

# MANUAL DE REFERENCIA

## SISTEMAS HIDROELÉCTRICOS COMUNITARIOS



CENTRO ALTERNATIVO RURAL EL LIMÓN



Organización de los  
Estados Americanos

EDICIÓN DE 10 DE MARZO DE 2013

## CONTENIDOS DEL MANUAL

Introducción .....	3
Proceso de los Proyectos Hidroeléctricos Comunitarios.....	4
El Elemento Comunitario .....	7
Estrategia del Consumo.....	8
Medición de la Potencial Energética de un Arroyo .....	10
De Tomas y Filtros.....	14
Diseño de los Tubos de Conducción .....	15
Diseño de los Tubos de Conducción .....	16
Sobre las Turbinas.....	19
Diseño de un Sistema de Distribución .....	23
Formularios Y Datos Utiles .....	25
Bibliografía Y Contactos .....	28

## **INTRODUCCIÓN**

El corazón de la implementación de los sistemas micro-hidroeléctricos comunitarios no se encuentra en la tecnología, sino en valores de respeto para el planeta y todos sus habitantes. Nuestro papel como ingenieros, técnicos, y comunitarios capacitados es proporcionar la información, el asesoramiento, y la ayuda técnica necesarios para que las comunidades logren realizar con éxito sus proyectos y que estos sean sostenibles.

Estamos abriendo caminos nuevos, creando oportunidades para una vida mejor, por medio del uso de una tecnología que la misma gente puede dominar, construir, y mantener con un mínimo de ayuda profesional.

Debemos ser suficientemente sabios para brindar la ayuda adecuada para que los proyectos sean exitosos, sin quitar nada a la independencia y autogestión de los participantes.

Espero que nuestros talleres sigan desarrollando y fortaleciendo un equipo de trabajo quien pueda dar ayuda a todos los niveles del proceso de planificación y realización de los proyectos, en cualquier región del país.

Estas notas constituyen la base para un manual de referencia que responde a las específicas condiciones actuales en las cuales nos encontramos. Se seguirá ampliándolo y se le dará la mayor difusión posible, distribuyéndolo en formato impreso y electrónico.

Un Respetuoso Saludo

Jon Katz  
Centro Alternativo Rural El Limón (CAREL)

10 de marzo de 2013

# **PROCESO DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS COMUNITARIOS**

## **CONTACTO INICIAL**

Según solicitud de ayuda o sugerencia de persona interesada

## **VISITA INICIAL**

Evaluación Física del Sitio

Fuentes de Agua

Caudal – Estimación del Caudal Actual y del Histórico

Caída – Estimación o medición con altímetro

Usuarios residenciales potenciales

Usuarios comerciales potenciales

Posibilidad de conexión a la red nacional

Otras ventajas e inconvenientes

Evaluación Capacidad Comunitaria

Instituciones locales presentes

Proyectos logrados

Evaluación Apoyo Institucional

Local

Regional

Nacional

Establecimiento de canales de comunicación y confianza con los comunitarios

## **FASE DE PLANIFICACIÓN**

### **PERFIL**

Visita al campo con participación comunitaria

Discusiones informales con los comunitarios

Mediciones del caudal actual de la fuente de agua

Recolección de informaciones históricas sobre episodios de aguas altas  
en tiempo de tormentas

Mediciones de alturas

Ubicación(es) preliminar(es) de la toma y turbina

Estimación de energía disponible por cada hogar

Mediciones para un mapa preliminar de la comunidad

Discusión con comunitarios sobre límites de extensión del sistema

Elaboración del Informe

Análisis de recursos humanos e institucionales

Descripción de fuentes de agua

Ubicación de la toma y turbina

Descripción de sistema de conducción de agua

Cálculo de la energía disponible

Descripción de estrategia de consumo

Recomendación para la turbina

Preparación de mapa preliminar

Elaboración de Presupuesto Preliminar

Elaboración de Cronograma Preliminar

Presentación a la Comunidad

Convocación de una reunión comunitaria  
Presentación de información sobre otros proyectos (*Llego la Luz*, si posible)  
Presentación y explicación del perfil  
Desarrollo de plan de avance

## **ESTUDIO DEL DISEÑO**

Mediciones del caudal de las fuentes de agua, según el siguiente esquema:

- a. Período de lluvia
  - i. 3 mediciones por semana;
  - ii. escoger 2 días en el período donde hacer mediciones durante el día (una cada 2 o 3 horas);
- b. Período de sequía
  - i. 1 medición cada 10 días;
  - ii. escoger 2 días en el período donde hacer mediciones durante el día (una cada 2 o 3 horas).

Mediciones para la ubicación de las casas y otros elementos, según detallado a continuación:

Diseño de Toma y Filtro  
Diseño de Sistema de conducción del Agua  
Diseño de la Caseta  
Especificación de la turbina  
Diseño del sistema de distribución  
Listado de Materiales  
Estimación de horas de trabajo  
Estimación de ayuda técnica  
Plan de Trabajo  
Cronograma  
Presupuesto  
Elementos Sociales, Económicos y Ambientales, en especial:  
Estructura del manejo institucional comunitario  
Participación de otras instituciones  
Consideraciones de sostenibilidad  
Características ambientales del territorio (Geología, Geomorfología, Uso del suelo, etc.)  
Línea base de la zona, rellenando la ficha de evaluación de impacto elaborada por el PPS, limitadamente a la parte “antes del proyecto” (ver Anexo I)

Documento elaborado por un geólogo o técnico de suelo de que resulte la estabilidad del sitio escogido por la construcción de la casa de máquina

## **ELEMENTOS DE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN**

Visitas al Campo para Supervisión y Resolución de Problemas

Compra de Equipos y Materiales

Importados:

- Turbina
- Malla del filtro
- Junta de expansión
- Componentes de controladores y eléctricos

Domésticos

- Cemento
- Varilla
- Block
- Tubos
- Llaves
- Grupo de tubos de entrada a la turbina
- Alambre de distribución
- Aisladores
- Transformadores
- Hierro misceláneo
- Materiales eléctricos para la turbina y el controlador
- Materiales eléctricos para las casas
- Herramientas de trabajo

Acciones que requieren Trabajo Especializado

- Instalación del filtro
- Instalación de la turbina
- Instalación de controladores de la turbina
- Trabajo de Taller
  - Soldadura de asamblea de tubo de entrada a la turbina
  - Fabricación del cuadro del filtro en acero inoxidable
- Resolución de problemas imprevistos

Asuntos Institucionales

- Relaciones de la comunidad con otras instituciones participantes
- Informes
- Talleres y capacitación
- Contabilidad y manejo de los fondos

Transporte de Equipos y Materiales

## **EL ELEMENTO COMUNITARIO**

***El papel de los comunitarios es central para el éxito de este tipo de proyectos. Los comunitarios deben ser los dueños conscientes de su propio proyecto.***

### **Contacto Inicial**

- Desde la primera visita es un factor imprescindible tratar a los comunitarios con un respeto visible.
- Si se llega con representantes de instituciones públicas, privadas o internacionales, es importante cultivar una relación independiente con la comunidad. Somos asesores cuya primera responsabilidad es hacia la comunidad.
- No se puede dar la impresión que se esté trayendo a la comunidad un sistema ya listo para funcionar. Es indispensable que desde el principio la gente esté enterada de que tiene que el buen éxito del proyecto depende de su nivel de involucramiento y participación en todas las etapas del proceso.
- Es importante conocer desde el principio las instituciones comunitarias ya existentes, y su capacidad para lograr los resultados esperados del proyecto.

### **Fase de análisis**

- Los comunitarios son las personas quienes más conocen el territorio donde viven y tienen informaciones importantes sobre las fuentes de agua, caudales, períodos de sequías, y rutas de acceso a los sitios de interés para el proyecto.
- Siempre se debe tener una actitud de enseñanza, explicando cada paso y técnica que se use.
- Es importante identificar las decisiones críticas en el diseño e involucrar la comunidad en la toma de las mismas.
- Es importante involucrar y valorar a los residentes que tienen capacidades técnicas.

### **Desarrollo institucional**

- Será necesario facilitar una capacitación institucional adecuada, fortaleciendo las organizaciones y/o grupos ya existentes en la comunidad.
- La comunidad debe aprender nociones suficientes de contabilidad de manera que pueda manejar autónomamente sus propios fondos.

### **Construcción**

- La comunidad debe tomar responsabilidad para el manejo del sistema.
- Los comunitarios deben aprender casi todos los conocimientos necesarios para la construcción del sistema, no limitándose a brindar mano de obra no especializada.
- Será necesario proporcionar instrucciones precisas cuando se entre en cada fase nueva de la construcción del sistema.

