

# PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS



## GUÍA GENERAL



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



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/](http://www.bun-ca.org/areas-de-trabajo/energia-renovable/)

Esta Guía brinda información general sobre las PCHs, sus características, secciones que la componen, conceptos básicos de la energía, ventajas, impactos, proveedores, entre otros.

Esta información sirve para que los interesados conozcan en forma inicial sobre la tecnología, sus beneficios, y a quien contactar en caso de que decidan emprender una inversión en una pequeña central hidroeléctrica no conectada a la red pública.

## 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

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

## ¿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 “ $\Omega$ ”.

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

## ¿Qué es una Microcentral Hidroeléctrica y Cómo Funciona?

La generación de energía eléctrica a partir de un recurso hídrico en movimiento es una tecnología muy usada alrededor de mundo, donde su construcción tiene impactos ambientales y sociales, los cuales pueden ser manejados en forma sostenible.

Cuando se habla de generación a pequeña escala, esta Guía incluye las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHs), Microcentrales Hidroeléctricas (MCHs) y Picocentrales Hidroeléctricas (PCH)<sup>1</sup>, según la clasificación de la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas Según Rangos de Potencia.

Tipo	Rango de Potencia
Picocentral	0 a 10 kW
Microcentral	10 a 100 kW
Minicentral	100 a 1,000 kW
Pequeña Central	1,000 a 5,000 kW

## ¿En qué Consiste una MCH?

Una MCH consiste en un grupo de instalaciones físicas y partes mecánicas a pequeña escala que trabajando en conjunto utilizan la energía existente de un caudal (corriente de agua) y la diferencia de altura de un lugar, para generar electricidad. El agua se traslada entre 2 puntos; por una parte el lugar de toma de agua (la presa) y por otra la central adonde se instala el generador hidroeléctrico para convertir la energía mecánica de la turbina a eléctrica (Véase Figura 1).



Figura 1. Esquema básico de una microcentral hidroeléctrica

<sup>1</sup> Gráfica adaptada y ampliada para menores potencias.

## Funcionamiento de una MCH

---

Una MCH cuenta con tres partes principales para operar:

### a. Obras Civiles

Las obras civiles están compuestas por la presa, bocatoma, tubería de presión, casa de máquinas y canal de desfogue:

**Micropresa:** Son las obras civiles de la MCH destinadas a retener y desviar parcialmente el caudal, en este caso se llama micropresa a “filo de agua”, ya que se utiliza una parte del mismo y resto continua su curso normal en el cauce natural del río. El caudal desviado se capta por la bocatoma para su transporte por la tubería hacia la turbina.

**Bocatoma:** Esta obra civil está conectada a la presa y conduce el agua hacia la tubería de carga o el desarenador. Aquí se controla la cantidad de agua que requiere el sistema de presión y se desvía hacia un canal o directamente hacia una tubería.

**Desarenador:** Este elemento se utiliza para separar la arena u otros sedimentos orgánicos que sean captados por la bocatoma. No todos los proyectos de MCHs tienen un desarenador, aunque se recomienda esta obra civil para proteger la turbina de micro impactos de material sólido que se transportan en la tubería de presión, lo cual afecta su vida útil sensiblemente.

**Cámara de carga:** Sirve para acumular una cantidad determinada de agua antes de entrar en la tubería de presión. Esta obra es prácticamente un reservorio para cubrir picos de consumo y que también puede servir como otro medio de limpieza semejante al desarenador.

**Tubería de presión:** Esta es la encargada de conducir el agua desde el desarenador y/o la cámara de carga hasta la turbina. La tubería de presión gana presión de acuerdo con el desnivel ganado en su distancia.

**Casa de máquinas:** Es el espacio físico donde se instala la turbina, el generador y el panel de control eléctrico. El piso debe ser de concreto y las paredes construidas en diferentes materiales (e.g. bloques de concreto, ladrillo rojo o madera).

