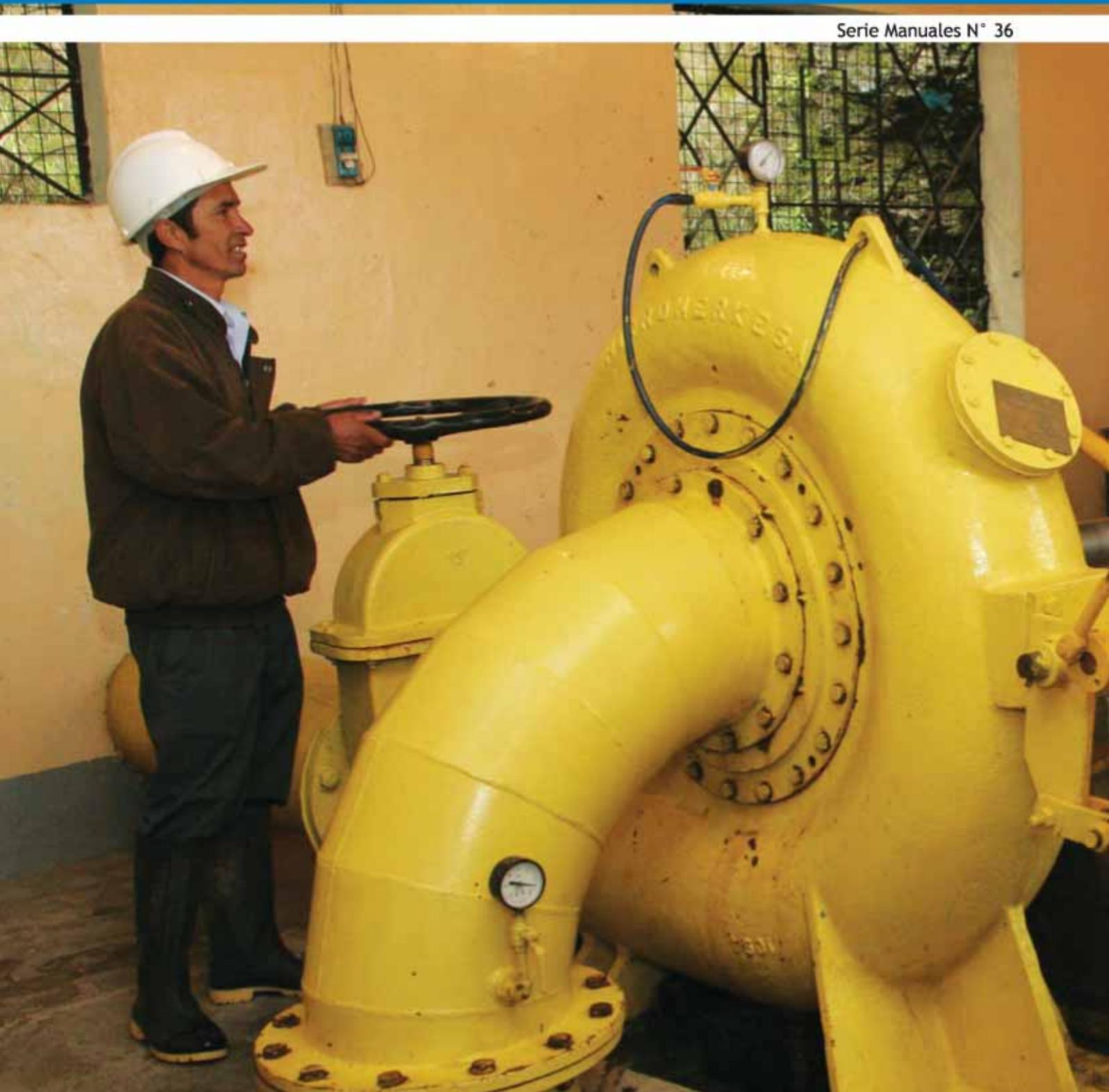


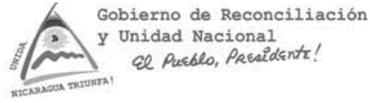
MANUAL DE CAPACITACIÓN EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDRÁULICAS

Serie Manuales N° 36



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Participando!





MANUAL DE CAPACITACIÓN EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDRÁULICAS

Contenido

Introducción

Capítulo I

Guía metodológica de capacitación	5
---	---

Capítulo 2

Propuesta de capacitación para operadores y técnicos	13
--	----

Tema 1: Obras civiles	15
------------------------------------	----

Tema 2: Equipo electromecánico	35
---	----

Tema 3: Electricidad y redes eléctricas	55
--	----

Briceño, Eduardo

“Manual de capacitación en operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidráulicas”/ Eduardo Briceño, Rafael Escobar, Saúl Ramírez. — Lima: Soluciones Prácticas-ITDG; 2008

p.:82.

ISBN N° 978-9972-47-148-3

**CAPACITACIÓN / MANUAL / ENERGÍA HIDRAÚLICA / GESTIÓN FINANCIERA /
GESTIÓN DE ADMINISTRACIÓN / GESTIÓN DE MERCADO**

259/ B57

Clasificación SATIS. Descriptores OCDE

El presente Manual ha sido elaborado gracias al apoyo de diferentes instituciones entre ellas GEF, Gobierno de Nicaragua, PNUD y COSUDE. Con ello, se espera dotar de un instrumento que ayude a promover buenas prácticas para el manejo técnico de sistemas energéticos rurales.

Autores: Eduardo Briceño, Rafael Escobar, Saúl Ramírez

Colaboradores: Milagros Briceño, Celso Dávila, Gilberto Villanueva, Javier Coello

Revisión: Samuel Machacuay

Edición y corrección de estilo: Luis Andrade

Coordinación: Alejandra Visscher

Diseño de carátula: Jorge McGregor

Diseño y diagramación: Calambur

Impreso por: Forma e Imagen

Impreso en el Perú, enero 2008

© Soluciones Prácticas - ITDG

www.solucionespracticas.org.pe

Av. Jorge Chávez 275, Miraflores

Casilla 18-0620 Lima 18, Perú

(447-5127 446-6621

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú 2008-00680

Introducción

La presente guía busca proporcionar lineamientos prácticos para la organización y realización de jornadas de capacitación del personal que desempeña funciones de operación y mantenimiento en un sistema eléctrico aislado del medio rural.

La lectura de la presente guía es recomendable aún para los instructores más experimentados debido a que resume una estrategia de capacitación diseñada por el Programa de Energía de Soluciones Prácticas - ITDG. Es importante tener en consideración que esta estrategia ya ha determinado previamente: los objetivos de la capacitación, el público objetivo, temas a ser desarrollados e inclusive ayudas materiales (módulos y temas de capacitación) con miras a minimizar el tiempo de preparación, permitir una rápida implementación de la capacitación y proporcionar un nivel aceptable de efectividad en la consecución de los objetivos.

El instructor debe preocuparse entonces por: precisar los objetivos específicos de la capacitación, elegir entre los temas predefinidos aquellos temas requeridos, definir la profundidad e intensidad de cada tema, elegir y/o preparar las ayudas materiales y finalmente establecer un cronograma de la actividad (especificando la duración de cada tema, evaluación y acciones de reforzamiento).

Es sabido que la operación y el mantenimiento de los sistemas eléctricos han sido actividades que no fueron cuidadosamente consideradas desde la etapa de planificación de los proyectos de electrificación. Al respecto ha habido experiencias de capacitación bajo distintas modalidades y enfoques. Estos programas pusieron mayor énfasis en algunos aspectos en desmedro de otros, en ese sentido la estrategia desarrollada por Soluciones Prácticas - ITDG pone énfasis en la "interacción" que debe haber entre las distintas personas, sus roles y los distintos intereses de grupo para que el servicio se sostenga en el tiempo. La capacitación de operadores y técnicos de mantenimiento de sistemas eléctricos aislados, ha demostrado ser una labor bastante compleja debido a que requiere la inclusión de varias disciplinas como la ingeniería (mecánica, eléctrica, civil, hidráulica y electrónica) y la pedagogía en adultos. Adicionalmente, la capacitación de este personal enfrenta el reto de tener que superar las barreras de la distancia las cuales dificulta el aprendizaje, por ello muchas experiencias buscaron trasladar instructores adecuadamente equipados hasta los mismos centros de trabajo, otras iniciativas reunieron sucesivamente a grupos de operadores y técnicos de mantenimiento provenientes de distintos servicios en un lugar aparente. En base a estas experiencias se ha considerado en la presente guía aspectos que deben ser considerados antes, durante y después para asegurar el éxito de la actividad de capacitación.

La capacitación a los operadores y técnicos se realizaron en las escuelas de la localidad más cercana, al lugar donde será instalada la central hidroeléctrica, y deberá seleccionarse de la misma comunidad, diez candidatos que recibirán las enseñanzas como potenciales operadores. También se puede utilizar las instalaciones mismas de la central para la capacitación práctica.

El instructor deberá evaluar y sugerir de ser necesario, un periodo de entrenamiento en algún Instituto técnico de una capital departamental, para ello se recomienda organizarlos en grupos de no más de 10 candidatos cuidadosamente seleccionados que recibirán las enseñanzas sobre el mantenimiento de equipos.

I. GUÍA METODOLÓGICA DE CAPACITACIÓN

TEMÁTICA

De acuerdo a lo observado en distintos servicios eléctricos, se ha llegado a determinar las funciones comunes de cada grupo de interés. En ese sentido la temática propuesta se ajusta al rol o funciones que desempeñan cada uno de los distintos actores.

FUNCIONES DEL OPERADOR DEL SERVICIO ELÉCTRICO

- Arranca y para la central bajo condiciones de operación, manual, automática y en paralelo (cuando la central así lo permita). Asimismo procede eficazmente sobre los equipos en caso de emergencia.
- Llena los partes diarios y mensuales de operación, en base a las lecturas de los instrumentos y demás medidores, registrando los parámetros de funcionamiento y las ocurrencias en forma diaria.
- Propone a la administración el Plan Anual de Mantenimiento Preventivo y realiza las acciones de mantenimiento previstas en él.
- Instala contadores de energía activa monofásicos, así como realiza el recambio de postes, pastorales y luminarias, cuando sea necesario.
- Realiza adquisiciones menores de materiales y efectúa las rendiciones de gasto correspondientes.
- Adiestra a los ayudantes (si es que los hubiera) y presta el apoyo necesario a los técnicos especializados en las reparaciones y acciones de mantenimiento correctivo.
- Actúa decididamente en caso de accidentes. Asimismo conoce los efectos de las descargas eléctricas en el cuerpo humano, brinda los primeros auxilios y toma las medidas de seguridad para evitar su ocurrencia.

Nro.	Temas propuestos	Objetivo
1	Obras Civiles	Conocer las partes, su función y las acciones de mantenimiento de las obras civiles de una pequeña central hidroeléctrica.
2	Equipo Electromecánico	Conocer las partes, su función y las acciones de mantenimiento para el equipo electromecánico de una pequeña central hidroeléctrica.
3	Electricidad y Redes Eléctricas	Conocer las partes, su función y las acciones de mantenimiento para el equipo y redes de distribución.

CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUCTORES Y DE LOS INSTRUIDOS

De los instructores

Dado que la temática propuesta requiere el tratamiento de temas de distinta naturaleza, el instructor debe dominar a cabalidad los temas a ser tratados. No es recomendable que se fuerce la participación de personas que tienen un conocimiento superficial o muy poca experiencia práctica en el tema. Para el caso de que una sola persona no pueda hacerse cargo del dictado de los distintos temas, se debe contar con más de un instructor para lograr un tratamiento exhaustivo de las distintas materias, siendo recomendable que uno de ellos esté a cargo de la dirección y coordinación de la actividad de capacitación. (De preferencia deben haber: un instructor para los temas de electricidad y otro para los temas de mecánica).

Es recomendable además que el o los instructores tengan experiencia en capacitación debido a que el dominio de una determinada materia no es requisito suficiente para garantizar que el proceso de aprendizaje tenga éxito. Debido a las características del auditorio (características que serán detalladas a continuación), se requiere que el instructor tenga un mínimo de conocimiento sobre:

- Técnicas de motivación.
- Dominio de escena.
- Liderazgo.
- Uso alternativo y eficiente de distintas ayudas visuales.
- Adecuado manejo del tiempo de exposición y de descanso.

Es importante tener siempre presente que el instructor debe conocer con anticipación la realidad del servicio (prospección), las necesidades y el plan de capacitación, y sujetarse a lo que se estipula en él.

De la audiencia

Se ha encontrado que las personas que van a asistir a las actividades de capacitación en la mayoría de los casos van a corresponder a las siguientes características:

- Limitado nivel de instrucción.
- Bastante experiencia práctica.
- Mayoría de edad. De preferencia entre 18 a 30 años.
- Fuertemente influenciadas por el entorno social.
- Reducida iniciativa para la comunicación.

Estas características obligan a que los instructores se vean en la necesidad de considerar frecuentemente el uso de técnicas expositivas sencillas en su terminología, no muy extensas en su duración, ágiles y precisas en su contenido.

RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LA APLICACIÓN DEL MÓDULO Y LOS TEMAS

Tema 1: Obras civiles

TEMA 1:		OBRAS CIVILES
OBJETIVO DEL TEMA	Conocer las partes, su función y las acciones de mantenimiento de las obras civiles de una pequeña central hidroeléctrica.	
DIRIGIDO A	Operadores, electricistas, tomeros y ayudantes.	
MÁXIMA DURACIÓN RECOMENDADA:	<ul style="list-style-type: none"> • 1 hora y 30 minutos para el dictado + 10 minutos para evaluación (10 preguntas). Por cada clase. • 2 horas para la elaboración de un plan de mantenimiento de las obras civiles. • Total 10 horas (6 de teoría, 4 de práctica). 	
NRO. DE SUBTEMAS	<ul style="list-style-type: none"> • 05 	
Nro	CONTENIDO	OBJETIVO
1.	Descripción de las obras civiles	Saber identificar las partes de las OOC de una MCH y su función.
2.	Consideraciones antes, durante y después de la operación del sistema	Conocer las precauciones previas para un adecuado funcionamiento.
3.	Mantenimiento de obras civiles	Conocer y realizar acciones de mantenimiento de las obras civiles para un permanente funcionamiento de los servicios eléctricos.
4.	Normas de seguridad en el mantenimiento	Conocer y aplicar las medidas de seguridad en el mantenimiento de las obras civiles.
5.	Equipo, herramientas, materiales para el mantenimiento	Reconocer qué equipos, herramientas y materiales se requiere para un adecuado mantenimiento de las obras civiles.

- Este tema ha sido concebido para el entrenamiento del personal de operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidroeléctricas.
- Es recomendable el empleo de ayudas como láminas, transparencias, *slides*, rotafolios, etc., que el instructor debe seleccionar (o en su defecto elaborar) en forma previa al curso.
- Para facilitar el reconocimiento e identificación de las partes, se recomienda que los nombres sean escritos en pequeños pedazos de cartulina de modo que sean los asistentes quienes coloquen los nombres en forma posterior a la explicación del instructor. Es común que el personal sin experiencia confunda los nombres.
- Es necesario hacer participar a los participantes con preguntas, exposiciones cortas de su propia experiencia, identificación de partes, etc.
- Se recomienda que cada parte de las obras civiles incluya el concepto, partes, función y mantenimiento, debido a que tocar acciones de mantenimiento después de describir las partes, puede generar confusión.
- Se ha elaborado una hoja de evaluación que el instructor debe juzgar emplear o no. Se deja a potestad del instructor elaborar otra forma de evaluación.

- Para el caso de evaluaciones escritas se recomienda que éstas incluyan un juego de cinco alternativas de respuestas o en su defecto frases incompletas para ser rellenas (proporcionando también las respuestas alternativas).
- En las evaluaciones se debe evitar el empleo de palabras poco comunes en el lenguaje de los asistentes con el objeto de minimizar confusiones y facilitar el entendimiento y la comprensión.
- Es importante que los asistentes comprendan la función de cada parte de las obras civiles.
- Se debe hacer hincapié en el tema de los aliviaderos, que la canalización de la descarga protege las laderas los suelos.
- En lo posible, los dibujos de las distintas partes de las obras civiles deben ser realizados a escala.
- Es importante evaluar la posibilidad de incluir una secuencia de slides, rotafolio, como ayuda a la exposición. La muestra puede ser expuesta en horas de la noche y de manera informal. Esta es una práctica que ayuda y favorece la motivación y ayuda a que las personas menos comunicativas, puedan expresar sus puntos de vista.
- Luego de la exposición teórica en clase, es recomendable realizar una visita a las distintas instalaciones. Durante esta visita se debe promover la intervención de los participantes al curso con preguntas cortas de reconocimiento de partes, funciones, evaluación del estado actual y sobre todo identificar las acciones de mantenimiento que no se realizan.
- Como resultado práctico del curso, en la medida de lo posible se debe elaborar con los asistentes, un plan de mantenimiento de las obras civiles.