### **Mantenimiento y sostenibilidad**

- La comunidad debe conseguir suficiente conocimiento del sistema para mantenerlo después de la construcción, sin la necesidad de depender de una institución u organización externa.

## **ESTRATEGIA DEL CONSUMO**

*El tamaño (y por ende los costos) del sistema depende mucho de la cantidad de energía entregada a los usuarios. En general, se considera que un promedio de 150 W por hogar es suficiente para satisfacer las necesidades de las comunidades rurales de República Dominicana. Por otro lado, si no existe otras opciones factibles, se puede implementar un sistema que garantice mucho menos. Sin embargo, no cabe duda que la disponibilidad de más energía facilita el desarrollo de proyectos productivos, los cuales aprovechan de la misma energía.*

En general, hay dos conceptos opuestos, la disponibilidad del recurso y el costo, que se deben tomar en cuenta cuando se hable de uso de energía eléctrica. A continuación, se presenta un análisis sintético de las ventajas y desventajas ligadas a varios sistemas de producción de energía eléctrica.

**La Red:** La base conceptual es la abundancia. Siempre hay más energía disponible (si no se verifican apagones). Las dos limitantes son el costo de compra de los electrodomésticos, y la factura mensual por el pago del servicio recibido.

**Paneles Solares** La gente enfrenta el problema de la escasez de energía eléctrica. Tiene que controlar muy fuertemente el uso de la energía. Un sistema típico (un panel de 30 W) puede proporcionar un promedio de 200 W-horas por día, lo cual es suficiente para alimentar para 5 horas una lámpara de 15 W y un televisor de 12" blanco y negro de 25 W. En tiempo nublado, y en el caso se disponga de una batería vieja, la capacidad se reduce.

**Los sistemas hidroeléctricos comunitarios** ocupan un lugar intermedio entre las dos situaciones descritas arriba. El sistema comunitario que contaba con las mayores limitaciones era lo de El Limón de Ocoa. Por falta de agua, la cantidad de energía disponible estaba limitada a 35 W por hogar (los sistemas típicos proporcionan de 3 a 5 veces más energía). Para reducir la tentación de agregar electrodomésticos, la energía se entregaba en la forma de 12 voltios DC. Al mismo tiempo pero el usuario pudo aprovechar de un total de 840 W-horas diarios, mucho más que entrega un sistema solar, sin las limitantes de las condiciones meteorológicas o de una batería, y el sistema resultó adecuado, o sea mínimo, para sus necesidades. Cada casa contaba con una o dos lámparas y la mayoría con un televisor blanco y negro. Además el sistema alimentó el proyecto de informática en la escuela local. Sin embargo, cabe destacar que después 13 años de servicio los residentes de El Limón encuentran que la cantidad de energía de que disponen no era el ideal, y últimamente buscaban más agua en las lomas e instalaban un sistema de 15 kW,

En el caso de los sistemas siguientes, Los Martínez (San José de Ocoa) y Los Calabazos (La Vega), y después en los sistemas demás, la energía es entregada en la forma de 120 VAC, con una disponibilidad promedio de 120 – 150 W por hogar. En Los Calabazos, donde la comunidad es muy concentrada y la turbina cerca del núcleo del poblado, cuando sube el consumo de energía el sistema se cae con frecuencia. En Los Martínez, la limitación de la potencia disponible se aplica por sector, caracterizado por un transformador cada 5 – 15 casas. De esta manera cada sector es independiente en la repartición su cuota de energía. Este permite el uso de algunas neveras y lavadoras sin el riesgo de que quiebre el sistema entero.



En general, las comunidades encuentran necesario prohibir el uso de plancha y blower, y requerir el uso de bombillas fluorescentes de bajo consumo. Algunas se apague las neveras en las horas del uso máximo, del cae del sol hasta 9 o 10 de la noche. Al estado actual se está discutiendo de la posibilidad de vender derechos para uso de neveras y lavadoras, pero esta medida todavía no resulta implementada.

## CONSUMO TÍPICO

Bombillo a incandescencia	50, 60, 75, 100 W	Batidora	250 W
Lámparas de bajo consumo	12, 15, 18 W	Blower	600 – 1200 W
Nevera grande	400 - 1200 W **	Plancha	1100- 1600 W
Nevera pequeña	100 W **	Televisor B&N	100-200 W
Lavadora Americana	600 W **	Televisor de Color	150 – 400 W
Lavadora Japonesa	150/300 W **	Áire Acondicionado	1570 W
Máquina de cocer	100 W	Abanico	50 – 100 W
Computadora Laptop	80 W	Calentador de Agua	800 – 3000 W
Computadora Grande	300 W	Radio o CD	15 - 30 W
** Los motores requieren 3 – 4 veces más energía para arrancar.			

## MEDICIÓN DE LA POTENCIAL ENERGÉTICA DE UN ARROYO

La hidroelectricidad se basa en la conversión de la energía del agua en fuerza radial mediante el uso de una turbina o una rueda de agua, y en la conversión de esta fuerza radial en energía eléctrica mediante un generador o un alternador.

Antes de que se pueda determinar la producción eléctrica potencial de un arroyo u otra fuente de agua, es necesario medir la energía disponible de la misma agua.

La energía del agua depende de una combinación del CAUDAL, o cantidad de agua disponible por unidad de volumen, y la CABEZA, o diferencia de altura aprovechable desde el punto de caída del agua. Es importante contar con una buena precisión de las mediciones de estas variables.

### **MEDICIONES DEL CAUDAL**

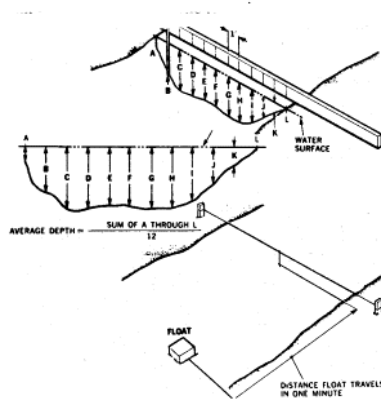
Es importante no solamente conocer el flujo del arroyo en el momento de la medición, sino también los extremos hidrológicos (los caudales máximos y los caudales mínimos, estos últimos propios de los períodos de sequía).

El objetivo es diseñar un sistema de manera que se pueda aprovechar el mayor flujo posible durante la mayor parte del año, y al mismo tiempo tener electricidad suficiente durante la época seca.

Si se tiene familiaridad con temas hidrológicos, se puede estimar estos flujos basándose en las mediciones actuales del flujo. Alternativamente, se pueden recolectar estas estimaciones de vecinos o de otras fuentes.

Se recomiendan las siguientes maneras de medir el caudal de agua:

1. **En los Arroyos Pequeños**, el caudal se puede medir fácilmente y exactamente construyendo una presa temporal y haciendo que toda el agua através de un sólo tubo (o canal de hoja de zin) llegue a un tanque u otro recipiente de capacidad conocida. Sencillamente, se mide el tiempo necesario para llenar el envase, preferiblemente con un cronómetro o reloj digital. Luego se divide el volumen por el tiempo. Este método necesita condiciones apropiadas del arroyo que permitan que toda o casi toda el agua entre en el tubo y que exista un salto suficiente para poner el recipiente debajo del tubo.
2. **El Método del Flotador** es útil para las corrientes grandes cuando se puede localizar una sección de alrededor de 100 pies de largo donde la

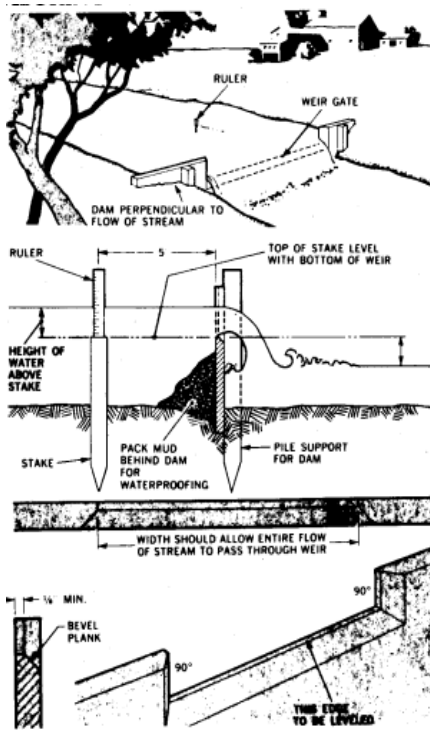


corriente sea bastante constante en anchura y profundidad. Una profundidad de menos de un pie o irregularidades en la cama del arroyo pueden introducir grandes errores en la medición del flujo.

