



COLECCIÓN TECNOLOGÍAS TRANSFORMANDO VIDAS



**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DE PICO CENTRALES HIDRÁULICAS**
Cartilla informativa para la
generación de energía eléctrica

TECNOLOGÍAS
PARA LA PRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS
PARA SERVICIOS BÁSICOS
E INFRAESTRUCTURA

TECNOLOGÍAS
PARA LA GESTIÓN
DE RIESGOS

Contenido

Presentación	5
Operación y Mantenimiento de Pico Centrales Hidráulicas	6
1. ¿Qué es una pico central hidráulica?	6
2. Componentes de la pico central hidráulica	6
2.1 Obras civiles	7
2.2 Equipo electromecánico	9
2.3 Redes eléctricas	12
3. Operación y mantenimiento de la PCH	13
3.1 ¿Qué significa operación?	13
3.2 ¿Qué significa mantenimiento?	13
4. Consideraciones antes, durante y después de operar una pico central hidráulica	14
5. Acciones y mantenimiento de obras civiles para un servicio permanente	18
6. Equipos y herramientas necesarias	21
7. Acciones de mantenimiento del equipo electromecánico	21
8. Programa de inspección y mantenimiento del equipo electromecánico	23
9. Herramientas y/o equipos de mantenimiento	25
10. Seguridad	26

Presentación

La energía eléctrica es un servicio básico fundamental para el desarrollo humano, sin embargo, en las zonas rurales existen muchas familias que todavía están relegadas de este servicio. El acceso a través de la red nacional se hace cada vez más costoso y difícil por la lejanía de las poblaciones y el costo adicional que significa extender la red para atender a lugares con baja densidad poblacional, consumo reducido, entre otros. Por otro lado, los grupos diesel son elementos contaminantes y se constituyen en gasto permanente para las poblaciones, la mayor parte de ellas pobres y marginadas.

Las Energías Renovables, como la hidráulica a pequeña escala, han demostrado ser apropiadas para atender a las poblaciones rurales, tanto para el alumbrado como para su uso en pequeños negocios a nivel local; se trata de aprovechar los recursos naturales y no requieren de una inversión para combustible y lubricantes. En el caso particular de las pico centrales, éstas se constituyen en soluciones sencillas, no solo para el uso doméstico, sino también para promover pequeñas iniciativas de negocios o ayudan a mejorar las cadenas de valor en zonas aisladas.

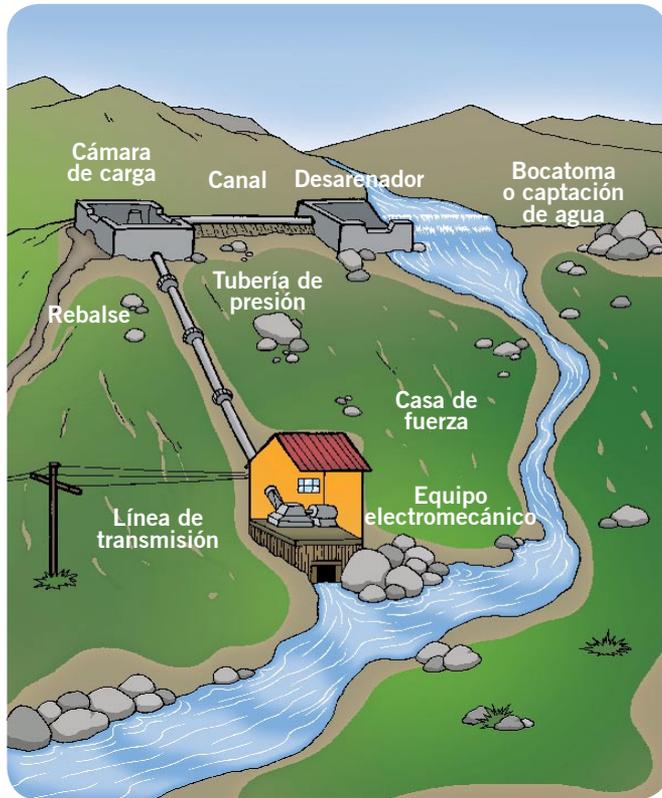
La presente cartilla está dirigida a líderes de organizaciones de base, autoridades de comunidades rurales y representantes de gobiernos locales. Describe, de forma sencilla, las características de las Pico Centrales Hidráulicas para generar electricidad, sus componentes principales y su funcionamiento; está fundamentalmente orientada a cómo realizar su operación y mantenimiento de las mismas.