Tema 2: Equipo electromecánico

TEMA 2		EQUIPO ELECTROMECÁNICO
OBJETIVO DEL TEMA	Conocer los elementos y función de cada uno de los componentes del equipo electromecánico de una pequeña central hidroeléctrica (PCH), así como las acciones de mantenimiento.	
DIRIGIDO A	Operadores y personal técnico de servicios eléctricos.	
MÁXIMA DURACIÓN RECOMENDADA:	<ul style="list-style-type: none"> • 1 hora y 30 minutos para el dictado + 10 minutos para evaluación (10 preguntas). Por cada clase. • 2 horas para la elaboración de un plan de mantenimiento para los equipos electromecánicos. • Total 15 horas teóricas. • 10 horas para la práctica en inspección de los equipos (C/informe) y acciones de operación. 	
NRO. DE SUBTEMAS	<ul style="list-style-type: none"> • 06 	
Nro	CONTENIDO	OBJETIVO
1	Descripción de los equipos	Saber identificar los componentes del equipo electromecánico de una MCH .
2	Secuencia de operación de los equipos	Conocer la secuencia de operación para un mantenimiento continuo.
3	Mantenimiento preventivo y correctivo.	Conocer las acciones de mantenimiento necesarias para un continuo funcionamiento.
4	Programa de mantenimiento para el equipo electromecánico	
5	Herramientas y/o equipo de mantenimiento	Conocer el equipamiento mínimo que se requiere para un adecuado mantenimiento del equipo electromecánico.
6	Seguridad	Dar a conocer las principales normas y reglas de seguridad.
7	Normas de seguridad en el mantenimiento	Conocer y aplicar las medidas de seguridad en el mantenimiento del equipo electromecánico. Conocer las técnicas de primeros auxilios.

- Este tema ha sido concebido para el entrenamiento del personal de operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidroeléctricas.
- El tema hace uso intensivo de terminología técnica, ejem. velocidad de rotación, torque, etc, por lo que se debe tratar de emplear palabras “no técnicas” al hacer descripciones del funcionamiento de los equipos.
- Se sugiere destacar con prioridad en el equipo, las partes principales (válvula, turbina, generador, regulador, y tablero de control) mencionar lo demás como parte accesoria del equipo (turbina de válvula desfogue o acoplamiento).
- En cuanto a la operación, ésta debe ser descrita en forma general de modo que sirva para explicar el proceso al margen del tipo de turbina o regulación, pero es necesario que el instructor haga una descripción adecuada a cada central y teniendo en cuenta el MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO específico para cada planta.
- La confección de una lámina con fotografías que muestren por ejemplo partes desgastadas de una turbina, ayudan mucho al entendimiento.
- Contar con una lámina para mostrar cómo se debe elaborar un programa de actividades de mantenimiento preventivo y la periodicidad de las distintas acciones, ayuda a despertar la imaginación de los asistentes.
- Es recomendable complementar la exposición teórica con una visita de reconocimiento a los equipos electromecánicos e identificar in situ las partes, los distintos componentes y sus funciones. Es conveniente promover la participación de los asistentes mediante preguntas puntuales.
- El instructor debe evitar realizar maniobras de operación en los equipos de modo que se eviten percances o daños. Cuando sea necesario hacer una revisión de la secuencia de operación, los operadores deben estar a cargo de las maniobras.
- Realizar prácticas contra incendios.

Tema 3: Electricidad y redes eléctricas

TEMA 3		ELECTRICIDAD Y REDES ELÉCTRICAS
OBJETIVO DEL TEMA	Conocer las partes, su función y las acciones de mantenimiento para el equipo electromecánico de una central hidroeléctrica.	
DIRIGIDO A	Operadores, electricistas, y ayudantes.	
MÁXIMA DURACIÓN RECOMENDADA:	<ul style="list-style-type: none"> • 1 hora y 30 minutos para el dictado + 15 minutos para la evaluación (15 preguntas). Por cada clase. • 2 horas para la elaboración de un plan de mantenimiento para los equipos electromecánicos. • 4 horas para la práctica en inspección de los equipos (C/informe) y acciones de operación. 	
NRO. DE SUBTEMAS	• 06	
Nro	CONTENIDO	OBJETIVO
1	Principios básicos de electricidad	Conocer los principios básicos de electricidad.
2	Introducción a los circuitos eléctricos, partes y características	Conocer las partes y su funcionamiento de un circuito eléctrico.
3	Parámetros de un circuito	Conocer los parámetros principales de un circuito eléctrico.
4	Instrumentos de medición	Saber leer los instrumentos de medición.
5	La red de distribución, definición, función y partes	Conocer la operación y periodicidad de las acciones de mantenimiento de una red de distribución.
6	Operación y mantenimiento de redes eléctricas	Conocer la operación y periodicidad de las acciones de Mantenimiento de una red de distribución.
7	Normas de seguridad	Conocer y aplicar las medidas de seguridad en el mantenimiento del equipo eléctrico. Conocer las medidas preventivas de ocurrencia de accidentes debido a descargas eléctricas y conocer las términos de primeros auxilios.

- Este tema ha sido diseñado para el personal de operación y mantenimiento de un servicio eléctrico.
- La intensidad y profundidad del contenido de este tema (y del MÓDULO III) debe ser cuidadosamente evaluada por el instructor en forma coherente con el nivel de instrucción y grado de experiencia de los participantes al curso. La terminología técnica es difícil de ser dejada de lado, por lo que el instructor debe buscar un equilibrio entre el contenido del curso y la capacidad de los asistentes.
- En la descripción de la Ley de OHM, intensidad eléctrica, fuerza electromotriz, potencia eléctrica, circuitos, sería conveniente incluir ejemplos de cálculo.
- En lo referente a las redes, es necesario incluir una secuencia lógica en función al tipo de red (primaria y secundaria) indicando dentro de ellas nombre, función, partes y mantenimiento.
- Es recomendable contemplar la exposición teórica con una visita de reconocimiento a los equipos eléctricos e identificar in situ las partes, los distintos componentes y sus funciones.
- En lo posible se recomienda realizar prácticas referidas a los primeros auxilios y seguridad en el trabajo con electricidad.
- Es recomendable realizar prácticas contra incendio.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA UNA ADECUADA CAPACITACIÓN

- Previo al dictado del curso el instructor debe saber quiénes conforman el auditorio, es decir debe tener conocimiento pleno de las edades, nivel de conocimientos y experiencia. Asimismo debe identificar a aquellos aprendices que destacan de los demás en términos de comunicación, nivel de conocimiento o personalidad (introversa), para ello se recomienda una encuesta o conversación previa.
- La estrategia de capacitación debe considerar el dictado de la clase al nivel de dificultad promedio. ¡ No todos los auditorios son iguales !
- Previo al dictado de la clase, el instructor debe elaborar un plan de acción para la jornada. Es decir debe saber el tiempo de cada tema, el momento adecuado de los refrigerios o descansos, así como el momento de las evaluaciones.
- En el dictado de la clase el instructor debe saber con precisión el momento adecuado para el empleo de cada tipo de ayuda (manuales, láminas, rotafolios, videos, Power Point, etc.) No se deben emplear más de 2 a la vez debido a que se diluye la concentración.
- El instructor debe tener presente en todo momento que instruir en el lugar de trabajo (central) no es lo mismo que instruir en clase, por las implicancias que ello tiene en términos de las personas, espacio, materiales, etc. De ser necesario se debe eliminar cualquier factor que amenace perturbar la concentración.
- El Módulo y los Temas deben ser entendidos como una ayuda a la exposición y a su vez como una guía para el instructor. Es recomendable que el instructor se ciña a tratar todos los puntos previstos en él, aunque es potestad del instructor dejar de lado algunos puntos que considere innecesarios de acuerdo al nivel de la audiencia.
- Es altamente recomendable que el instructor se ponga al nivel de los instruidos, es decir que establezca una relación horizontal para promover la

comunicación y la activa participación de los instruidos. ¡El instructor como un aprendiz más!

- Es recomendable que el instructor se asegure que los instruidos hayan comprendido un determinado tema antes de pasar a otro; puede ocurrir vacíos en el aprendizaje que no permitan una continuidad en términos de la comprensión de los demás temas.
- El instructor debe tener dominio de escena, es decir, debe procurar presentarse dinámico frente a los aprendices. Es recomendable para ello que no se quede estático en un solo lugar y haga uso intensivo de varios tipos de ayuda para mantener viva la atención de los aprendices.
- Es recomendable que el instructor haga uso de pausas cortas entre temas y entre subtemas, esto le permitirá manejar adecuadamente la atención de los aprendices.
- La disposición del espacio es sumamente importante para una clase efectiva. Es importante estudiar y disponer la mejor ubicación de los aprendices (el mayor grado de visibilidad posible tanto del instructor y como de las ayudas). Las ayudas deben ser apreciadas por todos y cada uno de los aprendices y del instructor debe ser visto y oído sin dificultad.
- Es recomendable que el instructor prevea todos los materiales antes del dictado de la clase. No es recomendable la improvisación.
- El instructor debe procurar no dar la espalda al auditorio al escribir en la pizarra o papelógrafo o mostrar una ayuda. Asimismo, es recomendable que el instructor no copie en la pizarra lo que ya está escrito o dibujado en el módulo, que justamente es una ayuda para capacitación.
- Es altamente recomendable que se evite en lo posible, la ocurrencia de situaciones que interfieran con el dictado de la clase. El instructor debe evitar en todo momento que los aprendices pierdan la concentración y/o atención.
- Es importante que el instructor no deje largos espacios de tiempo sin hablar, debido a que los aprendices pierden la atención y ponen su atención en otras cosas.
- Es importante que el instructor evalúe y programe previamente, cuántas veces se va a requerir el dictado de clases de refuerzo en función a los temas que no hayan sido totalmente comprendidos. Luego de la evaluación del auditorio y finalizada la primera clase, el instructor debe saber cuándo, cuántas y el contenido de las clases de reforzamiento para cada central.

PROPUESTA DE CAPACITACIÓN PARA OPERADORES TÉCNICOS

OBJETIVO

Impartir a los operadores y técnicos conocimientos básicos y específicos de las partes y componentes principales y complementarios de una pequeña central hidroeléctrica (PCH), así como de las acciones que sean necesarias para su mantenimiento.

METODOLOGÍAS

Como resultado del diagnóstico de necesidades de capacitación y asistencia técnica, se considera conveniente para obtener los mejores resultados, que la capacitación sea impartida en dos niveles:

- A nivel básico de operadores propiamente dicho.
- A nivel intermedio para el personal técnico de mantenimiento.

Para tal efecto se elaborarán módulos de capacitación, cuya presentación e intensidad de contenido estará de acuerdo al nivel educativo del personal que seleccionado cuidadosamente, será entrenado para realizar sus actividades a cabalidad.

Para el personal de operadores, será suficiente que tengan estudios primarios completos, y para el personal de mantenimiento deberán tener como mínimo tercer año de secundaria, siendo deseable que cuenten con el Bachillerato.

Las presentaciones se harán en tres etapas:

- Impartir conocimientos teóricos en ambientes tipo escolarizado (aulas).
- Aplicaciones prácticas en taller, laboratorio y campo utilizando instrumentos, equipos, herramientas, materiales adecuados.

- En convenio con alguna Empresa de Generación Eléctrica, deberá propiciarse la capacitación práctica en la operación y mantenimiento de una central hidroeléctrica.

EL MÓDULO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, está conformado por tres TEMAS de enseñanza cuidadosamente elaborados, que estarán orientados a la operación y mantenimiento de una pequeña central hidroeléctrica, así como de las redes eléctricas de distribución.

El Módulo para Operadores, se ha elaborado privilegiando la objetividad en su presentación e incorporarán los componentes del sistema eléctrico, su definición, las responsabilidades de quienes se encargarán de la operación y mantenimiento de cada uno de estos componentes.

Además, por considerarlo de suma importancia el Módulo incluye temas orientados a la capacitación de los usuarios, para inmiscuirlos en el cuidado y sostenibilidad de los sistemas eléctricos. A través de él, se les informará sobre los aspectos relevantes y las precauciones necesarias que hay que tomar en la operación de estos sistemas. Se trata más bien de un componente informativo.

Las clases teóricas para los operadores y usuarios, se realizarán en las aulas de los locales de las escuelas de la localidad más cercana al lugar donde será instalada la central hidroeléctrica, y deberá seleccionarse de la misma comunidad, diez candidatos que recibirán las enseñanzas como potenciales operadores.

Para el caso de los usuarios deberá en lo posible impartirse a la mayor cantidad de población, formando 8 grupos de 20 a 30 participantes cada uno.

Para el caso de los técnicos especialistas de mantenimiento, las clases teóricas y prácticas se desarrollarán en un Institu-

to técnico o centro de capacitación técnica, recomendando que se organice grupos de capacitación, lo recomendable sería grupos de diez candidatos cuidadosamente seleccionados, que reciban las enseñanzas para desempeñarse en el futuro como técnicos especialistas de mantenimiento.

La sede final de estos técnicos especialistas (finalmente deberán quedar seis para realizar esta labor), serán dos o tres de las centrales hidroeléctricas más grandes y de allí se trasladarán a otras centrales hidroeléctricas, para realizar labores de mantenimiento de rutina cada tres meses de acuerdo a un programa de mantenimiento preventivo establecido.

ALCANCES DEL MÓDULO

PARA OPERADORES

1. Obras Civiles
2. Equipamiento Electromecánico
3. Redes Eléctricas de Distribución

PARA EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

1. Mantenimiento Mecánico.
2. Mantenimiento Eléctrico y Electrónico.
3. Protección Eléctrica.

PARA LOS USUARIOS

1. Uso racional de la energía.

TEMAS A TRATAR

Obras Civiles: Conocer las partes e infraestructura, su funcionamiento y las acciones de mantenimiento de las obras civiles de una central hidroeléctrica

- Bocatoma
- Canal
- Aliviaderos
- Desarenador
- Cámara de carga
- Tubería de presión
- Casa de fuerza
- Canal de descarga

Equipo Electromecánico: Conocer los equipos principales y complementarios, su funcionamiento y las acciones de mantenimiento.

- Válvula de admisión
- Turbinas
- Regulador de carga y velocidad
- Sistema de transmisión

- Alternador
- Tablero de control
- Cables de control y fuerza
- Secuencia de operación
- Registro y procesamiento de parámetros eléctricos

Electricidad y Redes Eléctricas

- Principios básicos de electricidad
- Introducción a los circuitos eléctricos
- Parámetros de un circuito eléctrico
- Instrumentos de medición
- Dispositivos de protección
- La Red Eléctrica de Distribución
- Operación y mantenimiento de las redes eléctricas
- Seguridad, conraincendios
- Primeros auxilios

NECESIDADES DE RECURSOS

- Infraestructura, se requiere ambientes adecuados para el dictado teórico y práctico de los módulos
- Instructores, se debe contar con instructores calificados con no menos de diez años en trabajos de campo,
- Ayudas, se debe contar con ayudas audiovisuales, y otras facilidades que posibiliten una exposición amena para mantener el interés de los capacitados.
- Equipos, instrumentos, herramientas y materiales, para las aplicaciones prácticas, el detalle de éstos se muestran en cada uno de los módulos.

TIEMPOS

Los temas se impartirán en un periodo de 45 horas/grupo, en sesiones de 1,5 horas, durante dos semanas (habrá un grupo de diez por cada central hidroeléctrica).

