fines de siglo y de US\$140 miles de millones posteriormente, cantidades imposibles según Wirth.

Una de las soluciones es mejorar la eficiencia energética. Las inversiones que produzcan un incremento de la eficiencia de alrededor de 25% se podrán pagar por sí mismas en dos años o menos, asevera Wirth.

Los problemas de energía que enfrenta América Latina y el Caribe se reflejan en el hecho que la mitad de los países latinoamericanos tuvieron que racionar la electricidad en 1992.

Los intercambios comerciales, proyectos mixtos y de riesgo compartido entre compañías nacionales y extranjeras pueden ser muy productivos.



En el mundo Casi 500 plantas nucleares

En 1992, el número de centrales nucleares tanto en operación como en construcción fue de 496 a nivel mundial de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía Atómica; de ese total, 424 estaban funcionando y las 72 restantes se encontraban en proceso de construcción.

Seis nuevas plantas, en Canadá, Francia, India y Japón, fueron puestas en servicio durante el año, con una capacidad combinada de 4,809 MW.

Francia lidera el grupo de potencia nuclear generada con 73%, seguida por Lituania con 60%, Bélgica con 60% y la República de Eslovaquia con 50%. Otros cuatro países suman 40% y un total de 16 generan 25% de su energía a través de sus centrales nucleares.

La capacidad nuclear mundial es de 330,651 MW.

(MPS 6/93)

China 60,000 pequeñas centrales hidroeléctricas

En 1991, China construyó 60,000 PCHs con una capacidad total instalada de 13.850 MW y una producción energética anual de 49.5 miles de millones de kWh. El patrimonio real de las PCHs en todo el país alcanza 42.1 miles de millones de yuan (US\$ 7 miles de millones) con un personal total de 500,000. Además, de acuerdo al plan estatal de desarrollo, hacia el año 2000 se agregarán 7,000 MW provenientes de PCHs y 5000 MW de centrales medianas, por el MWR en 200 condados, para electrificación rural que serán ejecutadas en el período 1992-1995.

Alrededor de un tercio de las PCHs existentes también serán renovadas. De este modo la PCH se convierte en un factor significativo en la promoción del desarrollo de la economía rural.

(SHP News, N° 1, 1993)

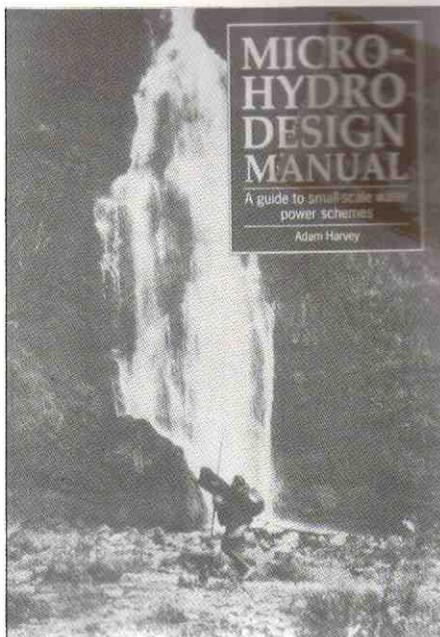
Manual de diseño sobre microhidrogeneración

Guía sobre sistemas de hidrogenación a pequeña escala escrito por Adam Harvey y Andy Brown.

Los sistemas de MCH pueden ser un medio in-valorable para suministrar energía a las áreas rurales. De este modo se puede generar energía mecánica para molienda y energía eléctrica para iluminación, refrigeración y pequeñas industrias, mejorando así la calidad de vida e impulsando la economía de los pueblos que no están conectados a las redes nacionales.

Este manual, basado en la amplia experiencia de los autores, tanto en trabajo de campo como en el entrenamiento de ingenieros locales, examina todas las etapas de planeamiento e instalación, desde el reconocimiento del lugar y estimado de la demanda hasta los aspectos de contratos y análisis financieros.