Marque un tablero con intervalos de un pie y coloque el mismo a través de la corriente; mida la profundidad del agua en cada marca y se registre la misma. Luego, dibuje la sección transversal para determinar la cantidad cuadrada, haciendo un

promedio de mediciones o subdividiéndose en rectángulos y dos triángulos y calculando el área. Utilice un flotador cargado que pueda ser visto claramente, y multiplique los pies recorridos por el flotador en un minuto por los pies cuadrados de la sección transversal. Multiplique esta figura por 0.83 para el flujo del agua en el Cu ft./min. (el 0.83, o 5/6, es la diferencia en términos de caudal entre el agua en la superficie de la corriente y el agua más abajo).

**El Método del Weir (Represa)** es probablemente la manera más confiable de medir corrientes de tamaño mediano. Luego de construir una represa y sacar su medida, se puede determinar el flujo que pasa a través de él mediante la tabla del *weir* siguiente.



La tabla indica la cantidad de flujo (en pies cubico/min.) sobre un *weir* de una pulgada de ancho y a partir de 1/8 a 20-7/8 pulgadas de profundidad.

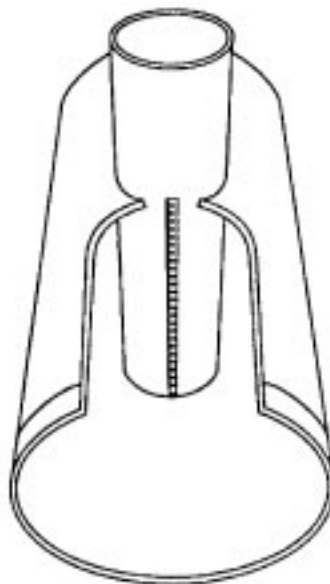
TABLA de las MEDIDA del WEIR

Inches	0	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
0	0.00	0.01	0.05	0.09	0.14	0.19	0.26	0.32
1	0.40	0.47	0.55	0.64	0.73	0.82	0.92	1.02
2	1.13	1.23	1.35	1.46	1.58	1.70	1.82	1.95
3	2.07	2.21	2.34	2.48	2.61	2.76	2.90	3.05
4	3.20	3.35	3.50	3.66	3.81	3.97	4.14	4.30
5	4.47	4.64	4.81	4.98	5.15	5.33	5.51	5.69
6	5.87	6.06	6.25	6.44	6.62	6.82	7.01	7.21
7	7.40	7.60	7.80	8.01	8.21	8.42	8.63	8.83
8	9.05	9.26	9.47	9.69	9.91	10.13	10.35	10.57
9	10.80	11.02	11.25	11.48	11.71	11.94	12.17	12.41
10	12.64	12.88	13.12	13.36	13.60	13.85	14.09	14.34
11	14.59	14.84	15.09	15.34	15.59	15.85	16.11	16.36
12	16.62	16.88	17.15	17.41	17.67	17.94	18.21	18.47
13	18.74	19.01	19.29	19.56	19.84	20.11	20.39	20.67
14	20.95	21.23	21.51	21.80	22.08	22.37	22.65	22.94
15	23.23	23.52	23.82	24.11	24.40	24.70	25.00	25.30
16	25.60	25.90	26.20	26.50	26.80	27.11	27.42	27.72
17	28.03	28.34	28.65	28.97	29.28	29.59	29.91	30.22
18	30.54	30.86	31.18	31.50	31.82	32.15	32.47	32.80
19	33.12	33.45	33.78	34.11	34.44	34.77	35.10	35.44
20	35.77	36.11	36.45	36.78	37.12	37.46	37.80	38.15

Ejemplo de cómo utilizar la tabla del *weir*. Se suponga que la profundidad del agua sobre la estaca es de 9-3/8 pulgadas. Encuentre la fila marcada con 9 y la columna correspondiente a 3/8. El valor correspondiente a la intersección de la fila y la columna es 11.48 Cu ft./min. Ese valor es válido sólo para un *weir* de ancho de una pulgada. Para calcular el flujo total, multiplique este valor por el anchura de su *weir* en pulgadas.

**EL FLUME** no es bien conocido en este país. Un *flume* de 12 pulgadas es apto para medir caudales entre 100 y 500 galones/ min. También se puede fabricar para medir caudales en rangos diferentes. El *flume* es un método económico y efectivo cuando no existen las condiciones (falta de caída suficiente o caudal superior a los 300 gl/min) para el uso del método del tanque.

Profundidad Pulgadas	Flujo Gal/Min
1.0	0.63
1.5	3.93
2.0	9.48
2.5	18.47
3.0	30.65
3.5	46.04
4.0	64.64
4.5	86.42
5.0	111.32
5.5	139.25
6.0	170.12
6.5	204.88
7.0	240.33
7.5	279.53
8.0	321.48
8.5	366.27
9.0	414.13
9.5	464.89
10.0	515.34



## Medidas de Caída

Para medir la caída es importante contar con un topógrafo, un nivel con trípode o un nivel fijado a un tablero recto para medir la diferencia de la cabeza de una estaca hasta la sucesiva.

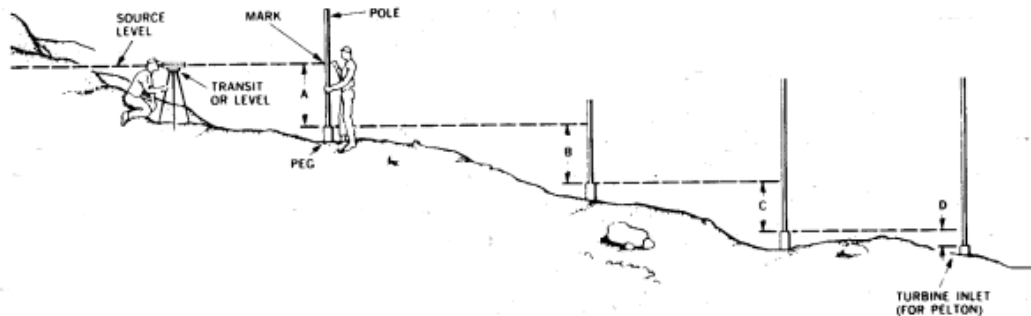
Tome buenas notas de las mediciones, y sume todos los valores medidos (A, B, C, D, etc.) para obtener el valor de la cabeza total.

Se puede también aprovechar de una manguera llenada de agua para medir saltos pequeños con gran precisión.

Otro método de medir es utilizar longitudes de la manguera del jardín (u otro tubo plástico) según disponibilidad, y un reloj de presión.

Ubique la manguera en la posición propuesta para la toma de agua hasta la ubicación propuesta para la turbina. Llene la manguera por el extremo de la fuente y registre la presión al extremo correspondiente a la turbina, donde se ha unido el reloj de presión. Si no se dispone de una manguera suficientemente larga para cubrir la longitud completa, divida el recorrido en varios tramos, realice varias mediciones según necesitado, y sume las presiones registradas.

Utilice un reloj de presión calibrado con presiones cercanas a las presiones a las cuales se trabajará ( 0.433 PSI corresponden a un pie de caída). Diez pies de salto corresponden a 4.33 PSI.



u

Si la altura es grande y la distancia larga, es recomendable medir la caída con un altímetro.

Se debe tener cuidado en revisar los resultados, para los cuales en general se debe esperar un error hasta 10 pies.

En la mañana y en horas de en la tarde cuando cambia la presión atmosférica rápidamente, o en situaciones de cambios considerable del tiempo, pueden parecer errores hasta más de 60 pies. Es muy importante que se tomen mediciones subiendo y bajando, para identificar así los errores, y, si necesario, repetir las mediciones. Algunos ingenieros trabajan con dos altímetros, uno fijo y uno móvil para compensar los cambios de presión.

En general, el GPS común no tiene exactitud suficiente en el componente vertical para que resulte adecuado para este trabajo. Sería necesario un equipo profesional con la capacidad de tomar medidas diferenciales.

## **DE TOMAS Y FILTROS**

### **La Toma**

Debido a que el país está sujeto a tormentas tropicales y afectados por la deforestación, se necesita estar preparados para la reparación de cualquier toma en caso de daños o destrucción ocasionados por la crecida del arroyo.

La toma debe ser sencilla, preferiblemente una estructura temporánea que conduce el agua hasta un canal o tubo que llegue al desarenador y filtro.