Operación y Mantenimiento de Pico Centrales Hidráulicas

1. ¿Qué es una pico central hidráulica?

Se llama Pico Central Hidráulica (PCH) al sistema conformado por varios componentes técnicos que permiten la generación de electricidad con una potencia máxima de 10 kW.

La potencia se basa en el uso de los recursos locales: cantidad de agua y altura bruta. Recursos que nos permiten convertir la energía potencial (altura), en energía eléctrica (bornes del generador o dínamo).



2. Componentes de una pico central hidráulica

Las Pico Centrales Hidráulicas se componen de obras civiles, equipo electromecánico y redes eléctricas de transmisión y distribución. El siguiente gráfico muestra detalladamente los principales componentes de una PCH.

2.1 Obras civiles

Están conformadas por obra de toma, canal de aducción, desarenador, cámara de carga, tubería de presión, caseta de máquinas y canal de descarga.

Obra de toma

- Permite desviar la parte del caudal del río que será utilizado en el funcionamiento de la Pico Central.
- Para su construcción, se usan estructuras de hormigón o una combinación de hormigón armado y madera.
- En algunos casos, los propios comunarios utilizan piedra, barro y ramas, como obras de toma que se construyen de forma artesanal para desviar el agua necesaria.



Obra de toma o rebalse



Revestido con tubería PVC



Revestido con hormigón

Canal de aducción

- Sirve para conducir el agua desde la obra de toma hasta el desarenador y la cámara de carga.
- Pueden ser de tierra, revestidos con cemento, tubos de PVC u otros materiales.
- En algunos casos, ya existen canales que son utilizados para el riego, es posible utilizarlos, previa coordinación y consentimiento de los propietarios.

Desarenador y cámara de carga

- El desarenador evita que piedritas y arenilla (que viene con el agua), ingresen a la tubería de presión y a la turbina.
- La cámara de carga almacena el agua y asegura que la tubería de presión siempre esté llena, evitando el ingreso de aire.



Tubería de pvc



Desarenador de hormigón armado

Tubería de presión

- Es la que transporta el agua desde la cámara de carga hasta la caseta de máquinas.
- Puede ser construida en acero, PVC o polietileno. Para las Pico Centrales, generalmente se utiliza el PVC de alta presión.

Caseta de máquinas

Es el ambiente donde se instalan los equipos de generación y de control. La caseta o casa de máquinas es también el lugar donde nace el canal de descarga, el cual lleva el agua turbinada hacia el río (aguas abajo).