Los casos con ilustraciones y notas orientan al lector sobre los aspectos prácticos del proyecto, con secciones detalladas



sobre turbinas, regulación, sistemas de transmisión, energía eléctrica y mantenimiento.

La obra es ideal para planificadores, trabajadores de campo e ingenieros locales y constituye una guía completa disponible para aquellos que desean instalar un sistema de MCH.

El libro será de gran interés para ingenieros que desean diseñar sistemas de MCH, planificadores, trabajadores de campo e ingenieros locales.

Contenido: Introducción / Hidrología y reconocimiento del lugar / Obra civil / Ingeniería comercial / Turbinas / Regulación / Sistemas de transmisión / Energía eléctrica / Finanzas. Operación y mantenimiento.

Puesta en servicio y ensayos.

374 pp. Febrero 1993.

ISBN: 1 85339 103 4. US\$47.50

IMPRESSUM

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

HYDRONET es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en microhidroenergía.

HYDRONET es financiada actualmente por Pan para el Mundo (Iglesia Luterana), Misereor (Iglesia Católica), el Estado Federal Alemán de Baden - Württemberg, GATE (Centro Alemán de Tecnología Apropiada) y DEH (Cooperación para el Desarrollo, de Suiza).

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

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

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

Dirección Editorial de **HIDRORED**: ITDG, casilla postal 18-0620 Lima Perú. Fax 51 14 466621.

Comité de redacción de **HIDRORED**: Alfonso Carrasco V., Teodoro Sánchez (ITDG); Federico Coz, José A. Muñoz, Jorge Senn.

Edición y producción: Área de Comunicación ITDG-Perú.

China

Rápido camino hacia la electrificación rural

China planea gastar US\$1.9 miles de millones en un programa de electrificación rural que abarcará 200 condados según informa el diario «The China Daily».

Además de mejorar la calidad de vida de los receptores, el proyecto ayudará a proteger el medio ambiente al reducir la cantidad de leña empleada en la cocina, protegiendo de este modo los bosques y reduciendo la erosión del suelo.

Se espera que la mayor parte de la capacidad requerida de generación, por encima del 60%, provenga de la energía hidroeléctrica, particularmente en la China meridional donde abunda el recurso hidráulico.

Las plantas serán construidas con fondos de los gobiernos locales o directamente por los residentes locales, según se afirma, y el gobierno central proporcionaría menos del 10% de la financiación del proyecto.

Un avance del proyecto se encuentra en operación en condados seleccionados a través de 24 provincias, desde 1991 y se informa que ha operado satisfactoriamente.

Actualmente 1.9 millones de familias rurales en 3,450 pueblos poseen energía eléctrica. (MPS 5/93)

Nepal

La central más alta

La PCH más alta en el mundo fue inaugurada el 27 de diciembre de 1992 por el Primer Ministro de Ghandruk (2200 m) en el área del Annapurna. La central de propiedad de la comunidad con una potencia de 50 kW fue diseñada e instalada por Development and Consultancy Services (DCS) en Butwal. La DCS está preparando actualmente un proyecto de 100 kW en Siklis al nor-este de Pokhara.

(UMN News 2/93)

Creación del Instituto de Electrificación en el Perú

por Javier Ramírez-Gastón, ITDG - Perú

El Ministerio de Energía y Minas del Perú recientemente anunció la presentación del Proyecto de Ley de creación del Instituto de Electrificación (IE), como un ente estatal especializado en promover y financiar la electrificación de localidades aisladas y áreas rurales. Con ello se creará un nuevo marco institucional para promover la electrificación rural (ER).

Debemos recordar que el Perú es uno de los países de América Latina con mayor atraso en desarrollo de la electrificación. Según cifras oficiales el Coeficiente de Electrificación (CE) para localidades aisladas y áreas rurales es de 11.9%, ésto significa que 9 millones de peruanos que viven distribuidos en 80,000 localidades del interior del país no cuentan con dicho servicio. Respecto al total nacional el CE es 43.5% según cifras de 1992.

