PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

GUÍA PRÁCTICA 1

¿CÓMO SE HACE UNA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA?

USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE

BUN-CA

endev

La presente Guía de Evaluación Preliminar de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHs) es parte de la serie técnica de PCHs elaborada por BUN-CA y la cual puede ser accedida en el siguiente enlace electrónico:

www.bun-ca.org/areas-de-trabajo/energia-renovable/

Esta Guía describe los pasos para medir los datos técnicos como: caudal y altura, por parte del mismo propietario de la finca. Con estos datos, esta Guía facilita cómo se va a utilizar la energía y el tipo de turbina hidráulica.

El propietario interesado en realizar las mediciones, puede utilizar directamente las tablas de la página dos titulada "Hoja de Mediciones", guiando cada paso en forma sencilla.

El lector con deseo de conocer más sobre la evaluación en campo de PCHs, puede proceder a leer todo el documento como referencia para una adecuada gestión de las inversiones en PCHs.

Introducción

La Fundación Red de Energía, (BUN-CA), es una organización no gubernamental, legalmente constituida en Costa Rica desde 1991, la cual trabaja en la región centroamericana, en los temas de: i. Energía Renovable mediante el uso sostenible de tecnologías más limpias; y ii. Eficiencia Energética para optimizar los sistemas de generación, distribución y uso final de la energía; sobre todo para promover el acceso de la energía a las poblaciones más vulnerables.

FATEF (Factibilidad Técnica y Financiera para el desarrollo humano en Centro América) un proyecto ejecutado por BUN-CA, con el apoyo financiero de la "United States Agency for International Development", en adelante USAID, según el USAID Grant Agreement N°17-009- 5-004, en el marco del "Fondo Centroamericano para el Acceso a la Energía y Reducción de la Pobreza", (FOCAEP), el cual es impulsado por BUN-CA a nivel regional con el objetivo de contribuir al desarrollo económico rural, reducción de la pobreza e inclusión de la perspectiva de género.

FATEF tiene como objetivo remover las barreras que enfrenta la energía renovable a pequeña escala fortaleciendo la capacidad local para el desarrollo de proyectos en Centroamérica, con el fin de reducir las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero y mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales de difícil acceso y distantes de la red eléctrica interconectada, mediante la provisión de energía limpia. Adicionalmente, estos proyectos pueden disminuir la contaminación del medio ambiente causada por las emisiones de gases de los sistemas convencionales que utilizan combustibles fósiles derivados del petróleo.

La presente Serie Técnica contribuye a la remoción de las barreras de información existentes en todas las etapas del desarrollo de un sistema hidroeléctrico a pequeña escala, el cual brinda información desde la identificación de sitios potenciales y su diseño, hasta la operación y mantenimiento de las inversiones.

¿Cómo se usa esta Serie Técnica de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas?

La Serie Técnica de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHs) se compone de cinco guías que describen de una forma amigable información sustantiva de las etapas del desarrollo de una PCH. Esta inicia con una explicación para la evaluación de sitios potenciales, recomendaciones básicas para el diseño del proyecto, su funcionamiento y los pasos necesario para la operación y mantenimiento óptimo de la inversión.

A continuación, se describe en qué consiste cada Guía, por lo que el lector puede escoger individualmente el fascículo de su interés:

Guía Técnica. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas: brinda información general sobre las características de las PCHs, ventajas, impactos, entre otros. Esta información sirve como introducción para que cualquier persona conozca y entienda con mayor profundidad sobre la tecnología y sus beneficios.

Guía Técnica 1. Guía de Evaluación Preliminar: la Guía 1 describe los pasos para que, preferiblemente el mismo propietario de la finca, realice el cálculo de datos técnicos básicos tales como: caudal y altura. A partir de esta información, esta Guía facilita la forma de cómo se va a utilizar la energía y el tipo de turbina hidráulica recomendada. Esta información luego debe ser validada por un técnico o profesional en el tema.

Guía Técnica 2. Guía de Recomendaciones para el Diseño, Construcción e Instalación: la Guía 2 describe los pasos que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar, construir e instalar una PCH. La información de la Guía 2 se sintetiza basada en las experiencias en campo por parte de diferentes desarrolladores y la agenda de trabajo que ha desarrollado BUN-CA en Centroamérica desde 1991.

Guía Técnica 3. Guía para la Puesta en Marcha y Mantenimiento: la Guía 3 brinda los pasos básicos que pueden seguir el mismo propietario de la finca o encargado del financiamiento del sistema para la operación y mantenimiento de una PCH.

Guía Técnica 4. Guía de Monitoreo: la Guía 4 describe los pasos para la revisión técnica de una PCH durante la fase de operación para velar por un nivel óptimo de funcionamiento.