En muchos casos es posible aprovechar de la configuración natural del arroyo. El canal debe salir de la cama del arroyo lo más rápido posible, hasta un nivel de seguridad.

### **Desarenador y Filtro**

La arena presente en el agua produce daños considerables a cualquier volante. Es crítico estancar el agua de manera que la arena se deposite en el fondo de una pileta. Un codo y un tubo puesto en correspondencia del fondo permite la limpieza de la arena acumulada.

Para un sistema con un flujo de 250 gal/min estamos actualmente se están construyendo piletas de 4 pies de anchura por 8 pies de largo por 4 pies de profundidad.

Es importante evitar cualquier movimiento rápido del agua, lo que causaría la salida de la arena.

Sólitamente se ubica el desarenador antes de la última sección de tubos que bajan hasta la turbina.

Los orificios de la turbinas Pelton y Turgo se quedan fácilmente tapados por objetos orgánicos presente en el agua, como hojas, pajas, raíces, etc.

La solución mejor que se ha encontrado para este problema es la malla conocida como "*inclined wedgewire*" o "*aquashear*".

Dicha malla es muy resistente y es autolimpiante.

En base a la experiencia desarrollada, cada pie cuadrado sirve para un flujo de 240 galones/minuto, aunque se destacan variaciones en función de las características de una malla específica. Por esta razón, sería mejor usar un tamaño un poco más grande, considerando un pie cuadrado para cada 200 gal/min.

La producción de los marcos de acero puede comisionarse al Ingeniero Rafael Martínez de Santo Domingo.

Es sumamente importante instalar las mallas con un ángulo de algunos 50 grados respecto al horizontal, para asegurar que los contaminantes bajen sin pegarse a la malla.

# HIGH CAPACITY SELF-CLEANING STATIC INTAKE SCREEN

The AQUADYNE Aqua Shear Screen is ideally suited for installation at remote locations. Unlike conventional screens, no electricity is required for the cleaning operation. The self-cleaning feature of the Aqua Shear Screen, having no moving parts, assures minimal operator attention. Little or no maintenance is required.

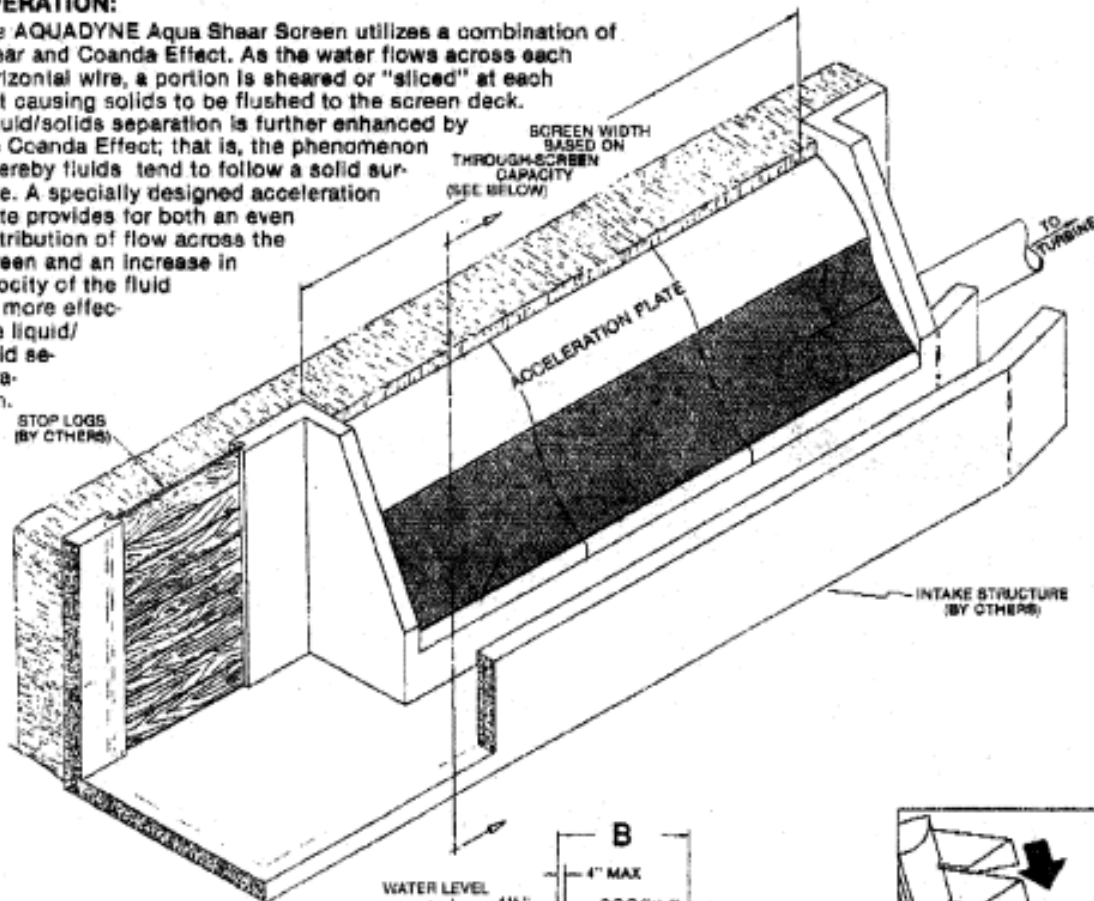
0.5 mm and larger, thereby affording positive protection of downstream apparatus such as hydraulic turbines. The smooth surface of the Aqua Shear Screen serves as an excellent fish guidance facility and protects fry from entrainment into the downstream hydraulic apparatus.

With the standard slot opening of 1.0 mm, the Aqua Shear Screen is capable of removing 90% of solids

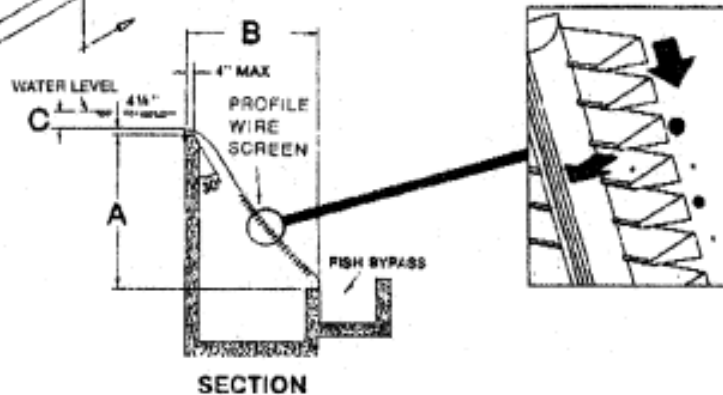
High capacities up to 1.5 cfs per foot of weir length reduces cost as well as space required at diversions for installation of screening facilities.

## OPERATION:

The AQUADYNE Aqua Shear Screen utilizes a combination of shear and Coanda Effect. As the water flows across each horizontal wire, a portion is sheared or "sliced" at each slot causing solids to be flushed to the screen deck. Liquid/solids separation is further enhanced by the Coanda Effect; that is, the phenomenon whereby fluids tend to follow a solid surface. A specially designed acceleration plate provides for both an even distribution of flow across the screen and an increase in velocity of the fluid for more effective liquid/solid separation.



Flow (cfs/ft)	THROUGH-SCREEN CAPACITY Dimensions		
	A	B	C
1.0	40"	34½"	5½"
1.5	47"	52"	7"



## **DISEÑO DE LOS TUBOS DE CONDUCCIÓN**

### **CONSIDERACIONES EN GENERAL**

- La diferencia de altura entre el punto de entrada del agua en la tubería cerca de la toma hasta la turbina es igual a la presión estática.
- La presión dinámica de que se dispone en la turbina consiste en la presión estática restada de la pérdida por fricción en la tubería.
- Normalmente se diseña un sistema de tubos que pierda por fricción un 10% - 15% de la presión estática (cabeza). En general, esa condición es la más económica.
- Si se presenta la situación en la cual, debido a escasez de caudal o salto disponible, se necesita maximizar la cantidad de energía, es mejor gastar un poco más para comprar tubos más grandes y reducir las pérdidas por fricción.
- Si hay un flujo excesivo con relación al diámetro del tubo utilizado y su longitud, el agua pierde energía por fricción en el tubo y la cantidad de energía producida se reduce.
- Las tablas proporcionadas en este manual son adecuadas para los cálculos relativos a casi todas las instalaciones típicas.
- Existe un proceso de cálculo gráfico en el caso en que las tablas no resulten adecuadas.
- Asimismo hay formularios matemáticos que pueden ser aplicados con el uso de Excel.
- En algunos casos, se cuenta con aguas muy ricas en carbonatos, que determinan una rápida reducción del flujo por el depósito de calcio u otros minerales. El diámetro interno de la tubería resulta reducido y esto genera mucha fricción. En este caso, es recomendable examinar la posibilidad de aumentar el tamaño de los tubos utilizados.
- En general, se puede iniciar la planificación con tubos de los siguientes tamaños (en el caso de una caída de 200 – 300 pies) y ajustar el tamaño si la distancia es muy corta o muy larga:
  - 2 – 5 kW      4 pulgadas
  - 6 – 12 kW     6 pulgadas
  - 13 – 20 kW    8 pulgadas
- En la experiencia desarrollada, se han registrado muchos problemas de escape cerca de la turbina, debido a las vibraciones producidas por su funcionamiento. Actualmente se están instalando por lo menos 60 pies de tubos de hierro soldados en el tramo final, antes de llegar a la turbina.