Caseta de máquinas

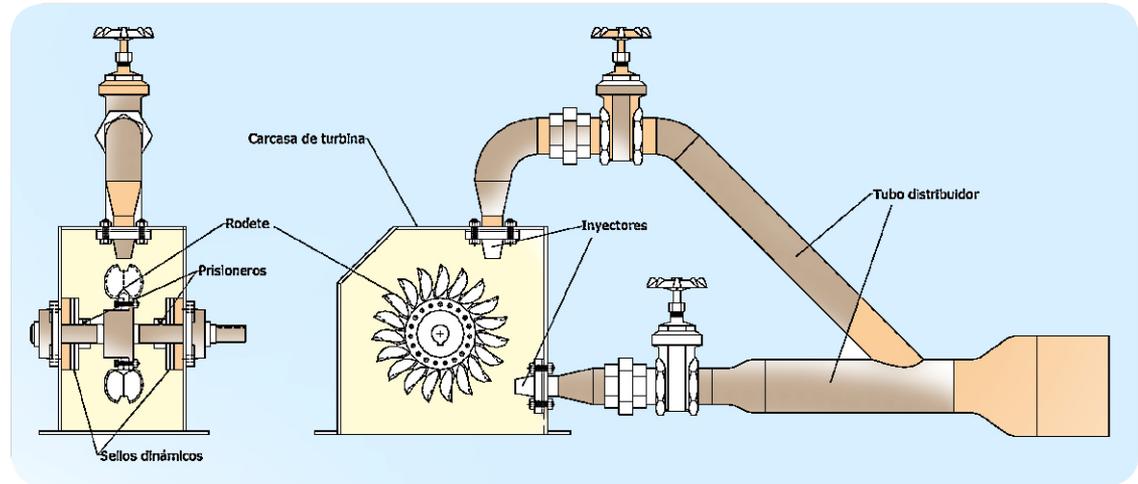
2.2 Equipo electromecánico

Se conoce así a todos los equipos que se encuentran dentro de la casa de máquinas: turbina, generador, regulador, tablero de control y otros.



La turbina

Es la máquina que transforma la energía del agua en energía mecánica mediante un rodete que gira por la fuerza del agua.



Tipos de turbinas

Existen varios tipos de turbinas que se instalan de acuerdo a las condiciones del caudal (cantidad de agua) y altura de la tubería de presión. Las más comunes para las PCHs son la Pelton y la Michel Banki.

- Turbina tipo Pelton: se utilizan para alturas o caídas por encima de los 30 m. y para pequeños caudales de agua.
- Turbina Michel Banki: es utilizada cuando las alturas son medianas (entre 20 y 40 m.) y con caudales de agua medianos. Por su bajo costo se utiliza bastante en PCHs.



Turbina Pelton



Turbina Michel Banki

Generador de electricidad (alternador o dínamo)

El generador de electricidad recibe el giro de la turbina y transforma la energía mecánica del eje de la turbina, en energía eléctrica. Existen dos tipos de generadores:

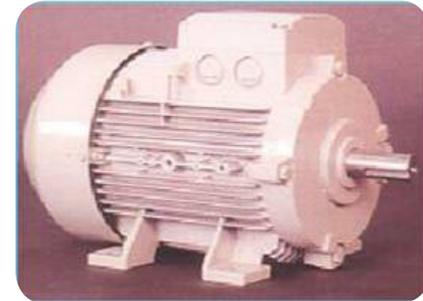
Generador síncrono: de mayor aplicación para micro centrales hidráulicas; pueden ser de eje horizontal o vertical.

Generador de inducción: llamado también motor como generador, se utiliza para pequeñas potencias (hasta de 12 kW). Es una alternativa importante por su bajo costo y versatilidad.

En el caso de las PCHs su uso es importante y cada vez más frecuente.



Generador síncrono



Generador de inducción



Regulador



Tablero

Reguladores y tableros de control

- Los reguladores se encargan de mantener constante el voltaje de trabajo. Evitan las subidas y bajadas de voltaje que puedan dañar a los artefactos o equipos de los y las usuarios/as.
- Los reguladores pueden ser de velocidad o de carga. Los reguladores electrónicos de carga son los más utilizados en las PCHs por su bajo costo, fácil operación y mantenimiento.
- En el tablero se encuentran los instrumentos de control y protección: voltímetro, amperímetro, medidor de frecuencia y medidor de potencia y energía.

2.3 Redes eléctricas

Se encargan de transportar la energía eléctrica generada en la caseta de máquinas hasta el usuario final (viviendas, negocio, cadena productiva).

Cuando la caseta de máquinas se encuentra lejos de la comunidad (por ejemplo a más de 800 m.), es necesario la instalación de una red en media o alta tensión y se utilizan transformadores.