Tabla de Simbología y Siglas

η	Eficiencia (del sistema: generador y turbina)
“	Pulgada
A	Ampere (unidad de medida de la corriente eléctrica)
CO_2	Dióxido de carbono
$\cos\varphi$	Factor de potencia
E_p	Energía potencial
HP	Caballo de fuerza (unidad de potencia -746 W-)
Hz	Hertz (unidad de medida de la frecuencia eléctrica)
kVA	Kilovoltio Ampere (unidad de medida de la potencia aparente)
kW	Kilowatt o Kilovatio (unidad de potencia)
kWh	Kilowatt-hora (unidad de medida del consumo eléctrico)
l	Litro (unidad de medida de volumen)
l/s	Litro por segundo (unidad de medida del caudal)
m	Metro (unidad de medida de longitud))
m.c.a	Metros de columna de agua (unidad de medida de presión)
m/s	Metro por segundo (unidad de velocidad)
m^2	Metro cuadrado (unidad de área)
MCHs	Microcentrales Hidroeléctricas
P	Potencia activa
PCH	Pequeña Central Hidroeléctrica
pCH	Pico Central Hidroeléctrica
psi	Libra por pulgada cuadrada - por sus siglas en inglés - (unidad de medida de la presión)
PVC	Cloruro de polivinilo
Q	Caudal (volumen/tiempo)
S	Potencia aparente
s	Segundo (unidad de medida de tiempo)
V	Volt o voltio (unidad de medida del voltaje o tensión eléctrica)
W	Watt o vatio (la medida de energía eléctrica, Voltios x amperios = Watt)
Ω	Ohm (unidad de medida de resistencia eléctrica)

¿Qué es la Energía Eléctrica?

Conceptos básicos de energía eléctrica:

Consumo de energía: es la cantidad de energía usada en un período de tiempo determinado. Se simboliza por kilovatio-hora (kWh).

Corriente eléctrica: la corriente eléctrica se divide en dos tipos: directa y alterna. En la directa la energía circula siempre en un mismo sentido de un polo negativo hacia un polo positivo, y en la alterna, tiene un patrón cíclico descrito como una onda sinusoidal (a este patrón cíclico se llama frecuencia eléctrica).

Demanda eléctrica: es la potencia útil para operar equipos eléctricos (e.g. refrigeradores, motores, iluminación, comunicación), la cual se calcula sumando todas las potencias de los equipos empleados en la finca, según la placa que instala el fabricante en cada equipo.

Electricidad: en términos sencillos, la electricidad son electrones en un flujo con un movimiento ordenado. Algunos materiales están compuestos de átomos que pierden sus electrones fácilmente, y pueden pasar fácilmente de un átomo a otro, de esta forma, se crea una corriente eléctrica, es decir, un flujo constante de electrones, como es el caso de los alambres de cobre.

Factor de carga: es un indicador para medir la productividad de la central hidroeléctrica. Este factor se calcula comparando la producción eléctrica real versus la producción que podría tener el sistema a uso pleno en un periodo de tiempo determinado.

Factor de potencia: es el aprovechamiento del consumo de la energía (energía útil). Se calcula como el cociente entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA). El factor de potencia tiene valores entre 0 y 1.

Frecuencia eléctrica: se llama frecuencia al número de ciclos por segundo en que opera la corriente alterna, es expresado en Hertz (Hz). En Centroamérica, la frecuencia eléctrica es usualmente de 60 Hertz (Hz).

Potencia: es la cantidad de trabajo realizado en una unidad de tiempo. Su unidad de medida es el kilo-vatio (kW).

Resistencia eléctrica: es la oposición al flujo de electrones al moverse a través de un conductor eléctrico. Su unidad de medida es el Ohm, con símbolo “Ω”.

Tensión eléctrica: es la diferencia de tensión entre dos conductores eléctricos. Su unidad de medida es el Voltio (V).

Hoja de Mediciones

Evaluación de Cantidad de Agua

Método del flotador

Segundo paso: *Medición de la distancia en el río*

Distancia entre el punto A y B: _____ metros

Tercer paso: *Medición de la velocidad en el río*

Tiempo	Segundos (s)
t_1	
t_2	
t_3	
t_4	
t_5	

Cuarto paso: *Cálculo de la velocidad del agua*

Velocidad del agua: _____ metros/segundo

Quinto paso: *Medición del ancho del río*

Ancho del río: _____ metros

Sexto paso: *Medición de la profundidad del río*

Profundidad	Metros (m)
h_1	
h_2	
h_3	
h_4	
h_5	
h_6	

Séptimo paso: *Cálculo del área transversal*

Área: _____ metros cuadrados

Octavo paso: *Cálculo de la cantidad de agua*

Caudal: _____ litros por segundo

Método del Recipiente

	Tiempo (segundos)
t_1	
t_2	
t_3	
t_4	
t_5	

Noveno paso: *Cálculo de la cantidad de agua*

Caudal: _____ litros por segundo

Evaluación de la altura o desnivel

Altura de Persona 1: _____ metros

Cantidad de veces: _____ veces

Altura: _____ metros

Estimación de la Demanda

Equipos para Usos Productivos		
Ítem	Descripción	Potencia (W)
01		
02		
	Total	

Equipos para Uso Domiciliario		
Ítem	Descripción	Potencia (W)
01		
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
	Total	

¿CÓMO SE HACE UNA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA?

Esta Guía explica los pasos para conocer la oportunidad de instalar una pequeña central hidroeléctrica en una finca.

I. Evaluación del Recurso

El agua fluye comúnmente formando ríos, arroyos o quebradas, de manera que para aprovechar su uso, se tiene que hacer una evaluación de la cantidad de agua (que llamaremos **caudal**) y una **altura** o **desnivel**.