Tema

I: Obras civiles

CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES

- Introducción
- Objetivo del módulo de obras civiles
- Dirigido a
- Tiempo del dictado

2. OBRAS CIVILES

Descripción de las obras civiles

- Bocatoma
- Canal
- Aliviadero o vertedero
- Desarenador
- Cámara de carga
- Tubería de presión
- Casa de fuerza o de máquinas
- Canal de descarga

Consideraciones antes, durante y después de la operación del sistema

- Antes de la operación
- Durante la operación
- Después de la operación

Mantenimiento de obras civiles

- Partes de acero
- Albañilería
- Gaviones
- Túneles
- Áreas alrededor de las estructuras de la central
- Áreas pintadas
- Toma de agua
- Sistema de conducción de agua
- Casa de máquinas

Plan de mantenimiento

Plan de seguridad

Normas de seguridad en el mantenimiento de las obras civiles

Equipos, materiales y herramientas requeridas

ASPECTOS GENERALES

Introducción

El presente Módulo de Capacitación está dirigido a operadores de pequeñas centrales hidráulicas (PCH) y debe ser aplicado por personas con experiencia en el tema y en el entrenamiento a personal técnico. Las personas encargadas de la capacitación deberán revisar previamente la Guía de Capacitación a Operadores a fin de tomar en cuenta la metodología de aplicación del Módulo, así como las recomendaciones y sugerencias.

El Módulo de obras civiles, contiene un conjunto de conocimientos respecto a los diferentes elementos básicos que debe tener una PCH; muy importante para la persona que se encargará de operar y dar mantenimiento a las mismas¹.

Asimismo, se describe de forma específica cuál es la función de cada una de sus partes, cómo maniobrar adecuadamente, la captación, conducción y evacuación del agua, antes y después de generar electricidad.

Objetivo

Conocer las partes, su función y las acciones de mantenimiento de la infraestructura de obras civiles en las PCH.

Dirigido a

Principalmente a operadores de PCH, sin embargo es posible su aplicación a técnicos, administradores y personal de apoyo, para lo cual el responsable de la capacitación tendrá que realizar las adaptaciones y/o modificaciones necesarias.

Se busca que los operadores desarrollen nuevas habilidades y destrezas que les permita realizar la labor de operar y mantener las obras civiles; así como reforzar la visión integral de una PCH.

Tiempo de Dictado

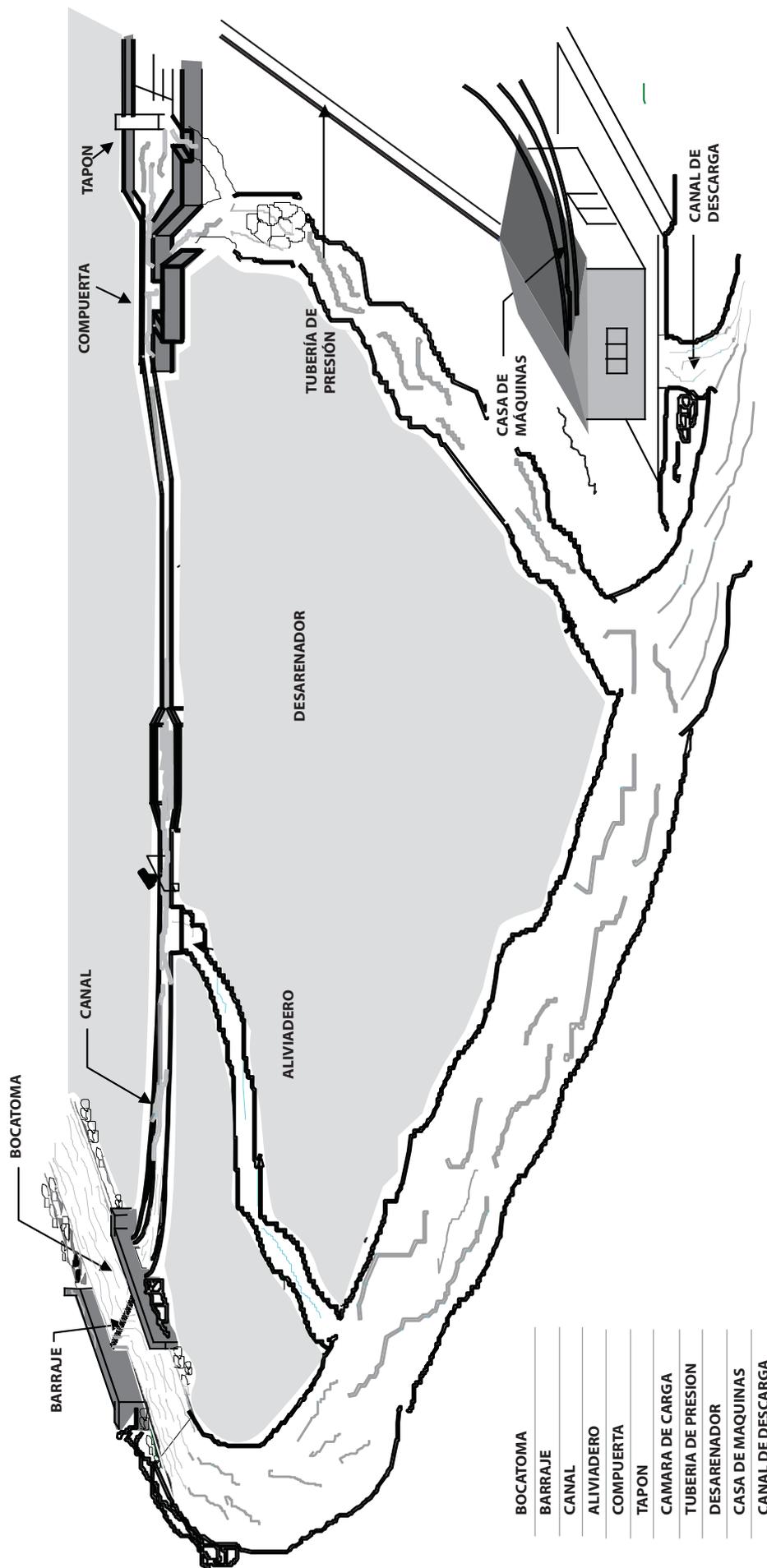
Una hora y 30 minutos por sesión.
Teoría: 06 horas.
Prácticas: 04 horas

OBRAS CIVILES

Descripción de las obras civiles

Las principales partes de las obras civiles para una instalación típica son: bocatoma, canal de conducción, desarenador, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas, canal de descarga y otros como se muestra en la figura 1.

¹ Los administradores y personal a nivel gerencial también deberían tener un conocimiento de los diversos componentes a fin de involucrarlos en el funcionamiento del sistema y para la acertada toma de las decisiones.



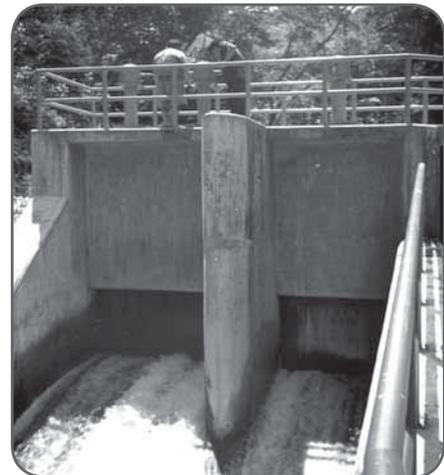
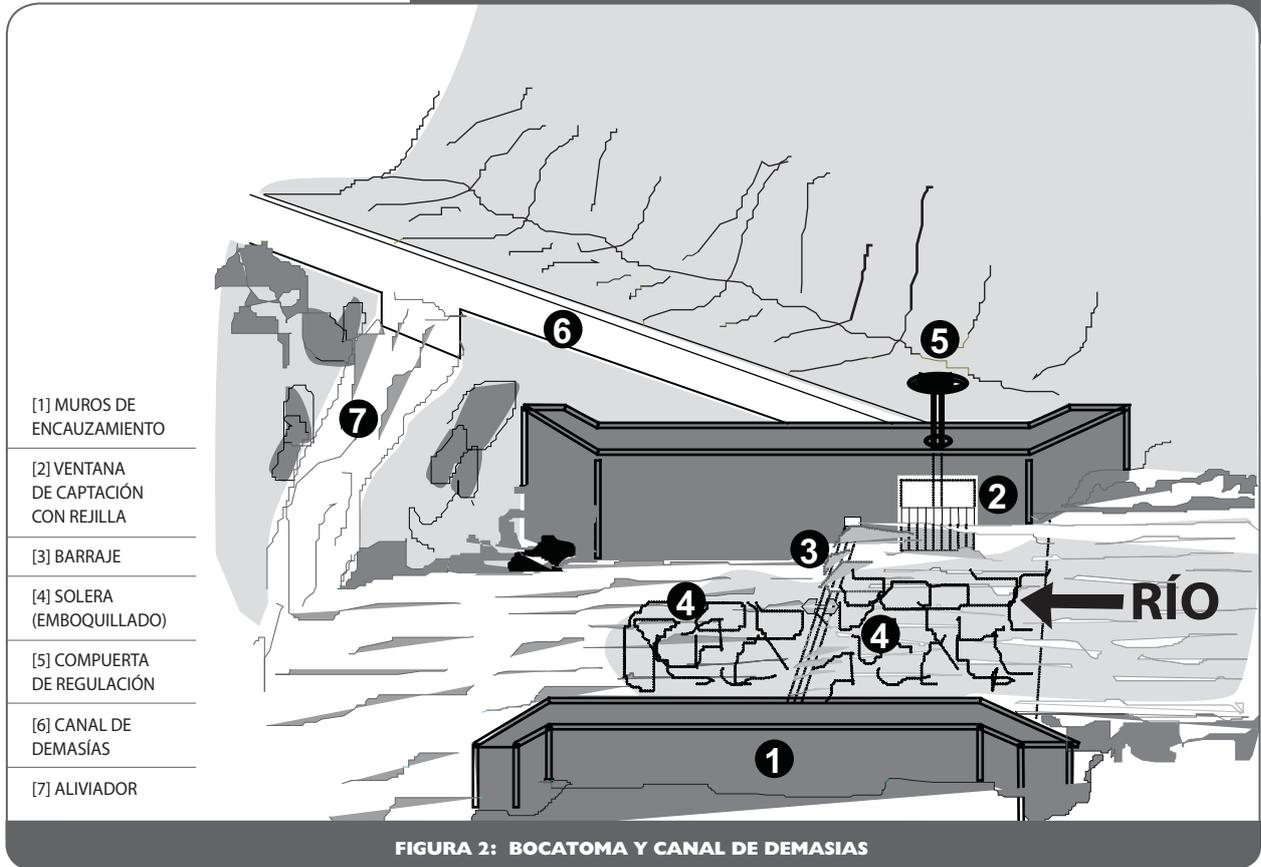
- BOCATOMA
- BARRAJE
- CANAL
- ALIVIADERO
- COMPUERTA
- TAPON
- CAMARA DE CARGA
- TUBERIA DE PRESION
- DESARENADOR
- CASA DE MAQUINAS
- CANAL DE DESCARGA

FIGURA 1: COMPONENTES Y ELEMENTOS DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA

Bocatoma

FUNCIÓN: Captar el agua necesaria para el funcionamiento de la PCH.

PARTES PRINCIPALES Barraje, canal de demasías, muros de encauzamiento, ventana de captación



- **Barraje:** Es un dique (fijo o movable) transversal al río. La función es levantar el tirante de agua, especialmente en tiempo de estiaje y lograr que ingrese el agua al canal de demasías por la ventana de captación.
- **Muros de encauzamiento:** Son muros de piedra o de concreto que encauzan las aguas del río, sirven como defensa de la rivera del río y protegen la ventana de captación.
- **Ventana de captación:** Llamado también bocal, permite el ingreso del agua del río al canal de demasías.

- **Canal de demasías:** Constituye los primeros metros del canal de conducción. Sus dimensiones son mayores que éste. Permite conducir mayor cantidad de agua que la requerida en tiempos de máximas avenidas, sin ocasionar desbordes. Está provista de un vertedero lateral de demasías que elimina el excedente de agua.

Canal

FUNCIÓN: Conducir el agua desde la toma o bocatoma hasta la cámara de carga. La figura 3, muestra las partes de un canal.

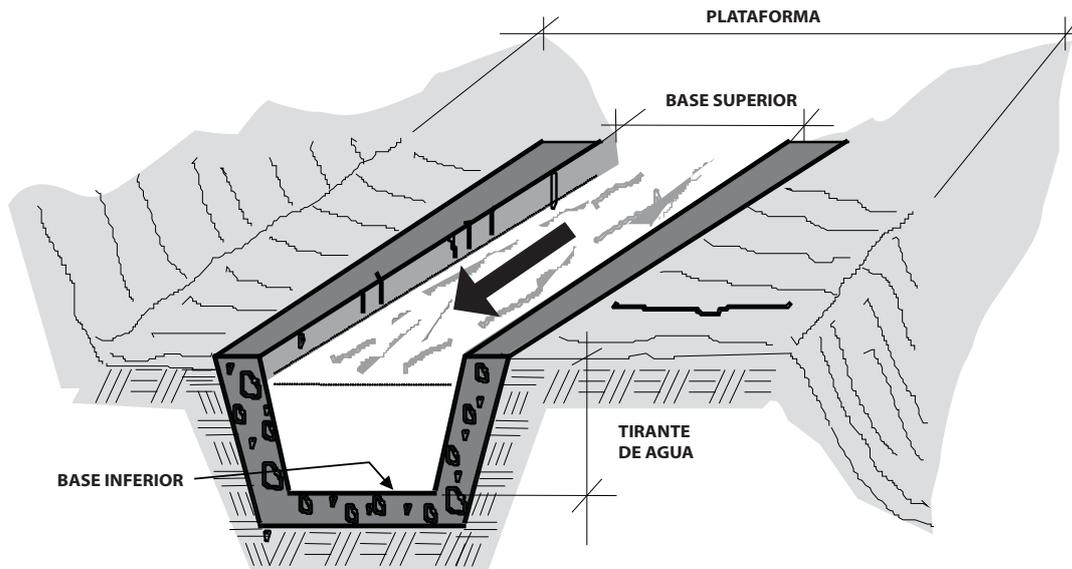


FIGURA 3: PARTES DE UN CANAL



La mayoría de los canales que transfieren agua de la toma del río a la cámara de carga son de tipo abierto, hechos de secciones encementadas (concreto). Cada sección está unida por un material hidrófugo para impedir la pérdida de agua por percolación y dar un mejor acabado a fin de reducir las pérdidas por fricción. También sirve como junta de dilatación.

Cuando los canales abiertos pasan por colinas escarpadas, con frecuencia son cubiertas para impedir que caigan en el canal piedras y rocas procedentes del desprendimiento de tierras.

De la misma manera, a veces el canal pasa por lugares por donde corre un arroyo colina abajo, en este caso, normalmente se construye un porbón subterráneo para el arroyo, también llamado pasa-canal.

Aliviadero o vertedero

Durante la estación lluviosa el exceso de caudal de agua puede tener efectos catastróficos en la estructura del canal y en las cámaras de carga. Para evitar daños, se debe eliminar de un modo seguro el exceso de agua por medio de unos canales de desagüe cuidadosamente diseñados. Estos canales de desagüe reciben el nombre de **vertederos**.

Debido a las grandes velocidades que coge el agua de desagüe, se proporciona normalmente algún tipo de disipación de energía en la base del vertedero para impedir la erosión del suelo. Normalmente, esto toma la forma de rocas encementadas o peldaños construidos en el cauce del vertedero de desagüe. A veces se instala una compuerta de desagüe del canal en el vertedero, que será útil para limpiar secciones particulares del canal, que requieren una limpieza frecuente.

FUNCIÓN: Mantener el nivel máximo del agua en el canal de demasías, canal de conducción, desarenador o en la cámara de carga, evacuando adecuadamente el excedente de agua.