**Canal de desfogue:** Este elemento está en la casa de máquinas y hacia el cual se canaliza el agua que sale de la turbina para retornarla al río (al cauce natural).

## b. Equipo Mecánico

Las instalaciones mecánicas están compuestas por la turbina y la transmisión mecánica:

**Turbina:** Se encarga de transformar la energía cinética que trae el agua en energía mecánica, mediante un movimiento de rotación mecánica. En Centroamérica se usan diferentes tipos de turbinas que se seleccionan de acuerdo con la relación de altura y caudal del agua, por ejemplo tipo Pelton, Michell Banki, Francis, entre otras.

**Sistema de transmisión mecánica:** Es un sistema encargado de transmitir la energía mecánica de la turbina al generador. Existe la transmisión directa por medio de una unión entre la turbina y el generador o indirecta por medio de poleas.

## c. Instalaciones Eléctricas

Las instalaciones eléctricas en una MCH están compuestas por el generador, regulador electrónico, transformadores y la red eléctrica.

**Generador:** El generador convierte la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica; el generador puede ser asíncrono (cuando un motor eléctrico es usado como generador) o síncrono (generador). La potencia de un generador depende del desnivel y caudal.

**Regulador electrónico:** Este componente se encarga de administrar electrónicamente la generación de energía, por medio de la regulación de la frecuencia y el voltaje. La generación de electricidad se hace “quemando” cualquier excedente por medio de resistencias (también llamados lastres), o disminuyendo el caudal a la turbina mediante impulsos electrónicos enviados a la válvula de aguja, un dispositivo que está en la entrada de agua de la turbina. Algunos sistemas, por razones de costos, no incluyen este componente, pero en este caso, se recomienda asesorarse adecuadamente con un especialista.

**Transformadores:** Los transformadores eléctricos son parte del sistema y permiten regular la tensión (voltaje), para evitar pérdidas en los cables conductores debido a la resistencia física. Mientras más alto el voltaje hay menor resistencia eléctrica en los cables, por lo cual se recomienda utilizar especialmente cuando la distancia entre la casa de máquinas y los puntos de consumo eléctrico son mayores a 2,000 metros.

**Red Eléctrica:** Este elemento sirve para transmitir la energía generada en la MCH desde la casa de máquinas hacia los puntos de consumo. En una MCH se utilizan cables conductores a baja tensión (110 a 240 Voltios) o medias tensiones (750 a 24,700 Voltios).

#### d. Conceptos Básicos de Energía Hidráulica

**Caudal:** Es la cantidad de agua que escurre en la cuenca en un tiempo determinado, su unidad de medida es litros por segundo (l/s).

**Altura/desnivel:** Es el diferencial de nivel entre el punto de captura de un caudal en la parte alta de una cuenca y el sitio adonde se instala el equipo mecánico, su unidad de medida es en metros (m).

**Presión:** Es la fuerza que ejerce el fluido en un área transversal, su unidad de medida son las libras por pulgada cuadrada (PSI) o los metros de columna de agua (m.c.a.). En una PCH la presión está directamente relacionada a la altura o desnivel del sistema hidráulico.

**Pérdidas:** Es la pérdida de energía potencial por efecto del rozamiento del agua con la tubería de conducción, en hidráulica se representa en m.c.a.

**Eficiencia:** Es la relación entre la energía útil obtenida entre la energía utilizada para realizar un trabajo. Su unidad de medida es en porcentaje, y se simboliza con una “ $\eta$ ”.

## Ventajas y Desventajas de las MCHs

La siguiente Tabla compara algunas ventajas y desventajas en el desarrollo de inversiones de las MCHs:

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de las MCHs.