Red eléctrica de media tensión

3. Operación y Mantenimiento de la PCH

3.1 ¿Qué significa operación?

El término operación se refiere a la manipulación de objetos o equipos, de forma ordenada y segura.

3.2 ¿Qué significa mantenimiento?

Se llama así a las diferentes acciones que deben hacerse para lograr que un sistema o equipo dure en el tiempo. Existe el mantenimiento preventivo y el correctivo, el primero se refiere al mantenimiento que debe hacerse de forma cotidiana de acuerdo a un plan preestablecido; el segundo es cuando hay que hacer cambios, por ejemplo en una turbina, el cambio de rodete, rodajes, fajas, etc.



Operador maniobrando la válvula

¡Ojo!

Es mejor hacer mantenimiento preventivo que correctivo, esto reduce los costos.

4. Consideraciones antes, durante y después de operar una pico cental hidráulica

- Antes

Disponibilidad del agua en el desarenador y en la cámara de carga.



Se debe verificar que la tubería, rejilla y las compuertas de ingreso al desarenador y a la cámara no estén obstruidas.



La válvula principal entre la tubería y la turbina debe estar cerrada.



El agua debe ingresar desde la cámara de carga hacia la tubería lentamente, esto se logrará regulando la válvula de ingreso al desarenador y a la cámara.



La tubería de presión debe estar llena y sin fugas, al igual que la cámara (con rebalse).



Las llaves que se encuentran en el tablero deben estar desconectadas.



- **Durante la operación**

Se debe abrir lentamente la válvula entre la tubería y la turbina (verificar que el tablero marque el voltaje de 220 [monofásica] y 380 [trifásica]; y tenga una frecuencia de 50 Hz).



Enviar energía al pueblo (subir la llave del tablero).



Verificar que el agua en la cámara de carga no baje de nivel (debe haber rebalse).



Maniobrar la válvula sólo cuando sea necesario (mayor o menor consumo de energía en la población).



No olvidar que asegurando la conducción de agua se garantiza la generación de energía.

- Después de la operación

Bajar o apagar la llave que da energía al pueblo.



Cerrar la compuerta de ingreso al desarenador y a la cámara de carga.

Cerrar lentamente la válvula entre la tubería y la turbina (verificar su cierre total).



Cerrar la compuerta de ingreso al canal en la obra de toma.

5. Acciones de mantenimiento de obras civiles para un servicio permanente

Acciones	Periodicidad	
	Estiaje	Lluvias
<p>Obra de toma</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza de la obra de toma. 2. Engrase de la compuerta. 3. Control de funcionamiento de la compuerta. 4. Inspección de la obra de toma. 5. Pintado de la compuerta con pintura anticorrosiva. 	<p>Cada 2 meses Cada 6 meses</p> <p>Diario Cada 2 meses</p> <p>Anualmente</p>	<p>Cada día, semanal Cada 2 meses</p> <p>Diario Diario, semanal</p> <p>Cada 6 meses</p>
<p>Desarenador</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Purga del desarenador. 2. Engrase de la compuerta. 3. Control de funcionamiento de la compuerta. 4. Limpieza total del desarenador. 5. Pintado de la compuerta con pintura anticorrosiva. 6. Inspección de la estructura del desarenador. 	<p>Cada 2 meses Cada 6 meses</p> <p>Durante la purga Cada 2 meses</p> <p>Anual</p> <p>Anual</p>	<p>Cada semana o cada 15 días Cada 2 meses</p> <p>Durante la purga Cada 15 días</p> <p>Cada 6 meses</p> <p>Anual</p>