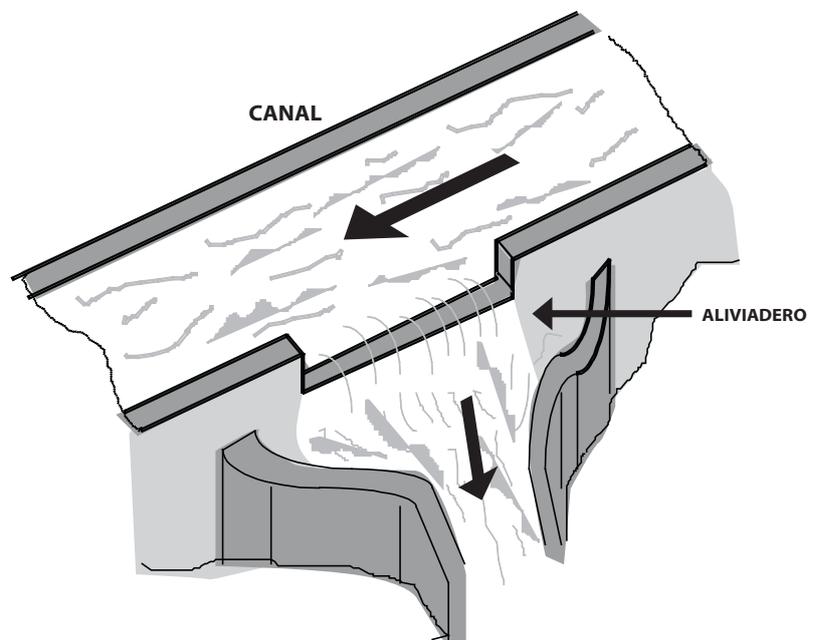


FIGURA 4: ALIVIADERO O VERTEDERO

Desarenador

FUNCIÓN: Sedimentar partículas de tierra y arena que son arrastrados a lo largo del canal y evitar su ingreso a la tubería de presión.

PARTES: Tanque de sedimentación, compuerta y desagüe.

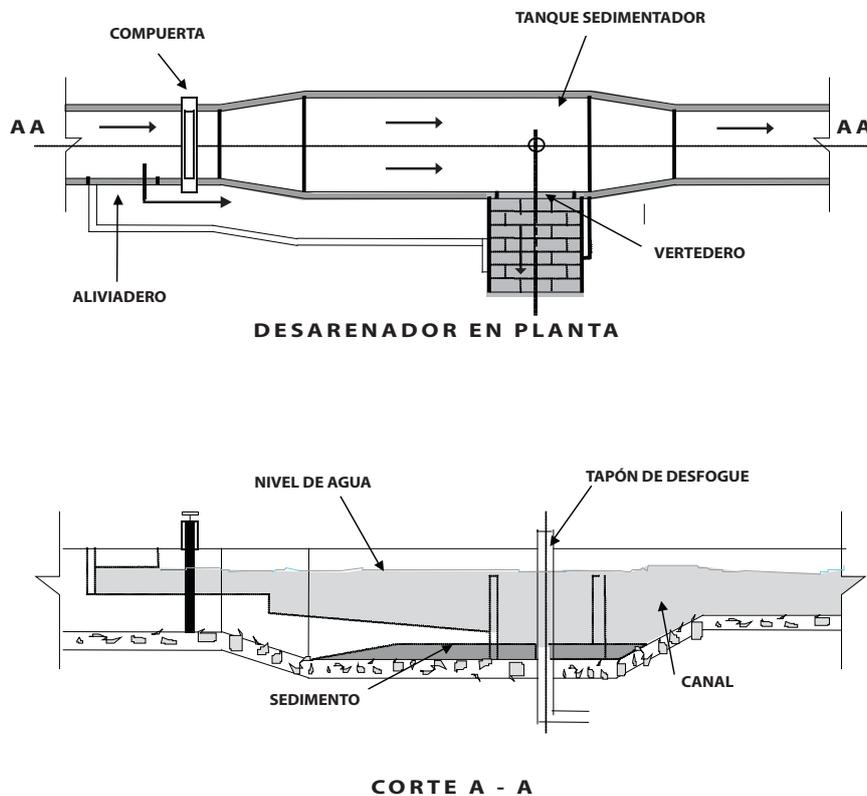


FIGURA 5: VISTA DE PLANTA Y LATERAL DE UN DESARENADOR

Cámara de carga

La cámara de carga es un depósito situado al final del canal, justo antes de la entrada de la tubería de fuerza. Está diseñada para actuar como una reserva de agua para mantener la presión de caída en la tubería forzada y requiere una entrada continua de agua del canal para mantener su nivel máximo.

Normalmente, se instala una gran rejilla coladera que cubre la zona de entrada de agua a la tubería forzada para impedir la entrada de detritus en la misma. Es esencial una limpieza frecuente de la rejilla coladera de la cámara de carga, ya que un caudal reducido de agua debido a una rejilla obstruida puede conducir a presiones reducidas en la tubería de presión.

La cámara de carga actúa como un último desarenador y su diseño debe contar con una válvula de purga en la compuerta de salida, para poder sacar y eliminar todos los sedimentos de la base de la misma. La mayoría de ellas cuenta también con un vertedero para desviar el exceso de agua.

En algunos diseños de cámara de carga, se ha instalado una válvula de purga de aire en el punto en que la tubería forzada se une con la cámara de presión. El propósito de esta válvula es eliminar el aire de la tubería forzada durante su puesta en funcionamiento y como precaución contra la formación de un posible vacío si, por alguna razón, la entrada de la tubería forzada se bloquea.

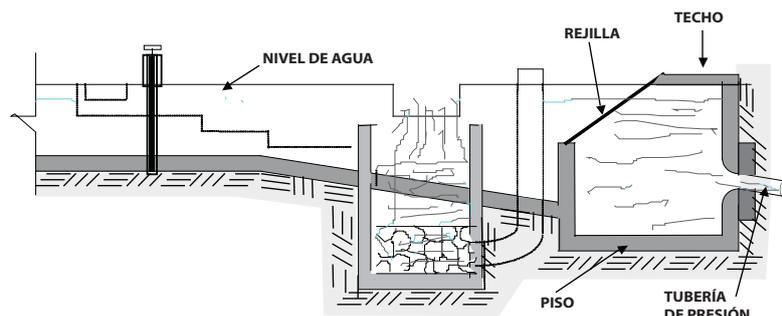
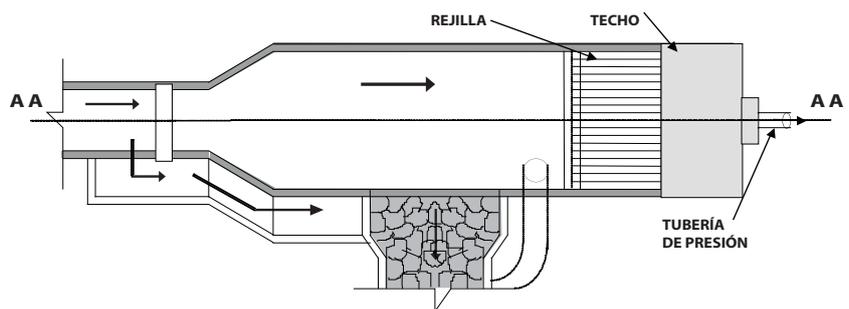


- **Tapón:** Es el accesorio de maniobra que facilita la limpieza del tanque sedimentador, cumpliendo la función de compuerta, por lo que también permite controlar el ingreso de agua.
- **Rejilla:** Evita que los sólidos flotantes ingresen a la tubería de presión, ya que pueden afectar el funcionamiento de las máquinas. Situadas en varios puntos a lo largo del canal se encuentran una serie de rejillas coladeras que impiden que caigan a los mismos restos de vegetación y grandes piedras.

Las rejillas coladeras están hechas de barras de metal paralelas espaciadas de modo uniforme y se colocan normalmente en posición inclinada. De esta manera será más fácil recoger las hojas y detritus de la misma.

FUNCIÓN: Conducir agua tranquila, excepto de materiales en suspensión del tanque de sedimentación del desarenador hacia la tubería de presión.

PARTES: Cámara, compuerta, rejilla.



CORTE A - A

FIGURA 6: VISTA DE PLANTA Y LATERAL DE UNA CÁMARA DE CARGA

Dependiendo del emplazamiento, las rejillas coladeras deberán limpiarse regularmente, y en algunos casos será necesario desmontarlas para limpiarlas apropiadamente. Recientemente se han introducido en el mercado rejillas coladeras de plástico duro. Además de su poco peso, que facilita el proceso de poner y quitar la rejilla, las barras pueden fabricarse con perfiles aerodinámicos para reducir turbulencias y minimizar las pérdidas de carga.



Las laderas poco firmes de las colinas cercanas al canal pueden identificarse por la cantidad de detritus y barro seco que se recoge en su base. La carencia de vegetación puede ser, a veces, también un signo evidente. Las laderas afectadas con dichos síntomas necesitarán estabilizarse, plantando hierba y arbustos, pero en los casos en los que la pendiente es muy pronunciada y el daño muy grave.

Se necesitará llevar a cabo una estabilización más permanente, construyendo terrazas de contención. Cuando la construcción de terrazas no se puede llevar a cabo con rapidez, una solución que podría ser relativamente barata es la cobertura del canal en la zona afectada, o la toma de precauciones contra las laderas poco firmes.

Tubería de presión

FUNCIÓN: Conducir el agua a presión de la cámara de carga a la turbina. El propósito de la tubería forzada es transferir el agua a presión desde la cámara de carga a las turbinas.

MATERIALES: Las tuberías de presión son fabricadas para soportar altas presiones, pueden ser de acero, PVC, polietileno de alta densidad, asbesto, cemento, etc.

PARTES: Dependiendo del material de la tubería, éstas contarán con apoyos, anclajes, juntas de dilatación, tubo de aireación, cono de aducción y otros accesorios. En el caso de tuberías de acero, éstas se cubren normalmente con una capa anticorrosiva y necesitará volver a pintarse cada cierto tiempo.

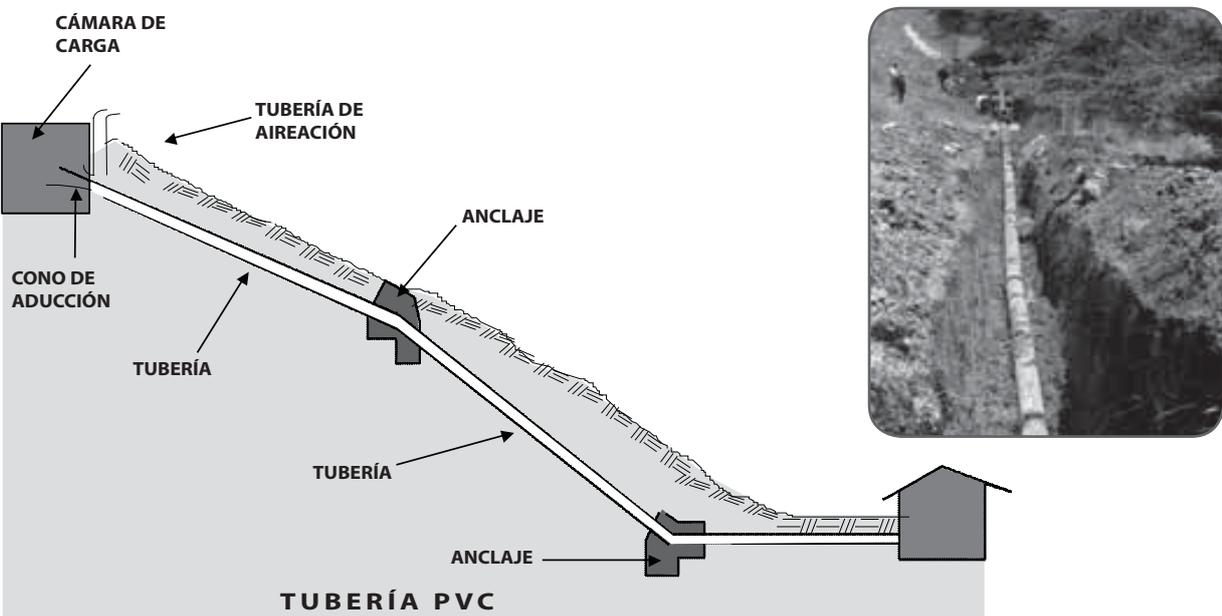


FIGURA 7: TUBERIA DE PRESION DE PVC

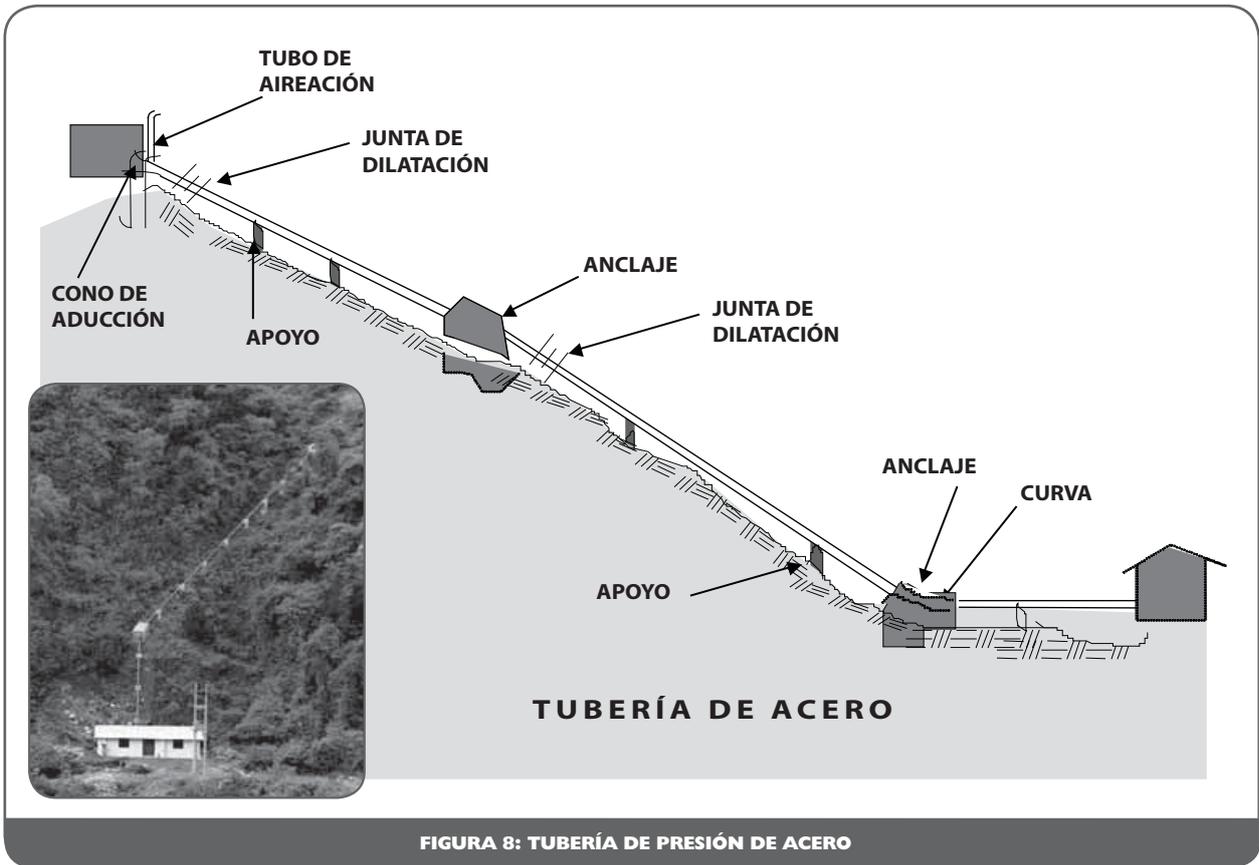


FIGURA 8: TUBERÍA DE PRESIÓN DE ACERO

Otros accesorios:

- **Junta de dilatación.** Son accesorios que conecta dos tubos de acero, dejando un espacio + ó - de 1" para absorber variaciones longitudinales, debido a la variación de la temperatura.
- **Soportes o apoyos.** Sirven fundamentalmente como apoyo de la tubería de presión cuando ésta es de acero. Cuando la tubería es de PVC no se utilizan apoyos, ya que va enterrada.