Tipo	Ventajas	Desventajas
<b>Financiero</b>	Bajo costo de operación: las acciones de mantenimiento son relativamente bajas y su operación requiere de poco personal.	Se requiere de un costo inicial mayor que las unidades de generación eléctrica que consumen combustibles fósiles.
<b>Ambiental</b>	No existe un consumo de agua, ya que el caudal turbinado se devuelve al río a una cota inferior.	Cada inversión en una MCH depende de las condiciones topográficas (altura) e hidrológicas (caudal) del lugar, entonces su posible uso no está disponible en cualquier sitio.
	No se necesita de combustible fósil para su operación, su fuente de energía es 100% renovable al utilizar la energía potencial y energía cinética de un cauce de agua.	La potencia máxima es definida por el recurso natural en un sitio, situación que limita las posibilidades de expansión a largo plazo para atender el crecimiento de la demanda eléctrica.
	La generación hidráulica a pequeña escala tiene la ventaja de ser un recurso renovable, en la cual, su utilización no genera emisiones de gases de efecto invernadero y no producen impactos significativos en la flora y fauna en ninguna de sus etapas: diseño, instalación y operación.	En algunos casos los pequeños embalses interrumpen la migración y desove de peces.
<b>Técnico</b>	Las tecnologías utilizadas para las MCHs tienen una alta eficiencia en la conversión de energía potencial en el agua a energía mecánica y eléctrica (entre 75% y 90%).	El desarrollo de una MCH conlleva generalmente períodos considerables de tiempo, desde la etapa de diseño hasta la puesta en operación.
	La tecnología es robusta y tiene una vida útil de varias décadas con un mantenimiento óptimo: los sistemas pueden funcionar sin requerir mayores inversiones para reparar o reemplazar sus componentes.	Los caudales de agua pueden variar considerablemente durante las diferentes temporadas, teniendo un impacto en la generación de energía.
<b>Social</b>	En términos sociales, las microcentrales hidroeléctricas -MCHs- contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, abastecimiento de energía eléctrica a los hogares que no tienen acceso a la red pública y para usos productivos en las fincas.	Los pequeños proyectos hidroeléctricos requieren de estudios técnicos elaborados para conocer el potencial disponible y la factibilidad técnica, esto implica un costo significativo en la puesta en marcha del proyecto, así como la contratación de especialistas.
	Genera puestos de trabajo en su construcción, operación y mantenimiento.	En Centroamérica, aun es limitado el acceso a tecnología para proyectos microhidroeléctricos, en algunos casos se deben asumir costos adicionales y el pago de impuestos y aranceles de importación de los equipos importados.

Fuente: BUN-CA, 2018

## Aspectos Ambientales y Sociales de las MCHs

En el desarrollo de las MCHs es necesario tomar en cuenta algunos posibles impactos y proponer medidas de mitigación acorde a la situación, como se muestra a continuación:

Tabla 3. Posibles Impactos y Medidas de Mitigación del desarrollo de MCHs.

Posibles Impactos	Medidas de Mitigación
<b>Algunos impactos ambientales:</b>	
Despale de la vegetación durante la construcción de la obra civil.	Considerar, hasta donde sea posible, que el diseño de la instalación de las obras civiles en aquellos sitios que no requieran cortes importantes de árboles. Si es necesario, reemplazar los árboles cortados con un plan de reforestación, para no afectar el caudal disponible.
Movimiento de tierra y peligro de erosión del suelo.	Ubicar la infraestructura civil en un lugar seguro y evitar la excavación de tierra, además, colocar barreras vivas alrededor de la obra civil (reforestación).
Sedimentación del reservorio y pérdida de su capacidad de almacenamiento.	Controlar el uso del suelo en la cuenca hidrográfica, especialmente, prevenir la tala de los bosques (despale).
Disminución del flujo de agua.	Es necesario dejar un caudal mínimo en los ríos de al menos el 10% del caudal medio (conocido como caudal ecológico).
Contaminación del agua y tierra (manejo inapropiado de los residuos sólidos).	Implementar un programa de manejo de calidad de agua y manejo integral de residuos sólidos (como piedras y tierra), durante la etapa de construcción.
<b>Algunos impactos sociales:</b>	
Pérdida de propiedades históricas, culturales e indígenas por la construcción de las obras civiles.	Es recomendable construir la obra civil en lugar no habitado, evitando inconvenientes por el patrimonio cultural o del recurso hídrico.
Generación de expectativas y conflictos sociales.	Se recomiendan charlas y el diálogo con la población involucrada y cercana al proyecto.
Impacto sónico debido a la operación, principalmente de la turbina y el generador.	Se puede reducir con la construcción de una casa de máquinas con materiales que aislen el ruido.
Impacto al paisaje debido a que los proyectos hidroeléctricos se localizan en zonas montañosas y forestales, lo cual tiene un impacto visual en el ecosistema natural.	Se puede mitigar con el uso de colores semejantes al ambiente y la colocación bajo la superficie de algunos componentes, como el canal de conducto y la tubería de presión.