1.1- Evaluación del Caudal

Existen varios métodos para medir el caudal, los más comunes y sencillos son el método del flotador y el método del recipiente, los cuales se utilizan de acuerdo con las características del río.

La medición se debe realizar durante la época seca (estiaje), cuando el caudal en el río es mínimo. En la época lluviosa se debe medir cuánto sube el nivel del agua.

Método del flotador: se utiliza cuando el flujo del agua es suave, o sea hay poca turbulencia, pero hay mucha cantidad de agua.

La Tabla N°1 describe los materiales para medir el caudal por el Método del Flotador.

Tabla N° 1. Materiales necesarios para medición del caudal por el Método del Flotador

Cantidad	Descripción	Observaciones
1	Objeto flotante ligero	Pequeña botella de plástico, un corcho, una rama, otros
1	Cronómetro	Reloj con cronómetro
1	Metro o cinta métrica	
1	Regla graduada	Madera graduada
1	1 cuaderno	Hojas para notas
1	Lápiz	
1	Palo de madera	
2	Personas	Nombre de la Persona 1 y Nombre de la Persona 2

A continuación, se explican los siete pasos requeridos:

Primer paso: Seleccionar el lugar adecuado

Se busca en el río una sección pareja y plana con una longitud de 10 a 20 metros, donde el agua fluya sin turbulencia y no existan piedras grandes o troncos atravesados que dificulten la circulación del agua y del objeto flotante ligero.

Se deben tomar varias fotografías del lugar donde se hicieron las mediciones y se anota en el cuaderno la fecha y hora de la medición.

Segundo paso: Medición de la distancia en el río

En la sección escogida se ubican dos puntos:

- Un punto A de inicio
- Un punto B de llegada.

Medir la distancia en metros (L) en línea recta entre los puntos A y B con el metro o la cinta métrica, por ejemplo, de 15 metros (ver **Figura 1**).

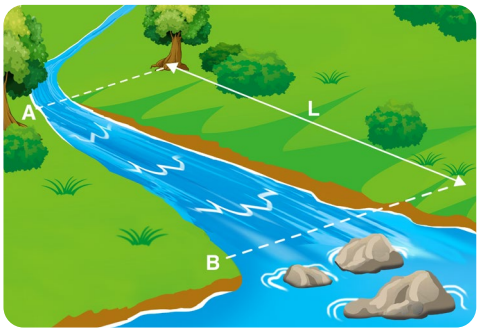


Figura 1. Medición por método del flotador
(Sanchez T, 2010, pág. 15)

Tercer paso: Medición de la velocidad en el río

1. La Persona 1 se ubica con el objeto flotante ligero en el punto A y la Persona 2 se ubica con el reloj en el punto B.
2. La Persona 1 en el punto A deja caer el objeto flotante ligero en el río. Al mismo tiempo, la Persona 2 activa el cronómetro para tomar el tiempo que demora el objeto en recorrer desde el punto A hasta el punto B.
3. La Persona 2 anota el tiempo en el cuaderno y este paso se repite como mínimo cinco veces.
4. Para el cálculo se suman las cinco repeticiones; el total se divide entre cinco para calcular el **tiempo promedio,** como se explica en el siguiente paso.

Cuarto paso: Cálculo de la velocidad del agua

Para calcular la velocidad se utiliza el tiempo promedio.

Por ejemplo:
Si son cinco mediciones, el tiempo promedio en segundos (s) es la suma de los cinco tiempos, dividido entre cinco, de la siguiente manera (Ver tabla 2):

$$T_{PROMEDIO} = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{5} \qquad \text{(Ecuación N° 1)}$$

Ejemplo:

Tabla N° 2. Resultados de la Medición del Tiempo entre A y B

Tiempo	Segundos
t_1	10
t_2	9
t_3	11
t_4	10
t_5	9

$$T_{PROMEDIO} = \frac{10+9+11+10+9}{5}$$

$T_{PROMEDIO}$ =

Para calcular la velocidad utilizamos la longitud (L) que medimos en el segundo paso y la dividimos entre resultado del tiempo promedio obtenido en la Ecuación N° 1:

$$Velocidad = \frac{L}{T_{PROMEDIO}} \ (m/s)$$ (Ecuación N° 2)

Continuando con el ejemplo, la velocidad del agua obtenida es de:

$$Velocidad = \frac{15}{9.8} \ m/s = 1.5 \ m/s$$

Quinto paso: Medición del ancho del río (distancia "a")

Para calcular la velocidad se utiliza el tiempo promedio.

- Dentro de la sección entre los puntos A y B escogidos en el paso 2, ubicarse en la mitad de A y B, este nuevo punto se llamará punto C.
- El punto C debe ser de fácil acceso para tomar las medidas.
- Utilizando la cinta métrica se mide en línea con el punto C el ancho del río como se muestra en la **Figura 2**.
  Por ejemplo, el ancho puede ser 2.5 metros.