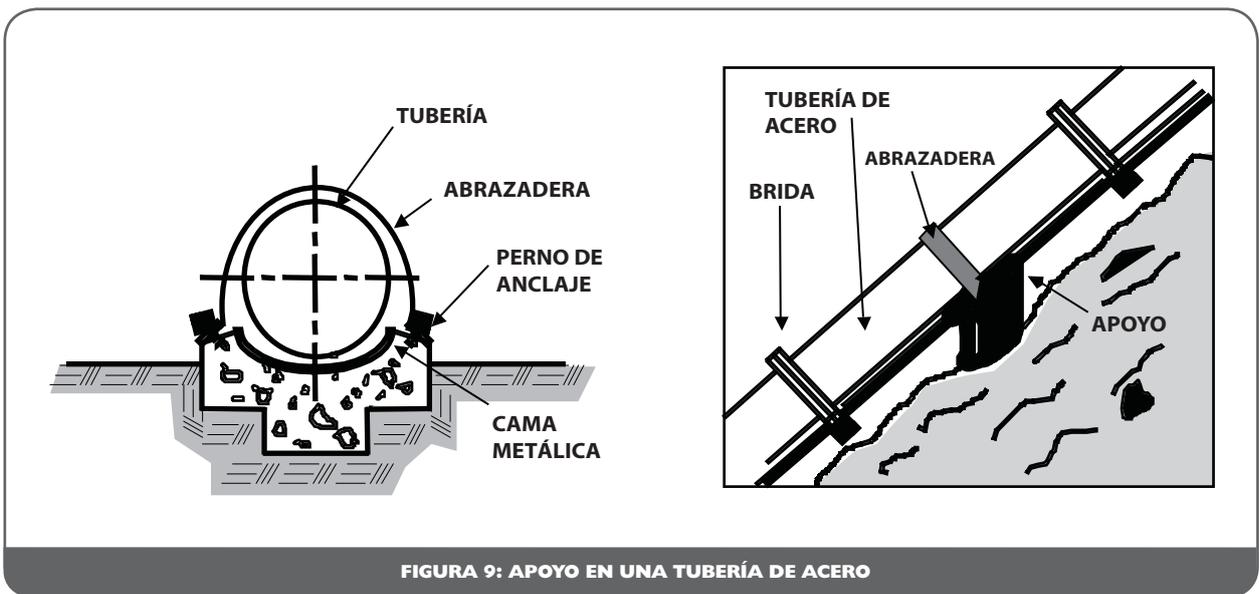


FIGURA 9: APOYO EN UNA TUBERÍA DE ACERO

- **Acoplamiento.** Los tramos de tubería son unidos mediante soldadura o bridas cuando la tubería es de acero. Cuando la tubería es de PVC el acoplamiento es rígido utilizándose pegamento o a través de una unión flexible.

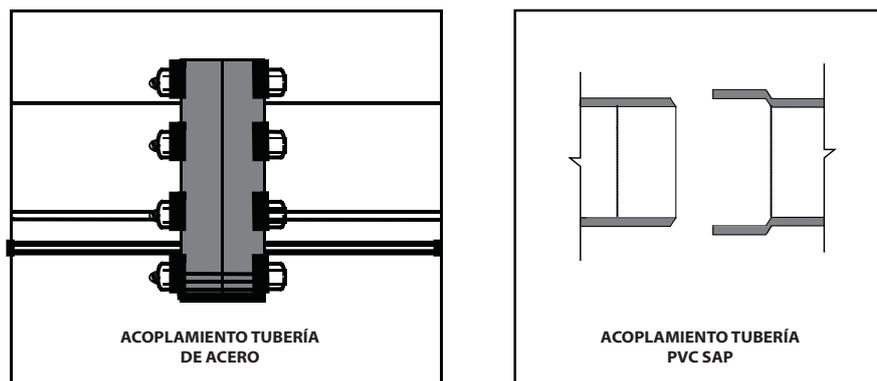


FIGURA 10: ACOPLAMIENTOS EN TUBERÍAS DE ACERO Y PVC

- **Anclajes.** Los anclajes se colocan para soportar los esfuerzos generados por los cambios de dirección en el perfil de la tubería de presión, generalmente se hacen de hormigón en masa, reforzado con fierro de construcción.

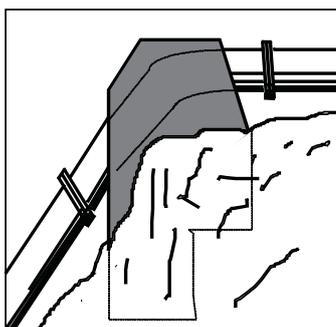


FIGURA 11: ANCLAJE DE TUBERÍA

Casa de fuerza o de máquinas

FUNCIÓN: Proteger, ubicar y cimentar adecuadamente al equipo electromecánico. Guardar herramientas, repuestos, equipos propios de la PCH.

- Proteger el acoplamiento de la tubería de presión con el tubo distribuidor de la turbina.
- Facilitar el trabajo y estadía del operador.
- Cimentar el inicio del canal de descarga.



Canal de descarga

Las turbinas de impulsión (p.e. Pelton) cuentan normalmente con velocidades de salida relativamente altas, así que el canal está diseñado para asegurar que los cimientos de la central no se vean minados por la acción de la erosión del agua. La base del canal de salida al río es normalmente de cemento para impedir que ocurra dicha erosión.

Con las turbinas de reacción (p.e. Francis) el nivel de agua en el canal de descarga influye en el funcionamiento de la turbina, por lo que el diseño de dicho canal deberá tener esto en consideración para evitar el principio de cavitación.

Después de pasar por la turbina, el agua retorna al río a través de un corto canal llamado "canal de descarga".

FUNCIÓN: Retornar al río el agua que pasa por la turbina.



Consideraciones antes, durante y después de la operación del sistema

OBJETIVO:

CONOCER LAS PRECAUCIONES PARA UN ADECUADO FUNCIONAMIENTO

ANTES DE LA OPERACIÓN: LAS PRECAUCIONES QUE SE DEBEN TENER ANTES DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA SON:

- 1 Coordinar con los responsables y encargados de la PCH las operaciones que se van a realizar. Esta comunicación puede ser vía teléfono, radio u otro medio desde la casa de máquinas.



- 2 Asegurar que el suministro de agua desde la bocatoma hasta la cámara de carga esté disponible.



- 3 Verificar que la tubería de presión, la rejilla y las compuertas de la cámara de carga no estén obstruidas/tapadas.



- 4 Revisar que la válvula de admisión principal situada entre la tubería de presión y la turbina está cerrada.



- 5 Verificar el nivel del agua mediante el manómetro de presión en la casa de fuerza o máquinas. Igualmente revisar que la tubería de presión esté llena y no presente fugas.



- 6 Las llaves que conectan al tablero del generador están en posición abiertos (desconectados).

- 7 El canal de descarga esté libre de toda obstrucción.

- 8 Asegurarse que todo el equipo así como los instrumentos de control y protección estén en perfecto orden de trabajo, listo para usarse.

- 9 En casos de duda, consultar con su manual.

DURANTE LA OPERACIÓN: LAS PRECAUCIONES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DURANTE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA SON:

1 El agua no debe bajar de nivel, por lo tanto observar el manómetro instalado en la tubería de presión. Limpiar la rejilla de ingreso a la cámara de carga.

2 Observar que no existan fugas de agua por los diferentes componentes.

3 Maniobrar la válvula solo cuando sea necesario



ASEGURANDO LA CONDUCCIÓN DE AGUA SE GARANTIZA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

DESPUÉS DE LA OPERACIÓN

1 Revisar que la válvula esté completamente cerrada.

2 Cerrar la compuerta de la cámara de carga



Mantenimiento de obras civiles

Objetivo: Conocer y realizar las acciones de mantenimiento de las obras civiles e hidráulicas para un permanente funcionamiento del sistema.

Partes de acero

Si hay partes de acero expuestas al aire, se deberían proteger con galvanización, pintura, grasa u otro método apropiado. Todo signo de oxidación debe eliminarse para continuación, proteger el área inmediatamente.

Albañilería

Los bordes de piedra del canal deben repararse en las secciones donde ocurran daños. Se debe determinar la causa del daño y hacer las correcciones antes de reemplazar o reparar con cemento las grietas en la albañilería. Las paredes se deberán inspeccionar y reparar con cemento siempre que sea necesario.

Gaviones

Las cestas de los gaviones se deben inspeccionar periódicamente, especialmente después de una inundación, para determinar si han ocurrido daños o corrosión en el metal. Todo daño debe repararse y se deben reemplazar todas las partes metálicas dañadas.

También se debe comprobar si ha habido alguna disrupción en los gaviones o si hay evidencia de que los materiales bajo los gaviones están siendo arrastrados, para estar seguro de que los gaviones están proporcionando la protección requerida al suelo.

Túneles

Antes de entrar en un túnel, se debe prestar especial atención a los siguientes aspectos de seguridad:

- Establecer la presencia de gases tóxicos o falta de oxígeno. Comprobar que hay una ventilación adecuada.
- Establecer un sistema de señales y procedimientos. Contar con un grupo de apoyo en la superficie, con transporte si es posible.
- Asegurarse de que el flujo de agua en el túnel no se restablecerá hasta que todo el personal, equipo y materiales estén fuera del túnel.

Deben llevarse a cabo inspecciones de rutina en los túneles, la primera inspección deberá llevarse a cabo seis meses después del comienzo de las operaciones. Las inspecciones posteriores deberán llevarse a cabo anualmente, aunque la frecuencia de las mismas se puede aumentar o reducir de acuerdo a la experiencia.

Durante cada inspección rutinaria, se debe extraer todas las piedras sueltas y el sedimento del túnel. Se deberá evaluar la condición de los apoyos a lo largo de todo el túnel para determinar si los soportes anteriormente instalados aguantan de manera satisfactoria y si se necesita un apoyo adicional.

Áreas alrededor de las estructuras de la central

Las áreas alrededor de la planta y a lo largo del sistema de conducción que no estén pavimentadas con cemento o con un acabado similar deben estar cubiertas de vegetación.

Cualquier árbol o vegetación de gran tamaño que se encuentre cerca de las estructuras y que les pueda causar daños debe retirarse lo antes posible. Se debe impulsar el crecimiento de hierba y otra vegetación baja debido a su efecto estabilizador sobre las pendientes de tierra.

Se deben eliminar todas las obstrucciones en los drenajes de las cercanías de los perímetros de la excavación para interceptar desprendimientos y evitar la erosión y, si es necesario, se deben rehacer los drenajes.

Áreas pintadas

La pintura puede verse dañada en puntos localizados debido a daños mecánicos menores o una pequeña falla localizada en el momento de aplicar la pintura. En cada caso, se debe secar el área afectada, se debe eliminar la suciedad (o humedad) y se debe eliminar el posible óxido de la superficie justo antes de volver a pintarla con el mismo sistema de pintura utilizado inicialmente.

Si el sistema de pintura se deteriora de manera general en un tiempo de uso reducido, es necesario establecer si la raíz del problema está en la especificación inadecuada del sistema de pintura para este propósito determinado o si el problema está en la aplicación de la pintura.

Toma de agua

Se sugiere una inspección anual de la presa del río y de la estructura de la bocatoma. De manera similar, éstas se deben inspeccionar después de cualquier inundación, especialmente el cauce del río y los trabajos de protección del banco del río.

Se deben llevar cabo controles periódicos en busca de fugas a través o por debajo de la presa o alrededor de los refuerzos. La proporción de flujo deberá medirse para poder observar cualquier incremento y proceder con inspecciones más detalladas o tomar las medidas necesarias. Estas medidas pueden consistir en la eliminación de la fuente de agua, bloqueando la fuga con cemento, un empaque impermeable u otro material apropiado, o la instalación de filtros de grava o arena reversible, o una malla de filtro.

Debe comprobarse el libre movimiento de todos los mecanismos de operación o válvula y todas las piezas móviles deben lubricarse con grasa. Todo daño a la pintura debe repararse con un recubrimiento bitumástico o con otra pintura resistente al agua.

Sistema de conducción de agua

Todo el sistema de conducción (desarenador, canal de conducción y tubería de presión) debe inspeccionarse anualmente.

- **Desarenador.** La arena que se asienta en el fondo del desarenador se limpia abriendo la válvula de limpieza, la válvula debe abrirse intermitentemente o de manera continua durante la época de lluvias. Si un conducto de limpieza está obstruido, se deben quitar sus tapas para que se pueda limpiar. Se deben comprobar las condiciones de las estructuras de cemento, además de las válvulas de limpieza y las compuertas.
- **Canal de conducción.** Se deberá vigilar el canal de conducción para ver si hay fugas o bloqueos y para observar su estabilidad. Retirar todo material que haya caído a la plataforma adyacente al canal descubierto para mantener limpia una banda de tierra adyacente al canal que podría detener materiales que en el futuro puedan quedar sueltos. Esto ayudará a evitar que los materiales caigan en el canal.

Las obstrucciones parciales o totales del canal de conducción, causadas por materiales que hayan caído o por el crecimiento de la vegetación, deberán eliminarse. Se debe mantener la vegetación en las pendientes.

El cemento deberá repararse con retoques de argamasa o cemento, y si es necesario, las uniones en los trabajos de albañilería deben también repararse con argamasa.

Las estructuras, tales como acueductos, sifones invertidos o paredes de retención, así como la típica sección del canal de conducción, se deben vigilar para comprobar si hay indicaciones de inestabilidad o asentamiento de materiales.

El canal de conducción debe drenarse anualmente para inspeccionarlo y limpiarlo totalmente. Este drenaje se puede llevar a cabo cerrando el flujo en la toma de agua y dejando que el agua se descargue a través de la turbina bajo condiciones sin carga.

- **Cámara de carga.** La arena y lodo que se acumulan en la cámara de carga se deben limpiar periódicamente por medio de la válvula de limpieza. Una

sedimentación severa puede exigir el vaciado de la cámara de carga para su limpieza. La cámara de carga se puede vaciar cerrando el flujo de agua canal arriba y abriendo la válvula de limpieza.

Las rejillas de protección de la entrada de la tubería de presión deben limpiarse regularmente de manera que nunca esté obstruida más del 25% de su área. La frecuencia de limpieza puede variar durante el periodo de un año.

Las barras de las rejillas se deben revisar periódicamente para observar la presencia de deterioros o corrosión. Se debe comprobar el libre funcionamiento de las válvulas y se deben comprobar sus asientos quitando la tapa superior. Todas las partes móviles se deben engrasar.

Se deben llevar a cabo comprobaciones periódicas de la estabilidad de la cámara de carga para ver si hay fugas.

- **Tubería de presión².** Es necesario llevar a cabo inspecciones rutinarias de la tubería de presión para comprobar la condición de la pintura, ver si hay fugas en las conexiones o uniones de expansión y comprobar las condiciones de cojinetes, articulaciones y conexiones, los sellos de alrededor de la tubería en los bloques de anclaje y los apoyos de cemento, incluyendo la integridad de sus cimientos. Estas inspecciones se deben llevar a cabo cada tres meses y también se deben inspeccionar los cimientos antes y después de lluvias copiosas. Toda erosión de los cimientos debe corregirse inmediatamente.

Se debe insistir lo más posible en la importancia del mantenimiento de los drenajes para el control del drenaje de superficie y la prevención de erosión, especialmente si las estructuras no se han unido con cemento a la roca.

La vegetación alta debe eliminarse en un borde de 10 m a cada lado de la tubería de presión para reducir el riesgo de incendio. Se debe impulsar el crecimiento de hierba y otra vegetación baja ya que ayuda a estabilizar la superficie.

De manera similar, se debe inspeccionar el interior de la tubería de presión anualmente para ver si hay indicaciones de corrosión, erosión, pintura interior dañada, deterioros o depósitos en las paredes que podría dar lugar a un aumento de las pérdidas por fricción, y depósitos materiales en la tubería.

Si los desgastes de la tubería debidos a erosión se convierten en un problema, se deben considerar medidas adicionales en la bocatoma o desarenador para reducir la carga de sedimentos.

En caso de ser necesario el acceso al interior de la tubería de presión, antes de proceder a cualquier acción se deben tomar las siguientes precauciones para asegurar un acceso seguro:

- Comprobar que se ha vaciado el agua de la tubería y que el flujo de agua no puede restablecer hasta que haya salido todo el personal, equipo y material.
- La tubería debe ventilarse abriendo las compuertas de inspección que se encuentran anterior y posteriormente a la sección a la que se entra.
- Proporcionar un medio seguro de entrada/salida al interior de la tubería.
- Establecer un sistema de señales y procedimientos con un grupo de apoyo en el exterior de la tubería.

2 Las acciones de mantenimiento están basadas para una tubería de acero, en caso de tuberías de PVC u otras, se deberá considerar sólo las acciones pertinentes.

Casa de máquinas

La estructura de la casa de máquinas debe comprobarse de acuerdo con la descripción de las secciones relevantes anteriores. También debe inspeccionarse el canal de descarga.

Plan de mantenimiento

A continuación, se muestra un cuadro de acciones de mantenimiento periódicos recomendados para las obras civiles en pequeñas centrales hidráulicas.