Acciones	Periodicidad	
	Estiaje	Lluvias
<p>Canal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vigilar el canal eliminando las posibles obstrucciones si las hay. 2. Limpieza total del canal incluyendo los taludes. 3. Reparación del canal. 4. Inspección de todo el canal especialmente en la zona de asentamientos y deslizamientos. 	<p>Diario</p> <p>Cada 6 meses</p> <p>Según estado</p> <p>Anual</p>	<p>Diario</p> <p>Mensual</p> <p>Según estado</p> <p>Mensual</p>



Acciones	Periodicidad	
	Estiaje	Lluvias
<p>Cámara de carga</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza de la rejilla, eliminando las hojas, ramas y los sólidos flotantes. 2. Purgar la cámara de carga. 3. Limpieza de la cámara de carga. 4. Engrase de la compuerta. 5. Control de funcionamiento. 6. Pintado de la compuerta con (pintura anticorrosiva). 7. Inspección de la estructura de la cámara. 	<p>Diario</p> <p>Cada 2 meses</p> <p>Cada 2 meses</p> <p>Cada 6 meses</p> <p>Durante la purga</p> <p>Anual</p> <p>Anual</p>	<p>Diario</p> <p>Mensual</p> <p>Mensual</p> <p>Cada 2 meses</p> <p>Durante la purga</p> <p>Cada 6 meses</p> <p>Anual</p>
<p>Tubería de presión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones para determinar si hay fugas en las uniones de los tubos. • Drenaje de agua de lluvia en toda la longitud de la tubería. 	<p>Permanente</p> <p>Si es que hay deslizamientos</p>	<p>Permanente</p> <p>Si es que hay deslizamientos</p>
<p>Caseta de máquinas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar estructura (paredes y piso). • Limpieza de ambientes. • Pintado de interiores y exteriores. 	<p>Mensual</p> <p>Diario</p> <p>Anual</p>	<p>Mensual</p> <p>Diario</p> <p>Anual</p>
<p>Canal de descarga</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección del canal de descarga. 	<p>Cada 6 meses</p>	<p>Cada 2 meses</p>

6. Equipos y herramientas necesarias

Picotas (02)	Botas de goma
Palas (02)	Guantes de cuero
Carretilla	Casco
Barreta	Poncho impermeable
Martillo y combo	Alicate mecánico
Rastrillo	Juego de desarmadores (planos y estrella)
Escobilla de acero	Stilson de 10"
Brocha	Llaves Crescent de 8" y 12"
Latas	

7. Acciones de mantenimiento del equipo electromecánico

Montaje de la turbina

1. La turbina ya se encuentra armada en una pre-base, lista para ser montada sobre una base que alinee con el generador.
2. Alinear la turbina con el eje de la tubería de presión y utilizando una unión Dresser acoplar la boca del tubo distribuidor de la turbina y la prolongación de la tubería de presión; luego realizar la cimentación.

Pautas para el alineamiento y el montaje de la turbina

El objetivo es alinear adecuadamente la tubería de llegada con el tubo distribuidor de la turbina; siguiendo el plano se deberá considerar la altura sobre el nivel del piso. El montaje de los accesorios es posterior al alineamiento principal.

Pasos para el montaje de la turbina

1. Disponer de la tubería de presión en forma horizontal (paralela al piso). La tubería de presión debe terminar dentro de la casa de máquinas.
2. Alinear el tramo de tubería con la boca de ingreso del distribuidor de la turbina; mantener una luz de 12 mm. y acoplarlo con ayuda de la unión flexible tipo Dresser. Esta unión permite absorber pequeños desalineamientos.

3. La turbina debe ser alineada y nivelada horizontal y verticalmente; y fijada a su base con los anclajes para luego vaciar el hormigón complementario y finalmente realizar el revestido y acabado de la cimentación.

El nivel del acabado en la base de anclaje de la turbina debe cubrir al menos 8 mm. de la parte inferior de la base para que no haya fugas de agua durante la operación.

4. Esperar a que frague el hormigón para continuar con la colocación de los componentes (generador y correas).

5. Una vez fraguado el hormigón, continuar con el montaje de los componentes. La base de la turbina va sobrepuesta a la base de anclaje. Para evitar filtraciones de agua, colocar silicona entre las bases.