Fuente: BUN-CA, 2018

## Proveedores

---

Las MCHs tiene aplicaciones muy diferentes, según las necesidades de electricidad que existan en las fincas y sitios adonde se instalan, las cuales pueden ser:

### 1. Picocentral Hidroeléctrica

Las aplicaciones de los pichidro son los usos mecánicos en actividades agrícolas como despulpe e iluminación en instalaciones agro-productivas, como los pequeños beneficios de café, para la carga de baterías que luego pueden ser utilizadas en hogares para iluminación o la provisión de electricidad a las viviendas cercanas.

### 2. Microcentral Hidroeléctrica

Son sistemas de generación eléctrica que tienen un rango de potencia entre 10 a 100 kW, aplicados en Centroamérica principalmente en las fincas cafetaleras para despulpado de café, así como para otros usos productivos de la energía en actividades agroindustriales: atender necesidades de iluminación, reciclaje de agua, molinos eléctricos de maíz, refrigeración de leche, elaboración de productos lácteos y movimientos de sierras para aserrar madera y tornos y cortadoras eléctricas.

### 3. Minicentrales Hidroeléctricas Comunitarias

Estos sistemas son instalados, por lo general, en aquellas poblaciones que en el presente no están conectadas a las líneas de un sistema de transmisión interconectado y que, de acuerdo con los planes de expansión eléctrica del país, no van a ser incorporadas al sistema nacional en un mediano plazo (al menos 5 años).

Las potencias alcanzadas por estos sistemas oscilan entre los 100 kW a 1,000 kW de potencia, según las características del sitio. La energía obtenida puede acumularse en baterías o consumirse directamente, dependiendo de la capacidad del sistema. El desarrollo de pequeños proyectos comunales genera una serie de beneficios que viene a mejorar las condiciones y calidad de vida de las familias que hacen uso de los servicios facilitados por la energía hidráulica.

Sin embargo, uno de los aspectos importantes que aportan el desarrollo de un proyecto de esta naturaleza, es la organización comunitaria en la cual se organizan las familias en torno al proyecto, participando y aportando recursos de mano de obra y materiales locales.

### 4. Conexión a la Red Eléctrica Interconectada

Los sistemas hidroeléctricos a pequeña escala pueden trabajar en forma aislada en sitios remotos, sin embargo, también pueden conectarse a la red interconectada nacional, aunque su contribución energética tiene una incidencia mucho menor que la de las grandes centrales.

Generalmente para el desarrollo de una planta hidroeléctrica conectada a la red nacional, se necesitan evaluar los siguientes aspectos:

- Estudio geotécnico para evaluar las condiciones geológicas de los sitios seleccionados para las obras civiles.
- Estudio hidrológico para estimar el tamaño y el rendimiento del proyecto en el caudal y la caída.
- Experiencia en ingeniería de proyectos hidroeléctricos para planear el proyecto y estimar su impacto desde una perspectiva de rendimiento energético, impacto ambiental, construcción, interconexión y operación.
- Mayores requerimientos según la legislación de cada país para la obtención de permisos y licencias para la operación

Por lo tanto, los sistemas de pequeñas centrales hidroeléctricas conectadas a la red nacional de electricidad tienen otra dimensión, por lo que no son objeto de esta serie técnica.