### **Expansión y Apoyo de Tubos de Hierro**

- Un tubo de hierro en la superficie del suelo puede mostrar una expansión típica de 6 pulgadas cada 1000 pies cuando esté vacío y expuesto a un sol fuerte. Si no hay curvas para absorber la expansión, se necesita instalar una junta de expansión en goma (tipo común) cada 200 pies de tubería.
- El tubo debe estar fijado con un ancla fuerte puesta inmediatamente arriba de la junta de expansión, por lo menos en instalaciones inclinadas, para evitar que el tubo baje con el pasar del tiempo.



- Un típico tubo de hierro debe estar apoyado sobre un soporte por lo menos cada 20 pies. El mismo tubo (en las zonas entre dos anclas) debe estar libre de moverse por expansión y contracción térmica.

### Sobre Instalación de Tubos en PVC

- Los tubos duran más si están protegido del sol. Pueden ser enterrados, se pueden sembrar plantas encima de la tubería, o se puede usar pintura acrílica para cubrirlos.
- En caso se entierren, es mejor evitar el contacto con piedras que puedan romperlos, y echar arena fina o suelo suave cerca del tubo.
- Siempre se debe pegar los tubos: primero aplicando un limpiador de solvente, y segundo utilizando un pegante de calidad (importado), oportunamente diseñado para un tubo del mismo tamaño de los ue se están utilizando.
- Los escapes se reducen considerablemente se se esperan varias horas (la etiqueta del pegante dice 24 horas) antes a doblar el tubo.

### Flujo de Agua y Pérdida de Presión con Tubos de PVC

GPM	25	50	100	150	200	240	300	340	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1200
PCS	.05	.1	.2	.33	.45	.53	.66	.78	.89	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.78	2.0	2.23	2.67

#### Tamaño de Tubo y Perdida cada 100 Pies

2	1.28	4.65	16.8	35.7	60.6	85.5	99.2												
3	.18	.65	2.33	4.93	8.36	11.8	17.9	22.7	30.6	36.7	46.1	55	64.4						
4	.04	.16	.57	1.23	2.02	2.91	4.37	5.5	7.52	9.31	11.3	13.5	15.8	21.1	26.8	33.4			
6		.02	.08	.17	.29	.41	.62	.76	1.03	1.29	1.56	1.86	2.2	2.92	3.74	4.75	5.66	8.04	
8				.04	.07	.10	.15	.19	.25	.32	.39	.46	.5	.72	.89	1.16	1.40	1.96	

### Sobre el Tubo de Entrada en la Turbina

- El tubo debe estar bien apoyado sobre un ancla grande y fuerte situada fuera de la caseta de máquina, para evitar cualquier distorsión de la turbina.
- Debe instalarse una junta de expansión de goma antes del ancla, y otra junta entre el ancla y la turbina.

## Características de Tubos en PVC

### SCHEDULE 40

Pipe Size (Inches)	Average O.D.	Min. Wall Thickness	Weight Per Foot	PSI Rating	Min. Wall Thickness	Weight Per Foot	PSI Rating
1/2"	0.84	0.109	0.16	600	0.147	0.203	850
3/4"	1.05	0.113	0.21	480	0.154	0.276	690
1"	1.315	0.133	0.316	450	0.179	0.407	630
1 1/4"	1.66	0.14	0.427	370	0.191	0.561	520
1 1/2"	1.9	0.145	0.51	330	0.2	0.682	470
2"	2.375	0.154	0.69	280	0.218	0.943	400
2 1/2"	2.875	0.203	1.09	300	0.276	1.443	420
3"	3.5	0.216	1.43	260	0.3	1.928	370
4"	4.5	0.237	2.03	220	0.337	2.821	320
6"	6.625	0.28	3.57	180	0.432	5.384	280
8"	8.625	0.322	5.38	160	0.5	8.184	250
10"	10.75	0.365	7.62	140	0.593	12.135	230
12"	12.75	0.406	10.08	130	0.687	16.687	230
14"	14	0.437	11.81	130			
16"	16	0.5	15.416	130			
18"	18	0.562	20.977	130			
20"	20	0.593	23.62	120			
24"	24	0.687	32.756	120			

### SCHEDULE 80

### Tipo SDR

Pipe Size Inches	Avg. O.D. Inches	Min. Wall Thickness/Weight per foot					
		CL315- SDR13.5	CL250- SDR17	CL200-SDR21	CL160-SDR26	CL125- SDR32.5	CL100- SDR41
1/2"	0.84	0.062 / 0.106					
3/4"	1.05	0.060 / 0.131					
1"	1.315	0.063 / 0.174					
1 1/4"	1.66	0.079 / 0.266 0.064 / 0.222 0.064 / 0.222					
1 1/2"	1.9	0.090 / 0.330 0.073 / 0.270					
2"	2.375	0.113 / 0.510 0.091 / 0.420 0.073 / 0.326					
2 1/2"	2.875	0.137 / 0.750 0.110 / 0.610 0.088 / 0.518					
3"	3.5	0.167 / 1.120 0.135 / 0.910 0.108 / 0.763 0.085 / 0.616					
4"	4.5	0.265 / 2.260 0.214 / 1.840 0.173 / 1.510 0.138 / 1.235 0.110 / 1.005					
6"	6.625	0.390 / 4.940 0.316 / 4.010 0.255 / 3.270 0.204 / 2.658 0.162 / 2.146					
8"	8.625	0.508 / 8.420 0.410 / 6.770 0.332 / 5.540 0.265 / 4.458 0.210 / 3.583					
10"	10.75	0.511 / 10.520 0.413 / 8.590 0.331 / 6.940 0.262 / 5.572					
12"	12.75	0.606 / 14.790 0.490 / 12.080 0.392 / 9.736 0.311 / 8.060					

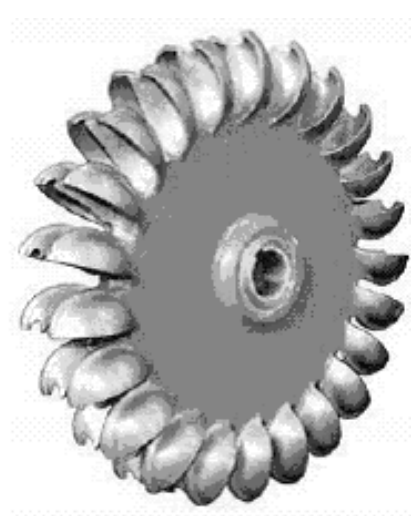
## SOBRE LAS TURBINAS

Se encuentran dos clases básicas de turbinas.

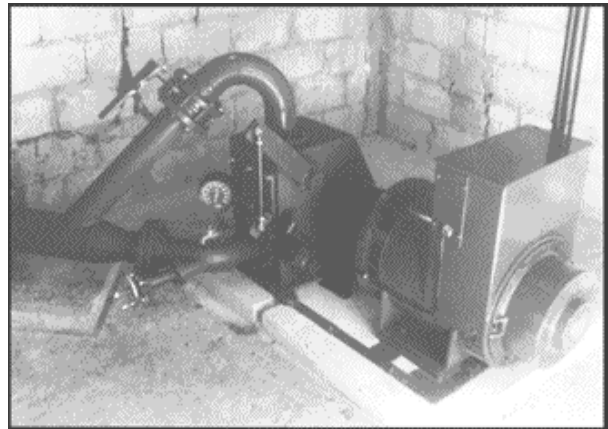
En la turbina de **impulso** el agua sale de un orificio, pasa al aire libre, e impulsa un volante haciéndolo girar. Las tres variedades más comunes son la **Pelton**, la **Turgo**, y la **Michell-Banki (crossflow)**.