CUADRO DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO PARA OBRAS CIVILES EN PCH		
ACCIONES	PERIODICIDAD	
	ESTIAJE	LLUVIAS
BOCATOMA 1. Limpieza de la bocatoma 2. Engrase de compuertas 3. Control de funcionamiento de las compuertas 4. Inspección de la bocatoma 5. Pintado de compuertas con pintura anticorrosiva	Cada tres meses Cada seis meses Cada día Cada 3 meses Anualmente	Semanal, quincenal Cada mes Cada día Semanalmente Anualmente
DESARENADOR 1. Purga del desarenador 2. Engrase de compuertas 3. Control de funcionamiento de las compuertas 4. Limpieza total del desarenador 5. Pintado de compuertas con pintura anticorrosiva 6. Inspección de la estructura del desarenador	Cada dos meses Cada seis meses Durante la purga Cada dos meses Anualmente Anualmente	Cada semana o cada quince días Cada dos meses Durante la purga Cada quince días Anualmente Anualmente
CANAL 1. Vigilar el canal eliminando obstrucciones si las hay 2. Limpieza total del canal incluyendo talud 3. Reparación del canal 4. Inspección de todo el canal especialmente en la zona de derrumbes.	Diariamente Cada seis meses Según estado Anualmente	Diariamente Cada seis meses Según estado Anualmente
CÁMARA DE CARGA 1. Limpieza de la rejilla, eliminando hojas, ramas, sólidos flotantes 2. Purgar la cámara de carga 3. Limpieza de la cámara de carga 4. Engrase de compuertas 5. Control de funcionamiento de las compuertas 6. Pintado de compuertas con pintura anticorrosiva 7. Inspección de la estructura del desarenador	Diariamente en el día Cada tres meses Cada tres meses Cada seis meses Durante la purga Anualmente Anualmente	Diariamente en el día Cada dos meses Cada dos meses Cada seis meses Durante la purga Anualmente Anualmente
TUBERÍA DE PRESIÓN Acero 1. Inspecciones para determinar si hay fugas en las conexiones o uniones de expansión, los sellos de alrededor de la tubería en los bloques de anclaje, los apoyos de cemento, incluyendo la integridad de los cimientos. 2. Inspección de estado de la pintura. 3. Cambio de empaquetadoras. 4. Pintado general de la tubería de acero. 5. Inspección de aparejos y anclajes para constatar que la tubería esté totalmente aparejada y anclada. 6. Drenaje de agua de lluvia en recorrido de tubería	Cada tres meses / anual Según estado operativo Según estado Si es zona de suelos poco estables (anual) Si es que hay deslizamientos Semestralmente	Cada mes / anual Según estado operativo Según estado Semestralmente Si es que hay deslizamientos Cada 3 meses
CANAL DE DESCARGA 1. Inspección del canal de descarga		

Plan de seguridad

A continuación, se muestra un cuadro de actividades, procedimientos y periodicidad con la que deben realizarse las acciones de seguridad en el mantenimiento de las obras civiles en pequeñas centrales hidráulicas.

OBJETIVO: IDENTIFICAR Y CONOCER LAS ACTIVIDADES DE SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

TIPO DE ACTIVIDADES	PROCEDIMIENTO	PERIODICIDAD
RUTINARIAS		
1.- Charla informativa sobre uso de implementos de protección.	<ul style="list-style-type: none"> Revisión periódica del uso y estado de los implementos personales de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> Diariamente / Cada 3 meses
2.- Evaluación de los procedimientos en las tareas de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> Observación de los procedimientos de mantenimiento que realizan los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> Diariamente Al iniciar un turno de trabajo
3.- Charla sobre el uso adecuado de herramientas y materiales de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de las herramientas que están en buen y mal estado. 	<ul style="list-style-type: none"> Diariamente Al realizar tareas de mantenimiento
4.- Reunión del equipo sobre identificación de señales de riesgo.	<ul style="list-style-type: none"> Limpiar, pintar señales de riesgo para mejorar su identificación. 	<ul style="list-style-type: none"> Semestralmente
PLANEADAS		
1.- Charlas de capacitación sobre beneficios y riesgos en el uso de implementos de protección personal.	<ul style="list-style-type: none"> El equipo identifica las ventajas y peligros que trae el no usar los implementos de protección personal Se realizan prácticas dirigidas. 	<ul style="list-style-type: none"> Semestralmente Trimestralmente
2.- Cursos de capacitación en el manejo y mantenimiento de equipos.	<ul style="list-style-type: none"> Los operadores identifican el tipo de equipos necesarios para el mantenimiento de las obras civiles. Identifican su utilidad y sus principios de funcionalidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Anualmente
3.- Charlas de capacitación en prevención de accidentes en el mantenimiento de bocatomas, canales, desarenadores, cámara de carga.	<ul style="list-style-type: none"> Se identifican los accidentes más comunes y los riesgos cuando se realizan labores de mantenimiento en cada una de las partes de las obras civiles Los operadores realizan casos prácticos 	<ul style="list-style-type: none"> Semestralmente
4.- Charlas de capacitación en primeros auxilios.	<ul style="list-style-type: none"> En casos de suceder un accidente, conocer 	<ul style="list-style-type: none"> Trimestralmente Anualmente

Normas de seguridad en el mantenimiento de las obras civiles

OBJETIVO: CONOCER Y APLICAR LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

Seguridad personal

- No improvise, siempre siga las instrucciones.
- Registre e informe de cualquier condición peligrosa.
- Colabore para mantener limpio y ordenado el área de trabajo.
- Use solamente herramientas y equipos correctos.
- Haga que lo atiendan en caso de una lesión personal, no importa lo pequeña que sea.
- No camine bromeando o distraendo a otros compañeros.
- Lleve puesto todo el equipo de protección y la ropa de trabajo.
- No arranque equipamiento o maquinaria si no hay disposición.
- Obedezca todas las normas y señales de seguridad.
- No deje materiales o herramientas en el suelo.
- No permita el ingreso de menores de edad.
- Procure que la cámara de carga y desarenador tengan un cerco de protección contra el ingreso de animales y personas no autorizadas.

Normas de seguridad en el empleo de herramientas

- Use la llave del tamaño adecuado para el trabajo.
- Compruebe que cada lima tenga mango.
- Los cinceles y punzones con rebabas deben esmerilarse.
- Mantenga las cabezas de los martillos y combas bien fijadas a sus mangos.
- Cambie los mangos que estén partidos.
- Mantenga los bordes de herramientas cortantes afilados.
- Mantenga las herramientas en cajas o estantes cuando no se usen.
- Proteja los bordes afilados de las herramientas cuando estén almacenados o se transporten.
- Deseche las herramientas que están gastadas o dañadas sin posibilidad de reparación.
- Use siempre la herramienta correcta para el trabajo.

SE RECOMIENDA REALIZAR CHARLAS SEMESTRALES DE REFORZAMIENTO EN TEMAS DE SEGURIDAD

Equipo, materiales y herramientas requeridas para el mantenimiento

OBJETIVO: RECONOCER LOS EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES QUE SE REQUIEREN PARA UN ADECUADO MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS CIVILES.

Equipos, herramientas y materiales

• Zapapicos	• Botas de jebe
• Palanas: derecha y de cuchara	• Poncho de plástico
• Cinceles y punzones	• Badilejo
• Martillo y comba	• Alicata mecánica
• Rastrillos	• Alicata de presión
• Escobillas de acero	• Juego de desarmadores planos y estrella
• Lijas: fierro, agua	• Juego de limas, triangular, media luna, plana y redonda
• Graseras	
• Carretillas	
• Depósitos de metal para trapos con grasa y aceite	• Juego de llaves Allen
• Barreta	• Tijera de cortar lata
• Engrasadora manual	• Stilson de 10"
• Brocha	• Llave francesa de 6' y 12"
• Plancha de batir	• Llaves mixtas 30,34, 36 y 40 mm
• Latas	• Juego de llaves mixtas de 8 a 30 mm
• Guantes	• Fusibles
• Casco	• Fajas

Tema

2: Equipo

Electromecánico

CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES

- Introducción
- Objetivo del Módulo de Equipo Electromecánico
- Dirigido a
- Tiempo de Dictado

2. EQUIPO ELECTROMECAÁNICO:

DESCRIPCIÓN Y FUNCIONES

Componentes del equipo electromecánico

- Válvula principal
- Turbinas hidráulicas
- Sistema de transmisión
- Regulador
- Generador eléctrico
- Tablero de control
- Transformadores

Condiciones de funcionamiento

Secuencia de operaciones de los equipos

- Verificaciones antes del arranque del equipo
- Secuencia del arranque
- Recomendaciones y criterios Para un buen funcionamiento
- Puesta en paralelo

Mantenimiento preventivo y correctivo

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

Programa de mantenimiento – equipo electromecánico

Herramientas y/o equipo de mantenimiento

Plan de seguridad

Acciones de seguridad

ASPECTOS GENERALES

Introducción

El presente Módulo de Capacitación esta dirigido a operadores de pequeñas centrales hidráulicas (PCH) y debe ser aplicado por personas con experiencia en el tema y en el entrenamiento a personal técnico. Las personas encargadas de la capacitación deberán revisar previamente la Guía de Capacitación a Operadores a fin de tomar en cuenta la metodología de aplicación del Módulo, así como las recomendaciones y sugerencias.

Al igual que el resto de módulos, ha sido diseñado como una herramienta que facilite el aprendizaje. Se espera que luego de la capacitación, el presente módulo sirva también como una guía para orientar la labor diaria del operador, así como la del personal técnico auxiliar³.

Objetivo del módulo de equipo electromecánico

Conocer los elementos y función de cada uno de los componentes del equipo electromecánico de una pequeña central hidráulica (PCH), así como las acciones de mantenimiento.

Dirigido a

Principalmente a operadores de pch, sin embargo es posible su aplicación a técnicos, administradores y personal de apoyo, para lo cual el responsable de la capacitación tendrá que realizar las adaptaciones y/o modificaciones necesarias.

se busca que los operadores desarrollen nuevas habilidades y destrezas que les permita realizar labores de operación y mantenimiento preventivo de los componentes del equipo electromecánico; así como reforzar la visión integral de una PCH.

Tiempo de dictado

30 minutos

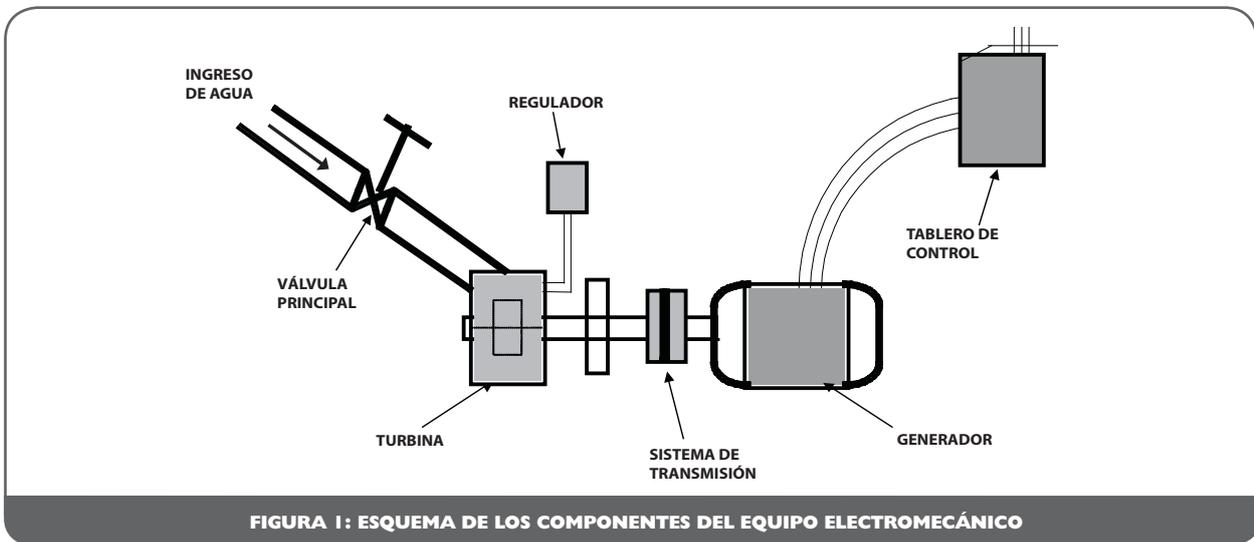
3 Los administradores y personal a nivel gerencial también deberían tener un conocimiento de los diversos componentes a fin de involucrarlos en el funcionamiento del sistema y para la acertada toma de las decisiones.

EQUIPO ELECTROMECAÁNICO: DESCRIPCIÓN Y FUNCIONES

El equipo electromecánico lo constituyen todos los equipos que se encuentran dentro de la casa de máquinas, los mismos que son parte del proceso de transformación de la energía cinética del agua en energía eléctrica.

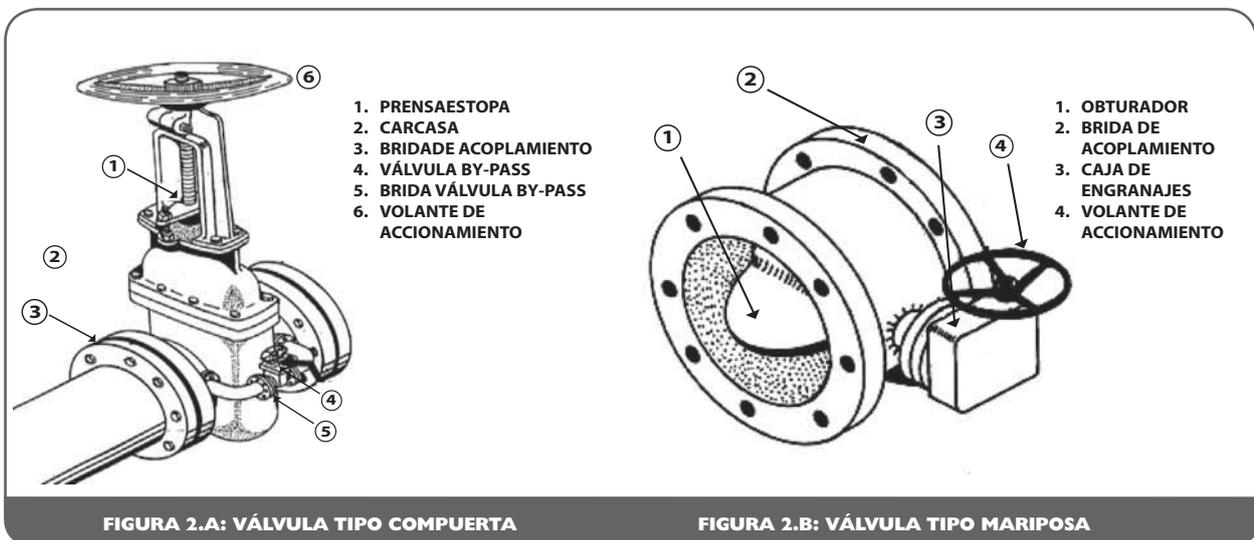
Componentes del equipo electromecánico

En general los componentes del equipo electromecánico son: válvula de ingreso, turbina, generador, sistema de transmisión, regulador y tablero de control. La figura 1 muestra un esquema de los componentes.



Válvula principal

Es un mecanismo de obturación que controla el paso de agua hacia la turbina. La válvula principal debe trabajar siempre completamente abierta o cerrada y por lo general es del tipo compuerta o de mariposa.



Turbinas hidráulicas

Son máquinas que transforman la energía cinética del agua en energía mecánica de rotación. Estas turbinas utilizan el agua que está a una altura superior, a esta altura le llamamos caída o salto (ver figura 3).

Los componentes principales de la turbina son:

- Carcaza: estructura de soporte principal de la turbina.
- Rodete: es el elemento intercambiador de energía.
- Eje: elemento sobre el cual está montado el rodete.
- Cojinetes o rodamientos: es el elemento de apoyo del eje que permite la libre rotación del rodete.
- Volante: mantiene el momento inercial del conjunto turbina-alternador.
- Mecanismo de regulación de caudal: Elemento que permite regular el caudal de agua hacia el rodete (rueda) para mantener una velocidad constante del grupo para cualquier variación de carga.