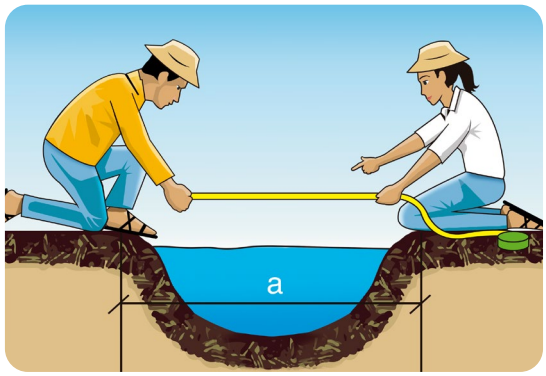


Figura 2. Medición del ancho del rio.
(Sanchez T, 2010, pág. 17)

Sexto paso: Medición de la profundidad del río

- En el punto C semide la profundidad promedio del río.
- La Persona 1 se coloca en el punto C y traza una línea recta a lo ancho del río, por ejemplo, con una cuerda de las usadas en construcción para nivelar.
- La Persona 1 con el palo de madera hace seis mediciones de profundidad a lo ancho del río. (Ver Figura 3, y resultados en la Tabla 1).

Ejemplo:

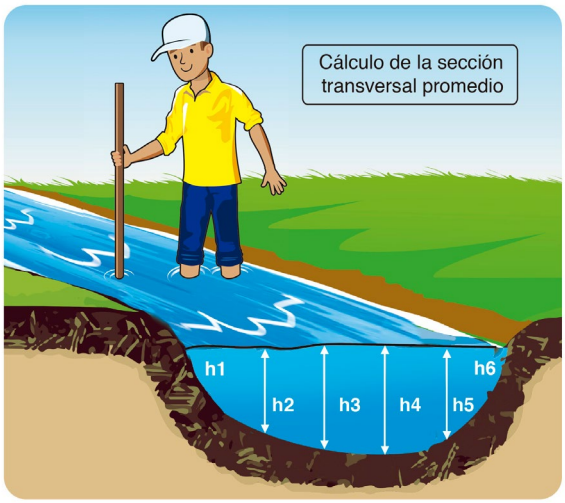


Figura 3. Medición de las profundidades a lo ancho del río (Sanchez T, 2010, pág. 18).

Tabla N° 3 . Resultados de la Medición de las profundidades a lo ancho del río.

Profundidad	Metros
h1	0.00
h2	0.22
h3	0.35
h4	0.44
h5	0.30
h6	0.00

Para calcular el promedio de dichas profundidades se suman todas las profundidades (h) y se divide entre la cantidad de profundidades tomadas:

$$h_{PROMEDIO} = \frac{h_1+h_2+h_3+h_4+h_5}{6}$$ (Ecuación N° 3)

$$h_{PROMEDIO} = \frac{0+0.22+0.35+0.44+0.30}{6} = 0.22\ m$$

Séptimo paso: Cálculo del área transversal

Tomando el ancho a (quinto paso) y la profundidad (sexto paso), se calcula ahora el área transversal del río (ver resultado de la Ecuación N° 3).

$$A_T = axh_{PROMEDIO}$$ (Ecuación N° 4)

Para el ejemplo:

$$A_T = 2.5x0.22 = 0.55\ m^2$$

Octavo paso: Cálculo de la cantidad de agua

Utilizando el resultado de la velocidad de la Ecuación N° 2 y el área obtenida en la Ecuación N° 4, se calcula la cantidad de agua que tiene el río en litros por segundo (l/s), a través de la Ecuación N° 5.

$$Caudal = 500xVelocidadxA_T\ (l/s)$$ (Ecuación N° 5)

Para el ejemplo se tiene:

• Velocidad = 1.5 m/s

• Área transversal = 0.55 m2.

$$Caudal = 500x1.5x0.55 = 412\ l/s$$

Método del recipiente: se utiliza cuando el río no tiene secciones parejas y cuando la cantidad de agua es relativamente pequeña.

Este método consiste en medir el tiempo que toma en llenarse un balde con el agua del río. La Tabla No. 4 describe los materiales para medir el caudal por el **Método del Recipiente.**

Tabla N° 4. Materiales necesarios para medición del caudal por el Método del Recipiente

Cantidad	Descripción	Observaciones
1	Balde de 7 o 18 litros	
1	Cronómetro	Reloj con cronómetro
1	Tubo de PVC de 2 metros	Diámetro 6” u 8” para desviar el río
1	1 cuaderno	Hojas para notas
1	Lápiz	Para anotar
5	Personas	Para desviar el río y apoyo en las mediciones

A continuación, se explican los tres pasos requeridos:

Primer paso: Desviar el pequeño río

- Ubicar la sección en el río donde se realizará la medición, preferiblemente la sección debe ser estrecha y de fácil acceso para colocar el tubo de PVC.
- Tomar fotografías del sitio de medición y anotar la fecha y hora de la medición.
- En esta sección se desvía el río formando un único flujo a través del tubo (Ver Figura 4).
- El río se puede desviar con piedras, rocas, sacos de arena, maderas, entre otros.

- La Persona 1 se coloca con el balde al final del tubo.
- La Persona 2 se prepara con el reloj para tomar el tiempo que dura llenándose el balde.
- Al momento que la Persona 1 pone el balde a llenarse, la Persona 2 inicia a tomar el tiempo de llenado.