6. Para el acople del tubo distribuidor a la turbina, se deben utilizar las uniones universales; mientras que para el ajuste es necesario usar la llave adecuada. El ajuste no debe ser exagerado, pero sí debe evitar las fugas.

Montaje del generador eléctrico

Se debe probar el funcionamiento de la turbina y realizar su asentamiento.

Ubicar el generador sobre la base de anclaje y sobre los templadores, haciendo coincidir los agujeros; alinear y nivelar la turbina y el generador que se unen mediante un acople directo.

Pruebas de la turbina

Pasos para la operación de la turbina

1. Verificar que las válvulas estén cerradas, no ajustar demasiado; el ajuste debe ser suave al momento de cerrar
2. Abrir lentamente la válvula en sentido antihorario hasta que ingrese el agua al inyector y continuar abriendo hasta dejarlo totalmente abierto y obtener la máxima capacidad.

Apagado de la turbina

Para apagar la TURBINA proceda de la siguiente manera:

1. Cerrar la válvula suavemente en sentido horario, hacerlo hasta lograr el cierre total. El agua queda estancada en la tubería y rebalsará por la cámara de carga hacia el canal de rebalse.
2. Allí puede quedar hasta el momento en que nuevamente se ponga en operación.

8. Programa de inspección y mantenimiento del equipo electromecánico

Actividades	Periodo
Válvulas. Inspección de fugas.	Diario
Turbina	
Verificar la temperatura de rodamientos y vibraciones.	Diario
Verificar los ruidos anormales.	Diario
Verificar el ajuste de los pernos de las chumaceras.	Cada 3 meses ó según inspección
Verificar las fugas de agua por los sellos.	Diario
Engrase de los rodamientos (15 gr.) -2 golpes de bomba engrasadora.	Cada 6 meses ó según inspección
Limpieza exterior.	Cada semana
Limpieza interior y repintado interior y exterior.	2 años o según inspección
Transmisión de potencia mecánica	
Verificar el acople.	Diario
Inspección de las bandas, buscando grietas y desgastes.	Anualmente
Generador	
Inspección y limpieza del bobinado interior.	Anualmente
Medición de aislamiento.	Anualmente
Engrasado y lubricación de cojinetes.	Cada 3 meses
Verificar el estado de los cojinetes.	Anualmente
Tablero de control	
Revisar constantemente los amperímetros y voltímetros. Cualquier distorsión, tomar las medidas correctivas.	Diario
Redes eléctricas de distribución	
Cortar árboles y ramas que estén en contacto con los conductores.	Mensualmente
Colocar soportes a los postes ladeados.	Cada 3 meses
Asegurar los conductores flojos.	Cada 3 meses
Reemplace postes deteriorados o con grietas.	Según la inspección hecha

Algunas sugerencias en la operación

La cantidad de energía que produce la turbina tiene que ser consumida en su totalidad, sin embargo hay momentos donde el consumo es bajo y en otros casos no es uniforme, para ello se utiliza un regulador electrónico quien se encarga de derivar la energía no consumida a las resistencias aéreas instaladas.

Cuando el consumo es mayor que la generación de energía, entonces el voltaje baja hasta que en un momento colapsa (se apaga el equipo). Para que esto no suceda, hay que aumentar el ingreso del agua a la turbina, mediante la apertura mayor de la válvula, si es necesario totalmente; siempre y cuando sea por falta de agua.

Si la producción de energía es total, es decir, cuando abrimos por completo la válvula; y el consumo es mayor, no se puede aumentar más agua, lo que va a ocurrir es que el voltaje se va a caer y el equipo se apaga, situación que obligará a reducir el consumo.