El otro tipo de turbina es de **reacción**, donde un volante trabaja dentro un flujo de agua. Variedades comunes son la **Francis**, la **Kaplan**, y el **propulsor**.

### **Pelton**



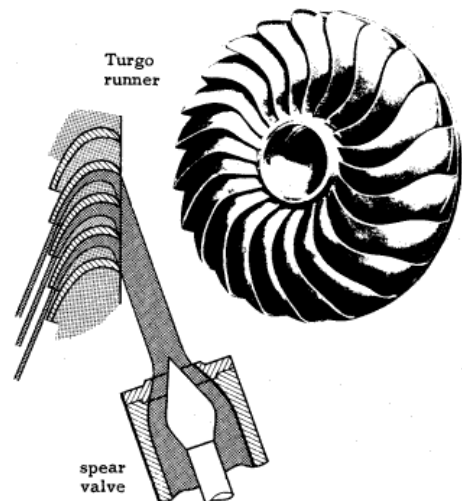
La Pelton funciona más eficientemente con caídas iguales o superiores a 300 pies. Es el tipo de turbina de relativamente bajo costo, más confiable, y más sencilla para darle mantenimiento. Además la eficiencia se coloca entre el 20% y el 100% de su capacidad, lo que constituye una ventaja importante en sitios donde el caudal baja mucho en tiempo de sequía.



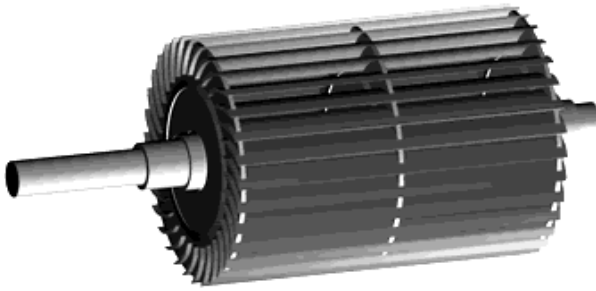
### **Turgo**

La turbina Turgo es parecida a la Pelton. La diferencia consiste en que el agua entra de un lado del volante y sale de otro. Por esta razón, el volante tiene una capacidad para trabajar con un flujo mayor de agua, y por ende, en condiciones de flujo igual, se puede usar un volante más pequeño.

En el caso de alturas de 100 – 200 pies esto produce una ventaja muy significativa respecto a la Pelton, garantizando mayor eficiencia y una salida del eje que se puede conectar directamente a una generadora de 1800 RPM.



## Michell-Banki (Crossflow)

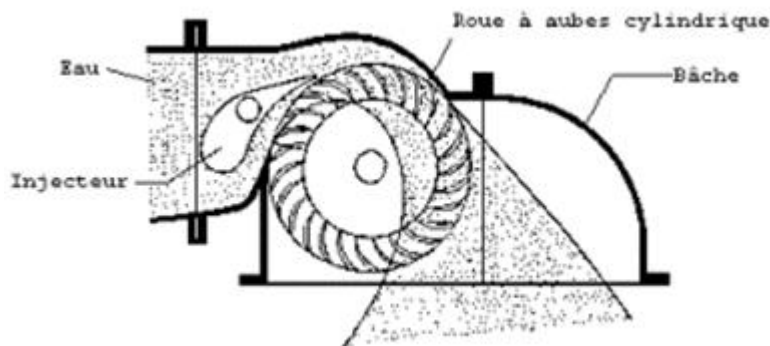


La Michell-Banki es preferible en condiciones de caídas inferiores a 70 pies.

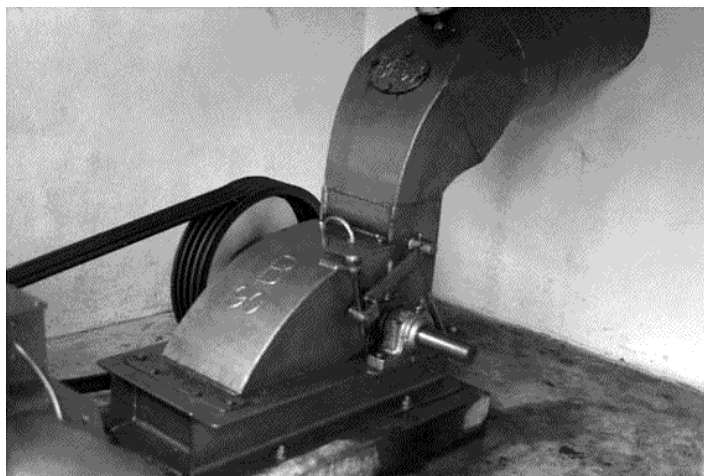
Es relativamente fácil a fabricar y puede ser construida en un taller más sencillo. Por otro lado, por falta de un orificio pequeño, es más susceptible que la Pelton o la Turgo a daños ocasionados por piedras u otros

elementos sólidos. Además, en general tiene una eficiencia inferior.

Existen unos modelos Alemanes de alta eficiencia, pero son muchos más costosos que una Pelton con la misma salida. Tienen velocidad inferior, y casi siempre están acompañadas por correas o piñones para incrementar la velocidad para el generador.



La Michell-Banki tiene la reputación de ser una turbina fácil a fabricar en cualquier taller. El volante es de relativamente fácil fabricación, pero los otros componentes son más complicados, y la dificultad crece rápidamente con el tamaño de la turbina y la presión del agua. En el caso de un diseño sencillo, la eficiencia es generalmente inferior al 65%.



## Francis (10 – 100 pies caída)

La turbina **Francis (y sus variaciones)** es muy eficiente (hasta el 93%), pero su fabricación resulta costosa. Además el diseño es muy sensible a los valores de caída y caudal, y cada turbina está fabricada específicamente para el sitio de instalación. Esta sensibilidad es muy problemática en caso de caudales que registran fuertes reducciones en tiempo de sequía.

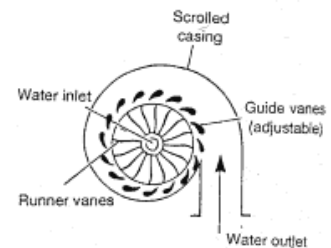
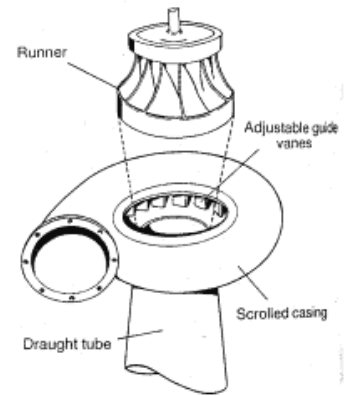
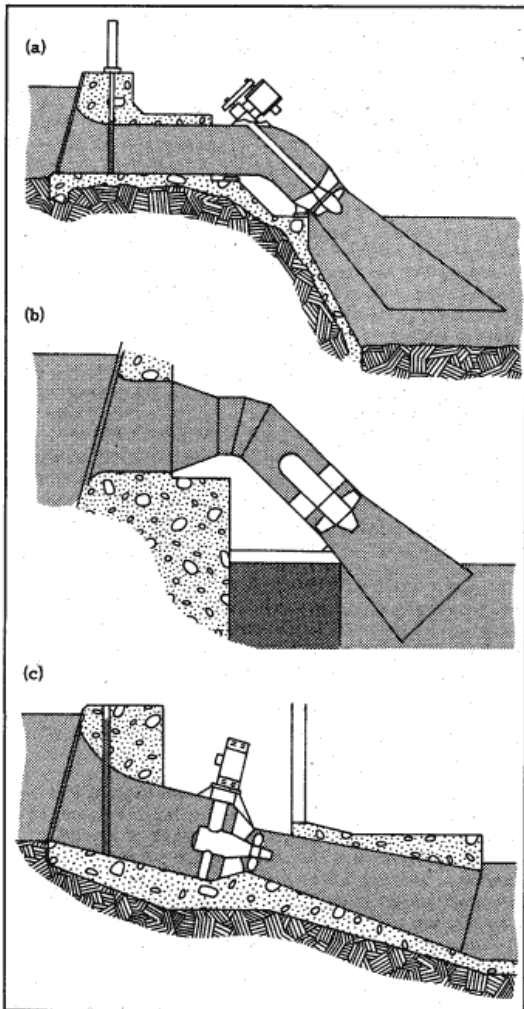