Figura 4. Medición por método del recipiente.
(Sanchez T, 2010, pág. 13)

Por ejemplo, si se realizan cinco mediciones y se utiliza un balde de 18 litros (l)[1] y el tiempo que ha demorado en llenarse el balde ha sido:

Tabla N° 5. Resultados de la Medición del Tiempo de Llenado del Balde

Tiempo	Segundos
t_1	6
t_2	7
t_3	8
t_4	7
t_5	7

Segundo paso: Calcular el tiempo promedio del llenado del balde en segundos (s)

- Cálculo del tiempo promedio de llenado del balde con la Ecuación N° 6

$$T_{PROMEDIO} = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{5}\,(s) \qquad \text{(Ecuación N° 6)}$$

Reemplazando datos, se calcula el tiempo promedio:

$$T_{PROMEDIO} = \frac{6+7+8+7+7}{5} = 7s$$

Tercer paso: *Calcular la cantidad de agua del río (caudal)*

- El caudal con el método del recipiente se calcula dividiendo el volumen del balde entre el tiempo promedio de llenado con la Ecuación N° 7

$$Caudal = \frac{Capacidad}{T_{PROMEDIO}}\,(l/s) \qquad \text{(Ecuación N° 7)}$$

Continuando con el ejemplo se calcula la cantidad de agua del río:

[1] l es el símbolo de litros

1.2.- Evaluación de la altura o desnivel

Aquí se describen los pasos para evaluar la altura o desnivel del terreno entre 2 puntos: el punto que se espera captar el agua y adonde se espera instalar la turbina hidroeléctrica.

Para ello se emplea el método de la manguera de nivelación. Este método sirve para medir alturas de hasta 50 metros (m).

Para hacer la evaluación de la altura se necesitan los siguientes materiales:

Tabla N° 6. Materiales necesarios para medir la altura por el Método de la Manguera

Cantidad	Descripción	Observaciones
1	Manguera de 3/8” o 1⁄2”	Aproximadamente 5 metros
1	Cuaderno / hojas	Para anotaciones
1	Metro o cinta métrica	De 5 metros
1	Lápiz	Para anotar
10	Estacas	Para ubicación de posición
2	Personas como mínimo	Nombre de la Persona 1 y Nombre de la Persona 2

Antes de empezar las mediciones, se debe asegurar que no haya burbujas de aire adentro de la manguera.

Primer paso: Medir la altura

- Se identifican los 2 puntos de referencia, los cuales deben estar dentro de la misma finca. El punto A será un lugar donde se pueda construir una presa y el punto B un lugar donde se instalará la turbina.
- Se mide la altura de la Persona 1 desde sus pies hasta la altura de los ojos, como se muestra en la Figura 5, quien será la referencia; por ejemplo, 1.65 metros.
- Se anota en el cuaderno la medida de la Persona 1.
- La Persona 2 empieza se ubica en el punto B a una distancia promedio de 2.5 metros para empezar a medir. La Persona 1 sujetará un extremo de la manguera hasta que su lado del agua quede a nivel de los ojos. La Persona 2 caminará una distancia hasta que el nivel del agua de su extremo se nivele con los ojos de la Persona 1 (ver Figura 5).
- Una vez que ambos niveles están a la misma altura, se fija el lugar en el suelo que queda a la altura de la Persona 1. Este punto sirve como referencia para que la Persona 1 se mueve a ese lugar y se repiten nuevamente los pasos antes mencionados.

- Se hacen la cantidad de mediciones para llegar desde el punto B al punto A.

- Se debe anotar el número de mediciones realizadas. Por ejemplo, 15 mediciones desde el punto B al punto A.

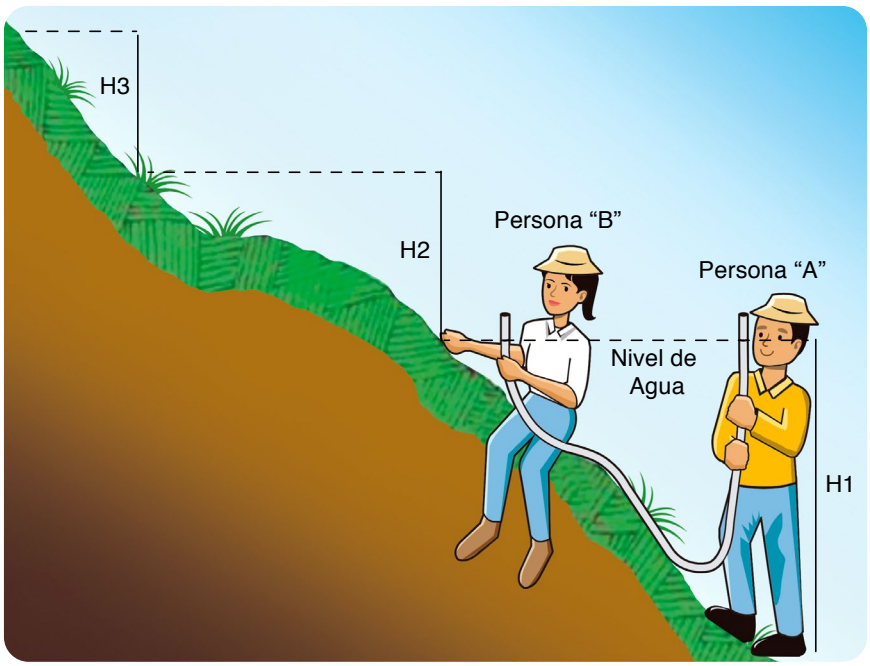


Figura 5. Medición por método del recipiente. (JICA, MEM, 2008, pág. 7)

Segundo paso: Calcular la altura

- Se toma la altura de la Persona 1 que se usa como referencia y se multiplica por la cantidad de mediciones que se han hecho en el primer paso. Continuando con el ejemplo anterior, 1.65 metros de la altura de la Persona 1, se han hecho 15 mediciones en total para llegar desde el punto A al punto B, se obtiene 1.65x15 = 24.75 metros

- Se anota la altura o desnivel final de la propiedad en el cuaderno; así como y se anota la fecha, hora de la medición y el nombre del propietario.