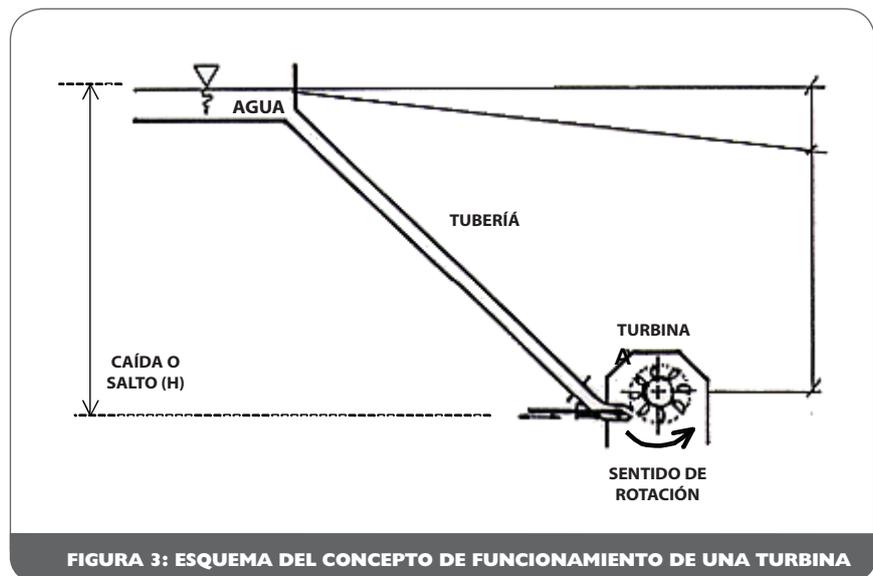


FIGURA 3: ESQUEMA DEL CONCEPTO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA TURBINA

Existen muchos tipos de turbinas pero las más utilizadas y/o conocidas son: Pelton, Michell Banki, Francis, Turgo y Kaplan⁴.

4 Actualmente se está utilizando bastante las bombas centrífugas, las turbinas tipo hélice en sus diversas variantes.

Turbina Pelton

Es el tipo de turbina más popular, siendo su componente principal la rueda o rodete Pelton. Su aplicación está dada para grandes saltos o caídas y caudales pequeños, aunque es posible su aplicación con caudales medianos cuando se fabrican con más de 1 chorro.

Es una turbina de acción que transforma la energía cinética del agua en energía mecánica. El agua proveniente de la tubería de presión, se hace ingresar a un inyector o tobera, transformando la presión del agua de la tubería en energía cinética. El agua sale del inyector en forma de chorro a alta velocidad⁵ golpeando las cucharas o cangilones de la rueda Pelton haciéndola girar, de esta forma transmite toda la energía cinética (o casi toda) en energía mecánica rotatoria.

El agua, después de golpear las cucharas, pasa al depósito de descarga, por debajo de la rueda, para terminar en el canal de descarga.

Cuando un sistema cuenta con suficiente volumen de agua, es decir que no se hace necesario controlar el caudal y por tanto la turbina Pelton estaría funcionando continuamente y a plena carga, se puede utilizar un inyector sencillo, prácticamente una tobera.

Sin embargo, en muchos sistemas no siempre se cuenta con suficiente volumen de agua o no queremos que trabaje a plena carga en una máquina en particular, por tanto debemos encontrar un modo conveniente de conseguir el mejor chorro que podamos y aquí es donde entra en juego el inyector y la aguja (ver figura 4.b).

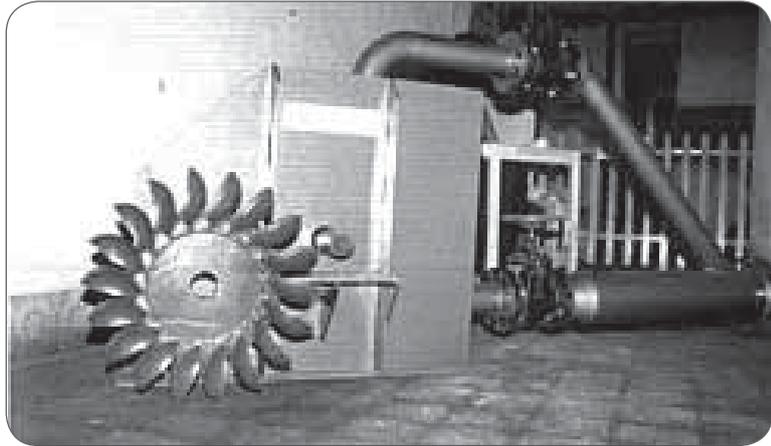


FIGURA 4.A: RUEDA O RODETE PELTON

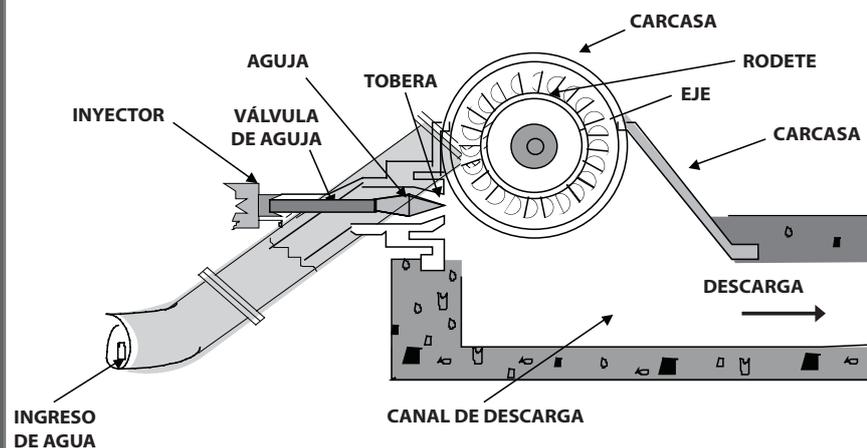


FIGURA 4.B: ESQUEMA GENERAL DE UNA TURBINA PELTON

5 La velocidad del chorro sólo depende de la altura o caída (H)

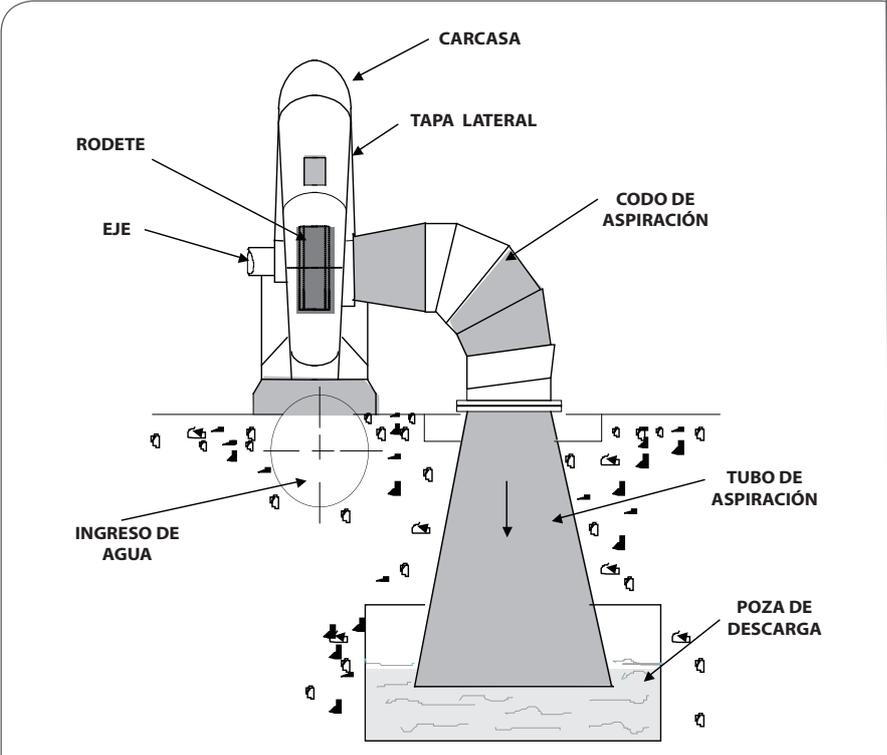


FIGURA 5.A: ELEMENTOS DE UNA TURBINA FRANCIS

Turbina Francis

Su aplicación es para pequeñas y medianas alturas y caudales medianos. Es una turbina de reacción, cuya altura de trabajo está entre el nivel del agua en la cámara de carga y el canal de descarga. Los elementos de una turbina Francis se muestran en la figura 5.

El caudal al interior de la turbina se controla por medio de una serie de aletas guidoras móviles colocadas entre la cámara espiral y el extremo exterior de la rueda. Cuando están totalmente abiertas, como se indica en la letra A de la figura 5.b dejan pasar la mayor cantidad de agua; en la posición B, están casi cerradas.

Finalmente, en el centro, tenemos la rueda, que convierte la energía del agua que pasa por las aletas guidoras en energía mecánica. El agua se elimina por el centro de la rueda y pasa a una tubería por debajo del nivel del canal de descarga.

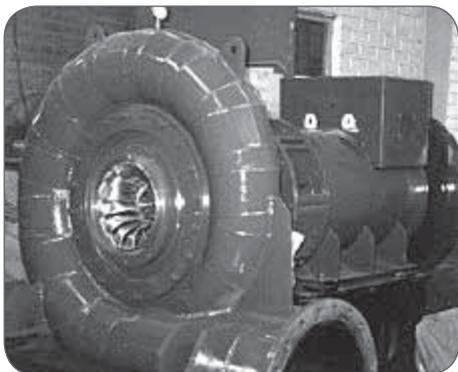
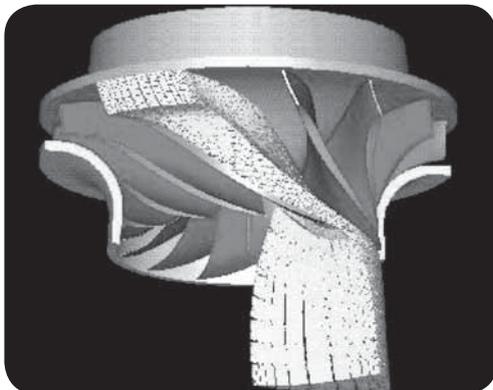


FIGURA 5.B: ALABES O ALETAS GUIADORAS EN LA CAMARA ESPIRAL



TORRO
Flow simulation through Francis runner

FIGURA 5.C: RODETE DE TURBINA FRANCIS Y FLUJO DEL AGUA

Turbina Michel Banki

También llamada turbina de flujo cruzado. De relativo bajo costo y fácil fabricación. Son muy utilizadas en micro y minicentrales hidroeléctrica

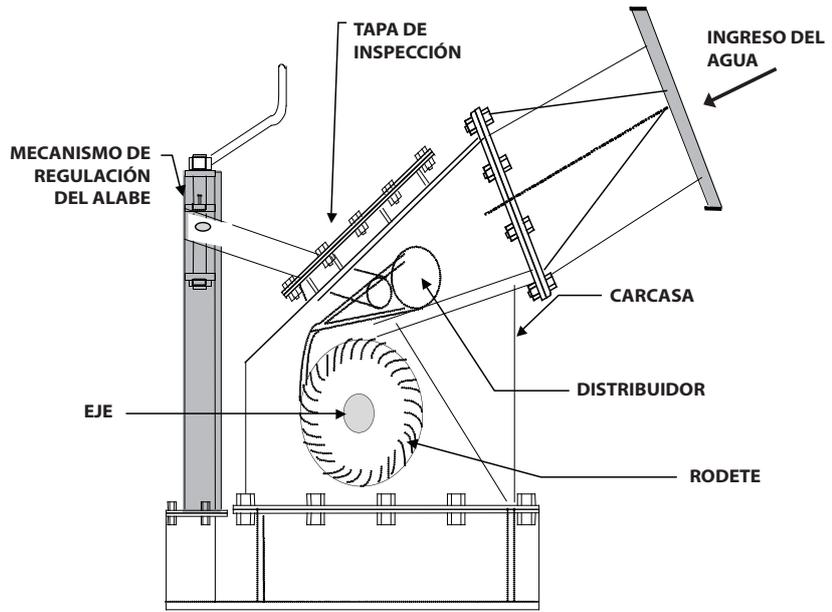


FIGURA 6.A: ESQUEMA GENERAL DE UNA TURBINA MICHEL BANKI

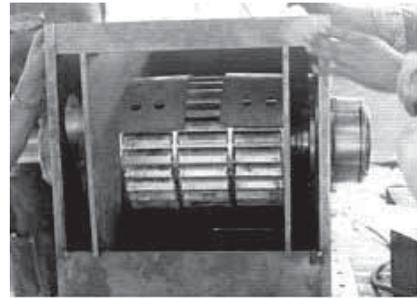


FIGURA 6.B: RODETE DE TURBINA MICHEL BANKI

Turbina Turgo

Es una turbina parecida a la Pelton, la forma de las cucharas se asemeja a la mitad de una cuchara Pelton. Una característica principal es que el chorro ingresa lateralmente.

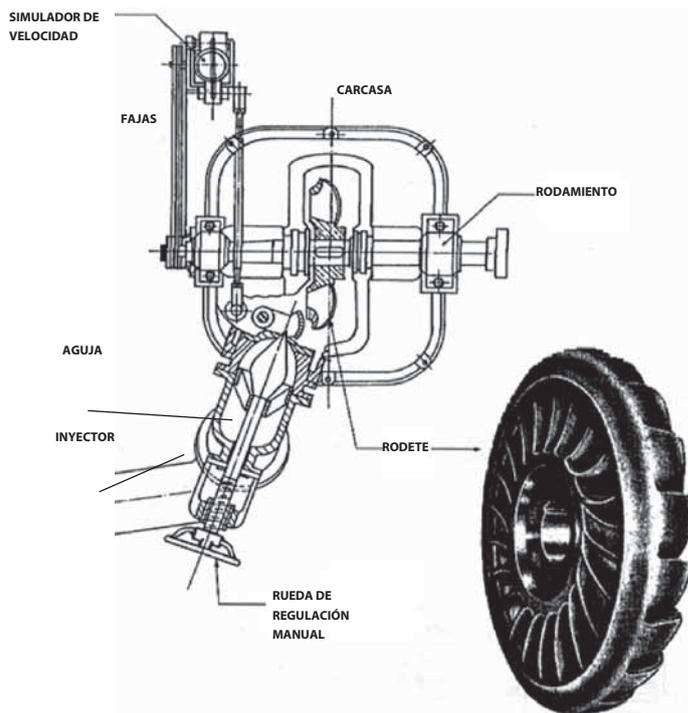
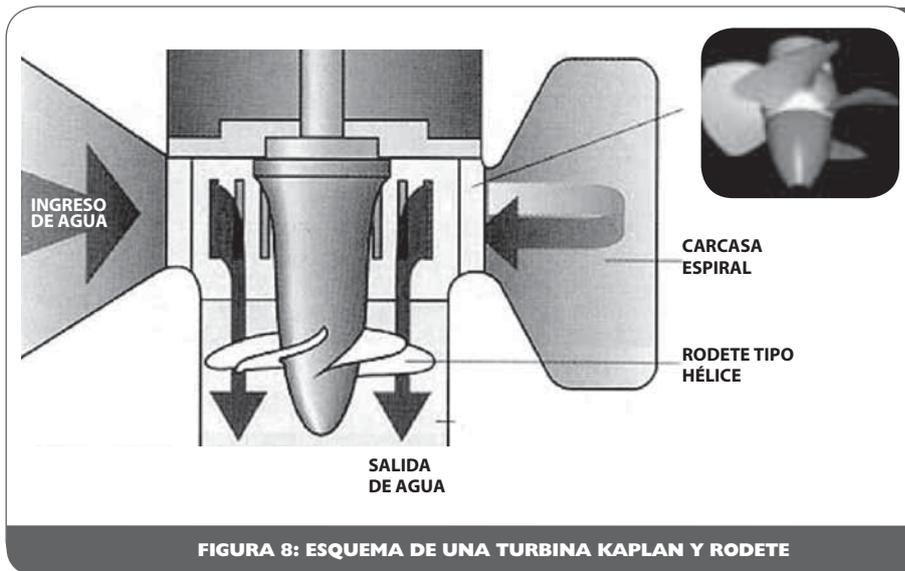


FIGURA 7: ELEMENTOS DE UNA TURBINA TURGO



Turbina Kaplan

Su aplicación es principalmente en bajas caídas y grandes caudales. Al igual que la turbina Francis puede tener una carcasa espiral o ser instalada directamente en un pozo o tanque. Tiene un rotor tipo hélice con alabes móviles.

FIGURA 8: ESQUEMA DE UNA TURBINA KAPLAN Y RODETE

Sistema de transmisión

Permite transmitir la energía mecánica de rotación del eje de la turbina al eje del alternador o generador eléctrico.