Operador abriendo el tablero

La cantidad de electricidad en el centro de consumo debe ser igual a la generación en la caseta de máquinas

Para ello, hay que ir adecuándose a la cantidad de energía que se está produciendo y organizarse en cuanto al consumo. Por ejemplo, si yo tengo un equipo de potencia alta, de preferencia hay que hacerlo arrancar sin que existan otros equipos en uso, luego una vez que entra en funcionamiento, hacer funcionar los otros equipos. Tener en cuenta que la electricidad que se está produciendo sea la suficiente para determinada potencia. Siempre hay que estar atento y hacerse un hábito de saber qué cantidad de energía necesita un equipo para que funcione, lógicamente eso se irá viendo a medida que el operador adquiere mayor experiencia, basada en la práctica.

9. Herramientas y/o equipos de mantenimiento

- Juego de llaves mixta hasta $\frac{3}{4}$ " o 19 mm.
- Juego de desarmadores planos y estrella.
- Juego de llaves "allen".
- Engrasadora manual pequeña.
- Juego de limas planas, triangular, redonda y media luna.
- Alicates: universal, de presión, de punta.
- Combo y martillos de bola y uña.
- Arco de sierra.
- Regla metálica y nivel.
- Pinza amperimétrica y multímetro.
- Protectores de oído.
- Linterna.



10. Seguridad

a) Orden y limpieza en la pico central

- Mantenga limpio los sitios de trabajo.
- Limpie y seque todos los líquidos, grasas y aceite derramados. Depositar el aceite en turriles.
- Depositar la basura y los desechos industriales en lugares seguros (turriles o pozos de desechos).
- Use depósitos de metal para trapos con grasa o aceite.
- Guarde sus herramientas en un sitio seguro cuando no vaya a usarlas. No deje herramientas cerca a las máquinas en marcha.
- Mantenga todas las puertas y salidas sin obstrucciones.



b) Use ropa y equipos adecuados

- Lleve puesta la ropa adecuada. Merece la pena vestirse apropiadamente incluso para un trabajo corto.
- Mantenga siempre las ropas limpias. Quítese inmediatamente la ropa contaminada y lávela.
- Las mangas flojas, las bufandas, anillos y brazaletes son PELIGROSOS (Se pueden enredar en la maquinaria).
- Use el casco de seguridad para proteger su cabeza.
- El peligro puede venir desde abajo, asegúrese de que su calzado tenga plantas fuertes.



c) Lea y respete las señales de seguridad

- Antes de iniciar cualquier trabajo de mantenimiento, asegurarse que la válvula este cerrada y el interruptor general desconectado.
- No fumar dentro de la casa de máquinas, puede provocar un incendio.
- Colocar carteles en las zonas de trabajo.



Estructura

■ DOCUMENTOS DE PROYECTOS DE TECNOLOGÍAS

■ TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN

■ Ecosistemas de Montaña

Agroindustria Rural
Ganadería
Recursos Naturales
Agricultura
Otros

■ Ecosistemas Tropicales

Agroforestería
Servicios Ecosistémicos
Otros

■ TECNOLOGÍAS PARA SERVICIOS BÁSICOS E INFRAESTRUCTURA

Agua y Saneamiento
Energía
Vivienda
TIC
Otros

■ TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS

Prevención y Preparación
Reconstrucción
Respuesta a Emergencias
Otros

SOLUCIONES PRÁCTICAS

Tecnologías desafiando la pobreza



Soluciones Prácticas es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y diseminación de tecnologías apropiadas. Tiene oficinas en África, Asia, Europa y América Latina. La oficina regional para América Latina tiene sede en Lima y coordina el trabajo en la región de las oficinas de Perú y Bolivia. Trabaja a través de sus programas de Sistemas de Producción y Acceso a Mercados; Energía, Infraestructura y Servicios Básicos; Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático y las áreas de Control de calidad, Administración, Finanzas, Comunicaciones y la Unidad de Consultorías (PAC).

www.solucionespracticas.org.bo

Con el apoyo de