II. Estimación de la Demanda

Después de calcular el caudal y la altura, se debe definir en qué se va a utilizar la energía eléctrica que va a generarse.

Pueden existir 2 escenarios:

2.1.- Escenario 1: Beneficiario individual

Un beneficiario individual puede ser un finquero, como por ejemplo un productor de café. Para conocer cuanta energía se necesita, primero se debe conocer la potencia del equipo eléctrico instalado, por ejemplo, un motor, luego la potencia de todos los artefactos eléctricos y, por último, las lámparas para la luz (bombillos).

Los valores de potencia de los equipos para usos productivos, al igual que de los artefactos eléctricos, se toma de la placa2, según el catálogo del fabricante, o de la información directa de la persona que vendió el equipo.

Como una base, se utilizará la Tabla N° 7 para calcular la cantidad de energía eléctrica ocupada en la finca. Se utilizan los valores promedio referenciales[3] de los equipos y de los artefactos eléctricos de uso común, por ejemplo, una efrigeradora.

Nota: Hay que tener presente que no todos los equipos y artefactos de la Tabla 7 son utilizados en una vivienda, por lo que se deben incluir otros equipos que no estén en la lista según los datos de potencia de la placa.

Tabla N° 7. Relación de Equipos y Artefactos Eléctricos con sus Potencias Referenciales

Equipos para Usos Productivos		
Ítem	Descripción	Potencia (W)
01	Motor de 1 Caballo[4]	746
02	Motor de ¾ de Caballo (refrigerador comercial)	560
	Total	1306

Equipos para Uso Domiciliario		
Ítem	Descripción	Potencia (W)
01	Refrigeradora	200
02	Congelador de abastecedor	500
03	Lavadora	500
04	Televisor	100
05	Abanico	90
06	Equipo de sonido	50
07	Lámparas (6 focos de 25 W)	200
08	Licuadora	200
09	Plancha	1000
	Total	2840

[2] Los valores de placa, como su nombre lo indica son los valores que se encuentran en la placa del artefacto o motor, allí se anotan la marca, potencia, voltaje, intensidad, etc. En el caso que no indique la potencia en forma directa, hay que multiplicar el valor de I (intensidad) por el valor V (voltaje). W = V x I.

[3] Existen artefactos eléctricos de diferente marca y potencia, por lo que se toma un valor promedio como valor referencial para los cálculos.

[4] Un caballo de fuerza o HP es igual a 746 W.

Ejemplo:

Para una finca que tenga un motor de 3⁄4 de caballo de fuerza, un motor de 1 caballo, refrigeradora, congelador de abastecedor, lavadora, televisor, abanico, equipo de sonido, seis bombillos, licuadora y plancha, se tiene lo siguiente:

Electricidad de demanda para usos productivos:

- Motor de 746 W (1 HP)
- Motor de 560 W (3/4 HP)

Potencia de demanda para Usos Productivos – Multiplicar por cuatro al motor de mayor potencia, considerando que el finquero hará los arranques de los motores primero un motor y luego el otro motor, nunca los dos motores al mismo tiempo. Entonces la potencia de demanda para usos productivos (UP) será:

$$UP = 746\ W \times 4 = 2{,}984\ W$$

Potencia de demanda de Uso Domiciliario[5] = 0.5 x 2,840 W = 1,420 W

La demanda de energía (DE) se calcula con la Ecuación N° 7: Es igual a la demanda de usos productivos más la demanda de uso domiciliario:

$$DE = UP + UD \qquad \text{(Ecuación N° 7)}$$

$$DE = 2{,}984 + 1{,}420 = 4{,}404\ W$$ [6]