## Estimación de Costos y Rangos del Equipo Electromecánico, Obra Civil y Mano de Obra

Se han identificado los diferentes costos de un proyecto hidroeléctrico a pequeña escala, divididos según los diferentes elementos que esta tecnología requiere:

- Costo de equipo electromecánico (turbina, generador y regulador)
- Costos de obras civiles (bocatoma, casa de máquinas, canal de descarga, desarenador, canal de conducción y red de distribución)
- Costos de mano de obra

La estimación de costos del equipo electromecánico, obra civil y mano de obra, generalmente es el equivalente al 70% del costo total de un proyecto totalmente construido, se estima como un porcentaje del costo directo. El otro 30% corresponde a mano de obra especializada y servicios de ingeniería.

Para los costos directos de mano de obra local, por lo general se considera necesario entre el 10 y el 15% de los costos directos de construcción. Un 5% de dichos costos se asignan como gastos administrativos.

En la Tabla 4 se muestran los diferentes costos que varían según los rangos de potencia de los proyectos.

Tabla 4. Costos promedio aproximados de inversión de proyectos a diferentes escalas en dólares americanos (USD).

Potencias	Equipo Electromecánico	Obras Civiles	Mano de obra
1 – 10 kW	6,300.00	3,900.00	2,400.00
10 – 25 kW	14,800.00	7,980.00	8,150.00
+ 25 kW	17,850.00	11,750.00	9,200.00

Fuente: BUN-CA, 2018

## Proveedores

La oferta del equipo electromecánico de las MCHs en Centroamérica es limitada pero actualmente se encuentra en crecimiento debido a las experiencias positivas de la autogeneración en la región.

Existen proveedores de turbinas en Latinoamérica para las diferentes tecnologías de las MCHs comercial y tecnológicamente viables. Con respecto a los otros componentes que conforman el equipo electromecánico, es común realizar la compra de un kit o paquete compuesto por la turbina, generador y el controlador que más se adecúen a las características del sitio diseñado. En la Tabla 5 se presentan algunos proveedores de turbinas hidráulicas de Latinoamérica.

Tabla 5. Proveedores de turbinas hidráulicas a pequeña escala.

País	Proveedor / Fabricante	Tecnologías	Teléfono	e-mail
Guatemala	Taller Fumagalli	Pelton, Turgo y Michell-Banki	(502) 2473-0709	saivanfretti@gmail.com
	Tecno-hydro	Pelton, Kaplan y Francis	(502) 2442-0090	proyectos@technohydrogt.com
	Taller Maquigro	Pelton y Michell-Banki	(502) 3078-1805	maquigro@yahoo.com
Honduras	Taller Industrial Martínez	Michell-Banki, Pelton y Turgo	(504) 9839-0986	myir78@hotmail.com
	Roberto Fromm	Pelton	(504) 3350-9777	rofromm@yahoo.com
Nicaragua	ATDER Ingeniería	Michell-Banki y Pelton	(505) 2772-2030	froscher5@yahoo.com
Costa Rica	Hydro Tech	Turgo	(506) 2258-6245	m.villalta@hydro-turbine.net
Perú	Energética Agua y Saneamiento SAC	Pelton, Michell-Banki, Turgo, Kaplan y Francis	(511) 2523890	eays.sac@hotmail.com
Colombia	Colturbinas LTDA	Pelton, Michell-Banki, Turgo, Kaplan y Francis	(57) 3194956	gerente@colturbinas.com

Fuente: BUN-CA, 2018



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

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](http://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](http://www.endev.info)



**BUN-CA**

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](http://www.bun-ca.org) • San José, Costa Rica