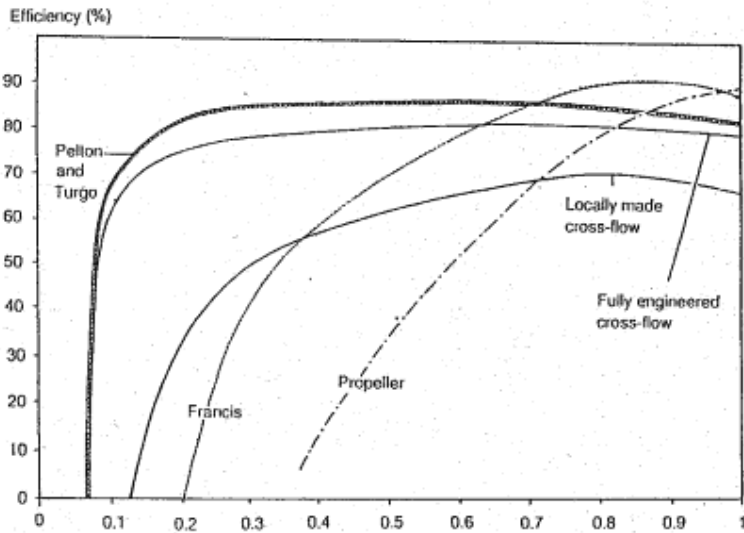
Fig 5.7.1 The Francis turbine. The complex blades and scroll casing shape and the need for close tolerances cause this to be an expensive turbine. Guide vanes are rotated to change flow by a linkage mechanism.

**Propulsor** (caída inferior a 10 pies). El propulsor se encuentra típicamente instalado en sitios con mucho caudal y caída reducida. Además existen modelos muy pequeños, de 35 W en adelante. El propulsor es susceptible a daños por inundación.

## Kaplan

Una variación del propulsor, en el cual las cuchillas del propulsor son ajustables para mantener la eficiencia en tiempo de flujo reducido. Por su diseño complicado no se encuentra mucho en sistemas micro-hidroeléctricos.

## Eficiencia de Varias Turbinas



## Costos de Turbinas

(Los costos presentados a continuación no son actualizados y deben ser considerado en términos relativos. Una turbina Canyon de 20 kW, con dos orificios, válvula de lanza, y controladores cuesta actualmente alrededor de US\$22,000 más los costos de entrega)

Costos de Turbinas en Termas de \$1000 EU (1990) Sin Alternador						
Shaft power kW	Crossflow	Francis	Single-jet Pelton	Multi-jet Pelton	Turgo	Propeller
2	1 - 2	4 - 6	1 - 4	1 - 3	2 - 4	4 - 6
5	2 - 6	8 - 10	2 - 8	2 - 6	5 - 8	8 - 10
10	2 - 10	15 - 20	2 - 15	2 - 10	8 - 14	15 - 20
20	3 - 14	20 - 30	3 - 20	3 - 15	12 - 20	20 - 30
50	5 - 30	25 - 70	5 - 50	5 - 30	35 - 50	25 - 70
100	30 - 50	40 - 100	40 - 80	15 - 60	55 - 80	40 - 100
150	50 - 80	60 - 120	60 - 100	30 - 80	80 - 100	60 - 120

## Selección de la Turbina

Hasta ahora la turbina Pelton se ha revelado la más apropiada para las características de los proyectos desarrollados, en regiones montañosas con ciénes de pies de altura disponibles, pero con cantidades de agua limitadas.

La Pelton presenta una combinación de precio favorable y facilidad de mantenimiento, además de mantener una eficiencia alta en caso de una variación amplia del flujo. La Pelton es eficiente con una caída superior a 300 pies. Cuando sube la presión hasta más de 450 pies (200 psi) los tubos y otros equipos a utilizar son más costoso y difíciles a conseguir, y se suponen que se tengan más problemas de mantenimiento.

## **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

- Las normas del diseño de un sistema de distribución para la red convencional no son ni eficientes ni económicas para una mini-red de bajo consumo.
- En casos donde instituciones auspiciaran la instalación de una red distribución, se encontró que normalmente esas trabajan bajo normas convencionales poco flexibles.
- Se debe trabajar con las instituciones para reducir el uso de transformadores, eliminar lámparas de alto consumo de la calle, e incluir (y capacitar) comunitarios en el proceso de instalación.

### **CONSIDERACIONES SOBRE SISTEMAS FUERA DE NORMAS CONVENCIONALES**

- Es más eficiente evitar el uso de transformadores, si el diseño permite el uso de cable (triplex) de #00 o #000. Por otro lado, en términos económicos un transformador de 15 kW cuesta menos que 200 pies de cable triplex.
- El uso de una línea matriz de 480 Voltios resultó adecuada en el caso de Los Martínez. Es menos peligroso y más fácil a instalar que una línea de 7.2 kV en el ambiente de electrificación con enfoque comunitario participativo.
- Es más económico limitar la variedad de calibres de alambre instalado, para comprar en mayor cantidad.
- El alambre #12 sólido con aislamiento HDPE (Polietileno de Alta Densidad) resultó muy exitoso en los sistemas exigentes.
- En el caso de diseño particular, un mapa hecho con un GPS y software gratuito (como "Terrain") es muy adecuado para las necesidades de la planificación.
- En el diseño particular se usa una hoja de cálculo de Excel para calcular la pérdida de voltaje en cada segmento (de poste a poste) de la línea.

### **PASOS DEL DISEÑO PARTICULAR FUERA DE NORMAS CONVENCIONALES**

1. Recolección de datos: ubicación de la turbina, las viviendas, otros usuarios de energía. El uso del GPS es más rápido y confiable, pero el mismo trabajo se puede hacer también con brújula o teodolito y cinta.
2. Entrada de Datos en al computadora con Excel o Notepad.
3. Introducción de los datos de ubicación en el programa de mapas "Terrain".
4. División de la energía disponible con el fin de establecer una corriente promedio para cada casa.
5. Dibujo de las líneas y ubicación de los postes.
6. Entrada de la larga de cada segmento de las líneas en Excel, con el número de usuarios.
7. Ajuste del calibre de alambres para limitar a una cantidad razonable la perdida de voltaje hasta cada usuario (se intenta conseguir un máximo del 7%).
8. Si necesario, agregación de transformadores para reducir la pérdida.
9. Suma de cantidad de alambre, postes, aisladores, etc.

## **¡LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ALTO VOLTAJE SON SUMAMENTE PELIGROSAS!**

- CUALQUIER REPARACIÓN O CAMBIO EN LAS LÍNEAS DE ALTO VOLTAJE DEBIDAMENTE SER HECHO POR UN TÉCNICO CAPACITADO EN EL MISMO
- EN CASO DE AVERÍAS APAGUE LA TURBINA CON URGENCIA
- HAY QUE MANTENER UNA DISTANCIA DE UN MÍNIMO DE 10 PIES DE UNA LÍNEA CALIENTE O POSIBLEMENTE CALIENTE
- SIEMPRE TRATE LOS CABLES COMO SON VIVE, HASTA ESTAS ABSOLUTAMENTE CIERTO DEL CONTRARIO
- ACASO SE CAE UN CABLE, SI POSIBLE DEJE UNA PERSONA ENCARGADA DE MANTENER LOS DEMÁS A UNA DISTANCIA SEGURA HASTA LA ENERGÍA ESTÁ DEFINITIVAMENTE CORTADA
- ANTES DE TRABAJAR EN LAS LÍNEAS, HAY QUE GARANTIZAR CON CANDADO PUESTO QUE NADIE PODRÍA PRENDER LA TURBINA
- ANTES DE TRABAJAR EN LAS LÍNEAS HAY QUE ESTAR CIERTO QUE NADIE PODRÍA CONECTAR UNA PLANTA, CUAL PUEDE CALENTAR LAS LÍNEAS POR REVERSA
- ANTES DE PONER LA MANO EN UNA LÍNEA, DEBIDAMENTE PRIMERO HAY QUE CONECTAR UN CABLE DE ATERRIZAJE

**NUNCA TRATE INTERVENIR EN UNA EMERGENCIA DE ALTO VOLTAJE CON UNA ESTACA VERDE O MOJADA, PODRÍA MATAR**



## FORMULARIOS Y DATOS UTILES

### Contenido Energético Del Agua

$$\text{kW} = Q (\text{pie}^3/\text{seg}) \times A (\text{pies}) \times \text{Eficiencia} / 11.82$$

$$= Q (\text{gal}/\text{min}) \times A (\text{pies}) \times \text{Eficiencia} / 5295$$