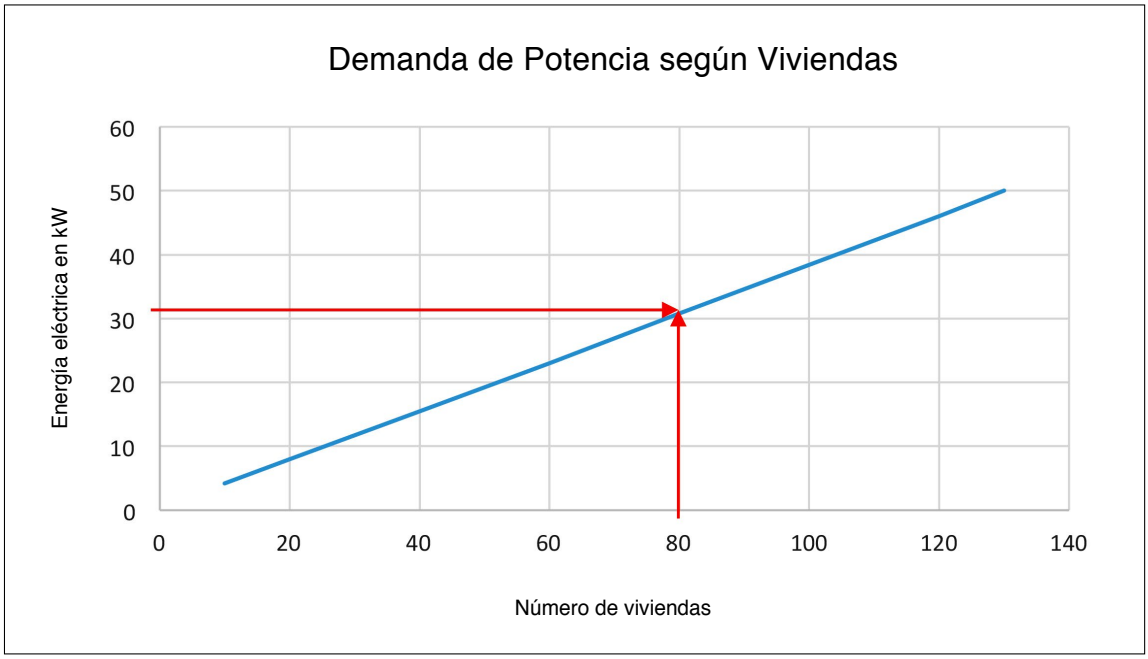
2.2.- Escenario 2: Para un conjunto de viviendas.

La energía eléctrica que se necesita en un grupo de viviendas, como es el caso de los proyectos comunitarios, se puede calcular de la siguiente manera:

- Se calcula el número de viviendas en cada comunidad.
- Una vez se tiene la cantidad total de viviendas, se calcula según el Gráfico 1, la cantidad de energía eléctrica que se ocupa.

  El dato de energía eléctrica se obtiene haciendo una línea vertical sobre la cantidad total de viviendas hasta la línea azul, en el momento que toque la línea, se hace una línea horizontal hacia la izquierda para obtener el dato de energía eléctrica total.

[5] La potencia de demanda de uso domiciliario se obtiene multiplicando a la potencia total de los equipos por 0.5 debido a que no todos los equipos se usan al mismo tiempo.
[6] Para obtener la potencia en kW solo hay que dividir entre 1000, entonces 4,170 kW/1000 = 4.71 kW



Gráfica N° 1.- Demanda de energía referente al número de viviendas[1] Fuente: Dávila C, Lima Perú

Ejemplo:

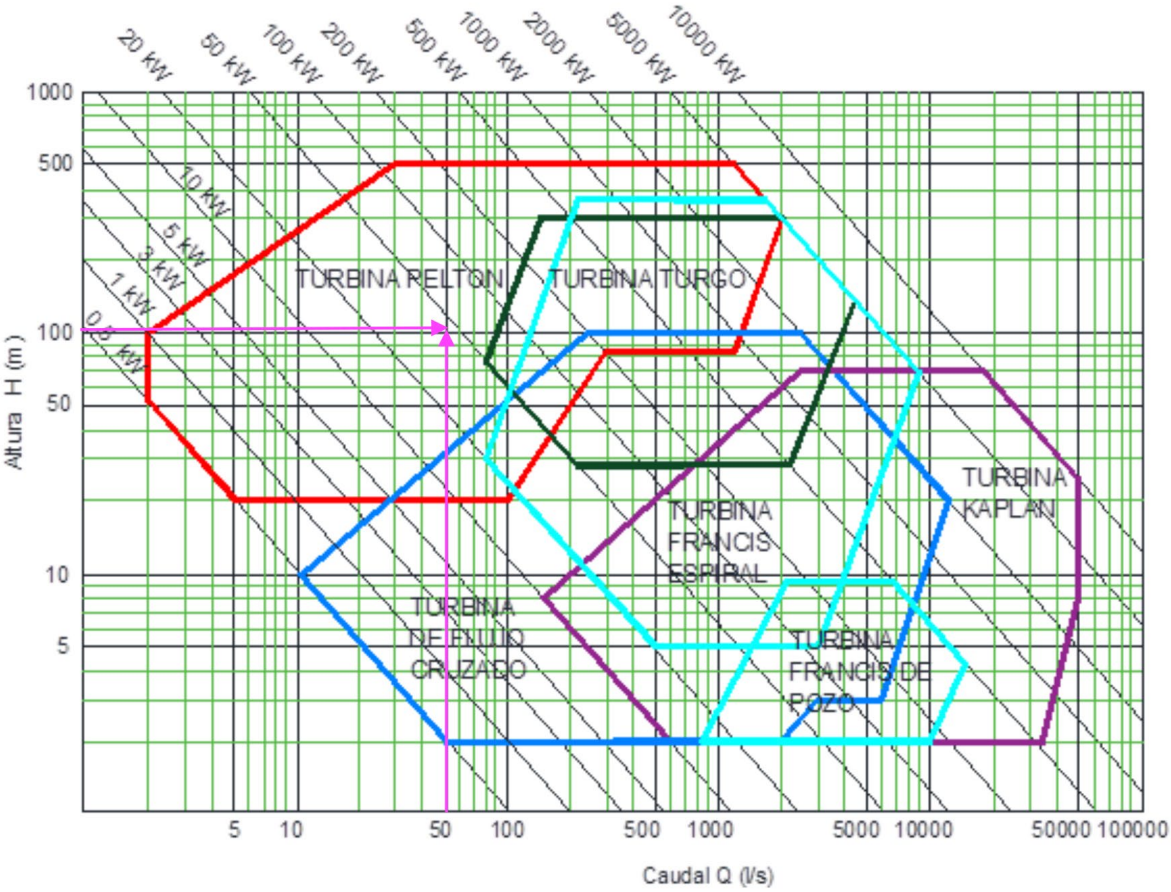
El Gráfico N° 1 se muestra con líneas rojas un ejemplo de la energía eléctrica que se requiere en una comunidad de 80 familias.