Nuevo rol del Estado

Desde hace más de dos décadas las actividades de electrificación en el país incluyendo ER estuvieron a cargo de la empresa estatal de electricidad (Electro Perú). El gobierno peruano viene impulsando la iniciativa privada en los servicios públicos como la infraestructura energética, considerando que el Estado debe tener un rol subsidiario y promotor, en ese sentido hay un programa de privatización en marcha. Respecto a la ER, se entiende que la concurrencia de la iniciativa privada requiere de esfuerzos de promoción especiales, para lo cual el proyecto de creación del IE constituye una pieza fundamental. Se trata de crear mecanismos y sistemas que promuevan la electrificación ahí donde la inversión privada no concurre fácilmente pero que no obliguen al Estado a actuar nuevamente como empresario del servicio eléctrico y se mantenga en un rol complementario.

El IE base institucional de la ER en Perú

En la exposición de motivos del proyecto se plantea crear un ente especializado dedicado exclusivamente a promover la iniciativa privada en el desarrollo de la ER. Por otro lado, se señala que será un organismo técnico del Sector Energía y Minas pero que tendrá autonomía funcional, económica, administrativa y técnica. Será dirigido por un directorio conformado por representantes de 5 ministerios (Energía, Industria, Agricultura, Economía y Presidencia). Contará con un comité consultivo de 5 personas de la empresa privada y con un personal máximo de 20 personas.

Sus funciones principales son normar, priorizar los proyectos, promover la iniciativa privada en la ejecución y explotación de los servicios eléctricos y apoyar financieramente las obras de ER.

Estrategia institucional básica

Para promover la iniciativa privada en ER, se plantean cuatro estrategias principales:

- a) Por una parte, abaratar el costo de los proyectos, estableciendo normas técnicas simplificadas sobre estudios y diseños y normalizando el uso de equipos y materiales. Para ello se plantea promover la investigación tecnológica y la capacitación.
- b) Crear mecanismos de cofinanciamiento de los proyectos con la empresa privada, promoviendo actividades de intermediación financiera, fondos rotatorios y crédito.
- c) Ejecución de los proyectos y explotación del servicio eléctrico a través

del sistema de concesiones a título oneroso.

- d) Si bien es cierto, la elaboración de los criterios de priorización de los proyectos será objeto de una de las primeras acciones del IE, el proyecto de ley sugiere priorizar el uso productivo de la electricidad y promover el uso de fuentes de energía no convencionales.

Metodología de desarrollo de los proyectos y explotación del servicio

Como metodología general, distingue dos etapas en el desarrollo de los proyectos:

Una primera referida a la Identificación y Promoción que será asumida por la población a través de Comités de Electrificación. Las ONGDs, los Municipios y los inversionistas en general, serán responsables de presentar los expedientes técnicos y de organizar y constituir entidades que cumplan los requisitos para concertar contratos de concesión. En la segunda etapa se adjudicará la ejecución y prestación del servicio de los proyectos a través de concesiones a título oneroso, por un mínimo de 10 años y un máximo de 50 años, pudiendo ser transferidos como propiedad. En algunos casos, las condiciones de esas concesiones podrán tener condiciones promocionales, siempre y cuando la prioridad del servicio y la rentabilidad lo ameriten. Las concesiones serán dadas por el Ministerio de Energía y Minas. Las concesiones también pueden ser obras de rehabilitación y ampliación o conclusión de obras.

Recursos económicos y financieros

El proyecto de ley propone financiar la ER a través de las siguientes modalidades:

- a) Los ingresos provenientes de la privatización de las empresas de Electrificación del Estado.
- b) El 1% del Presupuesto de la República.
- c) Un crédito del Tesoro Público por 250 millones de dólares.
- d) Los fondos del FODEIS y PRODEIS.
- e) Las retribuciones por las concesiones eléctricas que se otorguen.