Canal y Tubos de conducción	eficiencia	90 %
Turbina Pelton	eficiencia	80 %
Piñones o correas	eficiencia	95 %
Generadora	eficiencia	90 %
Distribución	eficiencia	90 %
TOTAL EFICIENCIA TIPICA		55 %

***Sencillo pero muy útil para el análisis preliminar!***

**KW entregada en la comunidad =  $Q \times A / 10,000$  mas 10% típico  
(en el caso de una turbina eficiente de Canyon)**

Ejemplo de kW ***aproximadamente*** entregada de 300 pies de caída y 200 gal/min caudal

$$= Q \times A / 10,000 + 10\%$$

$$= 200 \text{ gal}/\text{min} \times 300 \text{ pies} / 10,000 \times 1.1 = 6.6 \text{ kW}$$

### Relaciones Útiles

$$1 \text{ m} = 3.28 \text{ pie}$$

$$1 \text{ pie de agua} = 0.434 \text{ psi}$$

$$1 \text{ ltr} = 0.03531 \text{ pie}^3$$

$$1 \text{ kW} = 1,000 \text{ W}$$

$$7.418 \text{ gal} = 1 \text{ pie}^3$$

$$1 \text{ HP} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.31 \text{ pie}^3$$

$$448 \text{ gal}/\text{min} = 1 \text{ cfs} (\text{pie}^3/\text{seg})$$

### Flujo de un Orificio en Galones por Minuto

Cabeza Pies	Presion PSI	Diametro del Orificio, Pulgadas										
		1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1.0
100	43.3	3.07	6.91	12.3	19.2	27.6	37.6	49.1	76.1	111	150	196
120	52.0	3.36	7.56	13.4	21.0	30.3	41.2	53.8	84.1	121	165	215
150	65.0	3.76	8.95	15.0	23.5	33.8	46.0	60.1	93.9	135	184	241
200	86.6	4.34	9.77	17.4	27.1	39.1	53.2	69.4	109	156	213	278
250	108	4.86	10.9	19.9	30.3	43.6	59.4	77.6	121	175	238	311
300	130	5.32	12.0	21.3	33.2	47.8	65.1	85.1	133	191	261	340
400	173	6.14	13.8	24.5	38.3	55.2	75.2	98.2	154	221	301	393

### Resistencia y Capacidad de Alambres

#### Aluminio

#00 Al	#2 Al
0.128	0.256

#### Cobre

	#00 Cu	# 0 Cu	# 2 Cu	# 4 Cu	# 6 Cu
Ω/1000 pie		0.10	0.159	0.253	0.402
AMP	150	125	100 A	80 A	60 A

#### Cobre

	#8 Cu	# 10 Cu	# 12 Cu	# 14 Cu
Ω/1000 pie	0.640	1.018	1.621	2.576
AMP	45 A	30 A	20 A	15 A

La capacidad depende de varios factores, que incluyen temperatura ambiental, calidad de aislamiento, y número de conductores en el tubo.

Las capacidades presentadas arriba garantizan seguridad adecuada para las condiciones que se encuentran en los proyectos desarrollados.

## Numero Máximo de Conductores en un Tubo Eléctrico

**Nota: El alambre típico vendido en el país es de tipo THHN, pero a veces aparece alambre con aislamiento de características parecidas al THW (mas grueso y/o menos resistente a temperaturas altas)**

**Tabla para tipo THW Conductores Aislados**

WIRE SIZE	Tamaño Tubo Eléctrico:										
	1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	3-1/2	4	6
14	6	10	16	29	40	65	93	143	192		
12	4	8	13	24	32	53	76	117	157		
10	4	6	11	19	26	43	61	95	127	163	
8	1	3	5	10	13	22	32	49	66	85	
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	141
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	106
3	1	1	2	4	6	10	15	23	31	40	91
2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	78
1		1	1	3	4	6	9	14	19	25	57
0		1	1	2	3	5	8	12	16	21	49
00		1	1	1	3	5	7	10	14	18	41
000		1	1	1	2	4	6	9	12	15	35
0000			1	1	1	3	5	7	10	13	29
250			1	1	1	2	4	6	8	10	23
300			1	1	1	2	3	5	7	9	20
350				1	1	1	3	4	6	8	18
400				1	1	1	2	4	5	7	16
500				1	1	1	1	3	4	6	14
600					1	1	1	3	4	5	11
750					1	1	1	2	3	4	9

**Tabla para Tipos THWN & THHN Conductores Aislados**

WIRE SIZE	Tamaño Tubo Eléctrico:										
	1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	3-1/2	4	6
14	13	24	39	69	94	154					
12	10	18	29	51	70	114	164				
10	6	11	18	32	44	73	104	160			
8	3	5	9	16	22	36	51	79	106	136	
6	1	4	6	11	15	26	37	57	76	98	
4	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60	137
3	1	1	3	6	8	13	19	29	39	51	116
2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	43	97
1		1	1	3	5	8	12	18	25	32	72
0		1	1	3	4	7	10	15	21	27	61
00		1	1	2	3	6	8	13	17	22	51
000		1	1	1	3	5	7	11	14	18	42
0000		1	1	1	2	4	6	9	12	15	35
250			1	1	1	3	4	7	10	12	28
300			1	1	1	3	4	6	8	11	24
350			1	1	1	2	3	5	7	9	21
400				1	1	1	3	5	6	8	19
500				1	1	1	2	4	5	7	16
600				1	1	1	1	3	4	5	13
750					1	1	1	2	3	4	11

## **BIBLIOGRAFÍA Y CONTACTOS**

(Inglés)

### **Micro-Hydropower Sourcebook**

Allen R. Inversin  
NRECA International Foundation  
4301 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22203  
1986

### **Micro-Hydro Design Manual**

Adam Harvey  
ITDG Publishing  
103-105 Southampton Row,  
London WC1B4HL, UK  
1993

### **Micro Hydro Design (*libretta*)**

Dan New  
Canyon Industries  
PO Box 36, Deming WA 98244

(Español)

### **Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas**

IT Peru  
Av. Jorge Chavez 275  
Lima 18 Peru, Casilla 18-0620  
1995

## **VENEDORES**

### **Turbinas**

#### **PELTON**

Canyon Industries  
Dan New  
PO Box 36  
Deming WA 98244  
(360) 592-5552  
info@canyonhydro.com  
<http://www.canyonhydro.com>

#### **MICHELL-BANKI**

Wasserkraft Volk AG  
Am Stollen 13  
D-79261 Gutach  
Tel.: ++49 7685-9106-0  
Fax: ++49 7685-9106-10

E-Mail: [mail@wkv-ag.com](mailto:mail@wkv-ag.com)  
<http://www.wkv-ag.com>

**PEQUEÑO**

Energy Systems & Design  
P.O. Box 4557  
Sussex, NB  
Canada E4E 5L7  
Telephone: (506) 433-3151  
Fax: (506) 433-6151  
[hydropow@nbnet.nb.ca](mailto:hydropow@nbnet.nb.ca)  
<http://www.microhydropower.com>

**Alambre Sólido HDPE**

Janor Wire and Cable  
66 Richard Road  
Ivyland, PA 18974  
215-674-8200  
PO Box 2729, Warminster PA 18974  
Barry Bishop  
[JANORSALES@msn.com](mailto:JANORSALES@msn.com)

**Malla Aquashear**

Norris Screen  
[info@norrisscreen.com](mailto:info@norrisscreen.com)  
Norris Screen & Manufacturing, Inc.  
21405 Gov. G.C. Peery Hwy.  
Tazewell, VA 24651  
Tel: 276-988-8901  
Fax: 276-988-8909  
<http://www.norrisscreen.com>  
Tim Lilly, Outside Sales  
[timl@eni.com](mailto:timl@eni.com)

**Para Marcos de Acero para Aquashear**

Rafael Martinez, Santo Domingo Este  
809-231-6789 (casa), 809-224-2828 (cel), 809-414-3391 (taller)

**Jon Katz, CAREL**

Email: [jgk5@cornell.edu](mailto:jgk5@cornell.edu)  
Tel: (El Limón): 809-558-3086 x 211 Cel: 809-490-9001

**Programa de Pequeño Subsidios, PNUD, ONU**

Calle Juan Sánchez Ramírez, No. 32  
Recinto de Post Grado UASD, Edificio de Aulas, 2do nivel,  
Gazcue, Santo Domingo, D. N.  
Tel. 809-682-2305