Número de familias = 80; Demanda aproximada = 31 kW

III. Selección Preliminar del Equipo Electromecánico.

3.1.- Selección del tipo de turbina.

Se puede hacer una selección preliminar de la turbina requerida en una pequeña central hidroeléctrica mediante la aplicación de la Grafica N° 2. Las turbinas están ubicadas en el Gráfico de acuerdo con el **caudal**, **altura** y **potencia**.



Gráfica N° 2.- Diagrama de selección de turbinas[7] (Dávila C, 2008, pág. 41)

- Para seleccionar la turbina, se necesita calcular primero el caudal (Q) y la altura (H), según las secciones 1.1 y 1.2 de esta Guía.
- Para definir la turbina, primero se utiliza el dato de cantidad de agua calculada en litros por segundo, según la línea de abajo del Gráfico N° 2 (Caudal Q).
- La altura calculada en metros, será la línea vertical izquierda del Gráfico 2 (Altura H).
- Con ambos datos, se indica el caudal Q y se traza una línea vertical. Después, se traza otra línea horizontal desde el dato de altura que se calculó para la finca, o en su efecto, para la comunidad.
- El punto donde se unen ambas líneas, estima preliminarmente el dato de potencia y tipo de turbina recomendada.

[7] Gráfica adaptada y ampliada para menores potencias.

Por ejemplo, si después de hacer los cálculos del caudal y altura, se obtienen de caudal 50 litros/segundo y una altura de 100 metros, entonces primero se traza una línea vertical desde “50” de la línea de abajo donde está el caudal Q. Luego, desde “100” del eje de la altura neta H se traza una línea horizontal hacia la derecha. El punto donde se encuentran las dos líneas indica la potencia que se busca y el tipo de máquina, que para este caso es aproximadamente 35 kW y corresponde utilizar una turbina del tipo Pelton.

3.2.- Selección del Generador

La selección rápida del generador se hace de acuerdo con la potencia de la turbina. En el ejemplo anterior, se seleccionó la turbina de 35 kW, por lo que el generador debe ser igualmente de 35 kW o ligeramente superior, de hasta 5 kW.

BIBLIOGRAFÍA

Dávila C, R. L. (2008). *Manual de mini/microcentrales hidroeléctricas para la electrificación rural en el Perú.* Lima: JICA-Agencia de Cooperación Internacional del Japón.

JICA, MEM. (2008). Cómo medir nuestras fuentes de agua para implemantar mini y micro centrales hidroeléctricas. Lima.

Sánchez T, E. R. (2010). *Evaluación de recursos hidroenergéticos*. Lima: Soluciones Prácticas.

Esta Guía es posible gracias al apoyo del pueblo estadounidense a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Los contenidos son responsabilidad exclusiva de BUN-CA y no reflejan necesariamente los puntos de vista de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

USAID es la agencia líder del gobierno de los E.E.U.U. que trabaja para poner fin a la extrema pobreza mundial y permitir que las sociedades democráticas y resilientes desarrollen todo su potencial.

En nombre del pueblo estadounidense, promovemos y demostramos los valores democráticos en el exterior, y avanzamos hacia un mundo libre, pacífico y próspero. En apoyo de la política exterior de los Estados Unidos, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) lidera el desarrollo internacional y la asistencia a los desastres mediante alianzas e inversiones que salvan vidas, reducen la pobreza, fortalecen la gobernabilidad democrática, y ayudan a las personas a salir de las crisis humanitarias y a su progreso más allá de la asistencia.

www.usaid.gov

El Programa Energizing Development (EnDev) promueve el acceso sostenible a servicios de energía modernos que satisfagan las necesidades de los pobres, de larga duración, asequibles y apreciados por los usuarios. EnDev trabaja en 25 países de África, Asia y América Latina. Desde el 2005, EnDev ha asumido un papel de liderazgo en la promoción del acceso a la energía sostenible para todos.

www.endev.info

BUN-CA es una organización no gubernamental, legalmente constituida en Costa Rica desde 1991, la cual trabaja en la región centroamericana desde Belice hasta Panamá, en los temas de: Energía Renovable mediante el uso sostenible de tecnologías más limpias y comercialmente viables; y Eficiencia Energética para optimizar los sistemas de generación, distribución y uso final de la energía, sobre todo para las poblaciones más vulnerables.

+506 2283 8835 • www.bun-ca.org • San José, Costa Rica