Existen 2 formas de transmisión: Directo (acoplamiento flexible y acoplamiento rígido) e indirecto (fajas, cadena y/o engranaje).

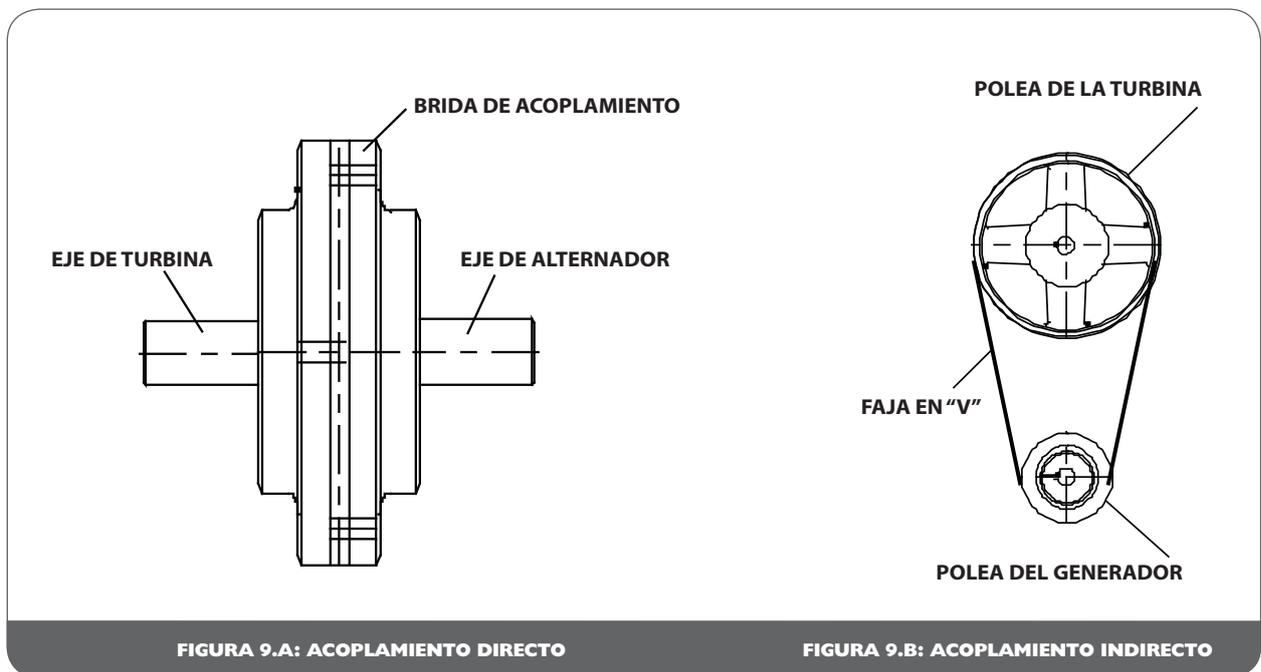


FIGURA 9.A: ACOPLAMIENTO DIRECTO

FIGURA 9.B: ACOPLAMIENTO INDIRECTO

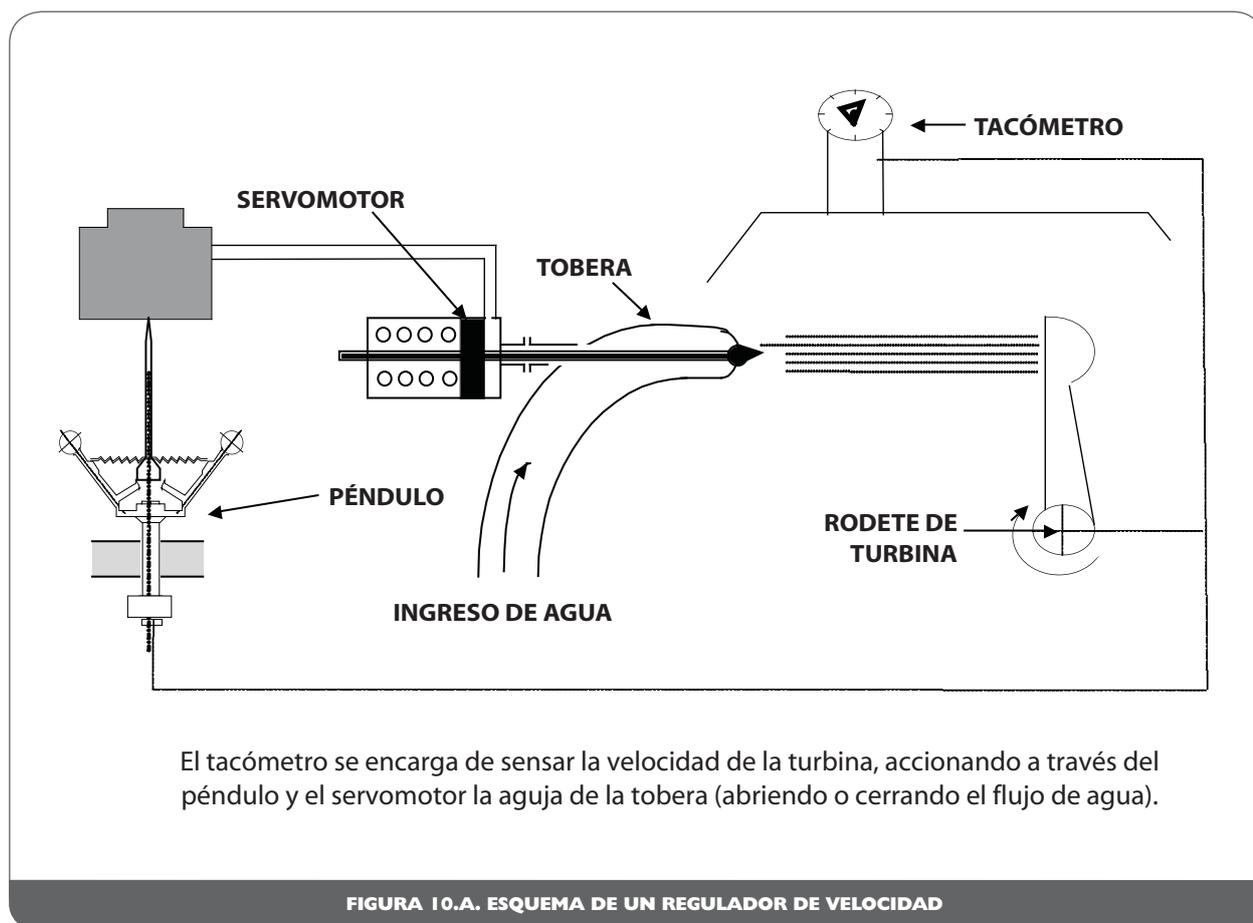
Regulador

SON EQUIPOS QUE TIENEN POR FUNCIÓN MANTENER CONSTANTE LA VELOCIDAD DE LA TURBINA

Los motores y aparatos eléctricos requieren un voltaje y frecuencia estable. Un generador eléctrico, produce tal voltaje y frecuencia estable sólo si es impulsado a velocidad constante.

En la práctica, la carga o demanda de potencia en un sistema es variable, lo que produce variaciones de velocidad y por consiguiente variaciones o fluctuaciones en el voltaje. Para mantener tales variaciones dentro de límites aceptables, es necesario incorporar un controlador de la turbina, también llamado REGULADOR. Esto se puede lograr básicamente de dos maneras: regulando el caudal o regulando la carga.

- **REGULADOR DE CAUDAL:** Este método regula el flujo de caudal a través de la turbina de acuerdo a la carga o demanda de potencia sobre el grupo turbina-generador. A mayor carga permite un ingreso mayor de agua e inversamente a menor carga reduce el ingreso de agua de tal forma que se mantiene constante la velocidad de giro de la turbina.



- **REGULADOR DE CARGA:** En este método, el flujo de agua a través de la turbina se mantiene constante y la carga debe ser mantenida constante dentro de los límites tolerables. Esto se logra, hoy día, principalmente con controladores electrónicos que transfieren la carga no consumida por los usuarios a un circuito o banco de resistencias, manteniendo de esta forma la carga total constante.

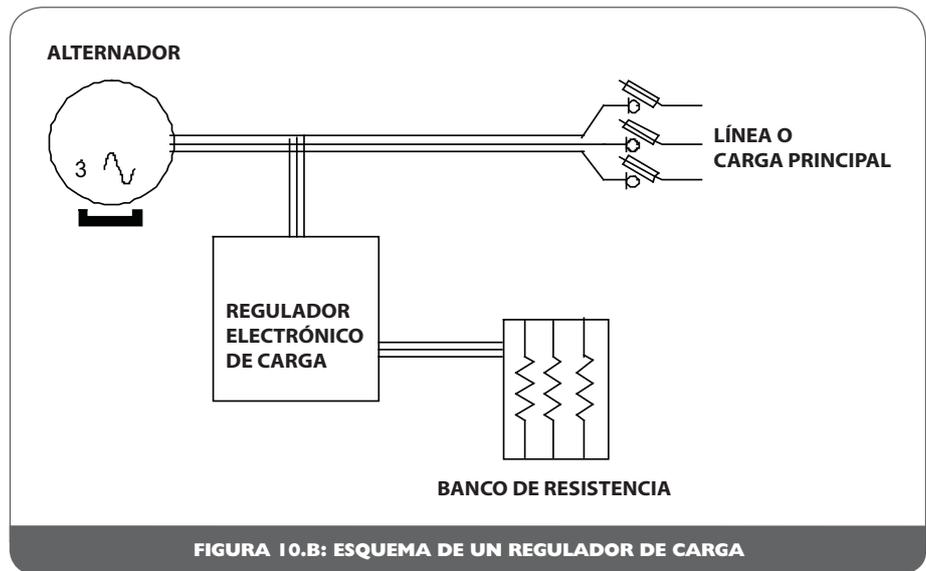


FIGURA 10.B: ESQUEMA DE UN REGULADOR DE CARGA

Generador eléctrico

CONVIERTE LA ENERGÍA MECÁNICA DE ROTACIÓN DE LA TURBINA EN ENERGÍA ELÉCTRICA

El generador síncrono tiene el bobinado de campo excitado por corriente continua y la tensión desarrollada en la armadura es alterna, de allí que también se le denomina ALTERNADOR.

Básicamente está formado por dos partes: el estator (parte fija) y el rotor (parte móvil, que gira concéntricamente con el estator). Las partes de un alternador se muestran en la figura 11.

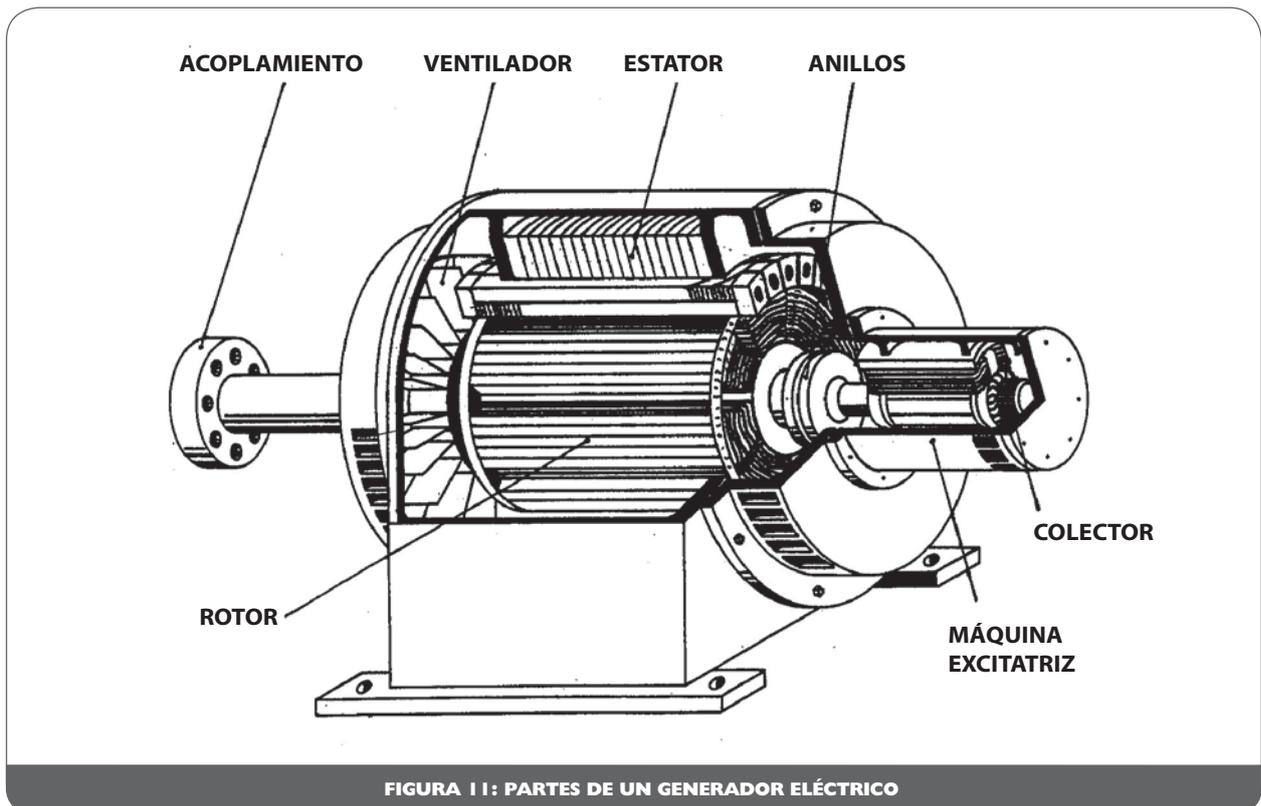


FIGURA 11: PARTES DE UN GENERADOR ELÉCTRICO

Tablero de control

SE ENCUENTRAN LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

Los principales instrumentos de medición que se encuentran en el tablero de control son: voltímetro, amperímetro, frecuencímetro y kilovatímetro. Estos y otros instrumentos de control y medición se describen a continuación:

- **VOLTÍMETRO, AMPERÍMETRO Y MEDIDOR DE FRECUENCIA.** Se proporcionan para cada generador como elementos básicos. Normalmente son intercambiables entre fases. Estos tres instrumentos están normalmente situados con un suministro de entrada o salida, tales como una entrada o salida de transformador. Es normal controlar estos instrumentos de medición y control cada hora, particularmente el voltaje y la frecuencia que afecta directamente al cliente.
- **VATÍMETRO Y MEDIDOR DE ENERGÍA (KWH).** Son tres instrumentos de fase para controlar la potencia de salida de los generadores a los alimentadores. El vatímetro da una lectura instantánea de potencia, estrechamente relacionada con la potencia en el eje producida por la turbina. El contador o medidor de energía (kWh) registra la energía total generada y es del mismo tipo que los contadores de consumo doméstico o industrial. Generalmente se toman lecturas horarias de los medidores para utilizarlos en el momento de calcular el rendimiento y eficiencia de la PCH.
- **MEDIDOR DEL FACTOR DE POTENCIA Y MEDIDOR REACTIVO (KVA).** Proporcionan lecturas instantáneas del "componente reactivo" de la energía eléctrica generada o transmitida. Esto representa un uso ineficaz del equipo y necesita un ajuste para "compensar" el control de excitación con el fin de fijar el factor de potencia lo más cercano posible a la unidad, reduciendo así al máximo el "componente reactivo".



Transformadores

Cuando la distancia de la casa de máquinas o del centro de generación a la carga es muy grande (mayor a 1.000 m.), es necesario la transmisión de energía en media o alta tensión. Esto se realiza a través de los transformadores de voltaje, los cuales se encargan de elevar o reducir el voltaje de trabajo de acuerdo a los requerimientos.

El transformador de salida, normalmente ubicado en el interior o exterior de la casa de máquinas, se encarga de elevar el voltaje. El transformador de llegada, ubicado en el centro de carga, se encarga de reducir el voltaje a las condiciones nominales de trabajo para el usuario final.

Debido a los altos voltajes y corrientes eléctricas presentes en el transformador, son generalmente del tipo depósito, con el devanado sumergido en aceite aislante. Es práctica común comprobar regularmente la condición del aceite aislante, ya que esto puede dar una buena indicación de la condición de los elementos internos del transformador sin necesidad de desmontarlo. Se deberían comprobar las muestras de aceite en busca de humedad (prueba de la descomposición) que indica que el depósito está dejando pasar agua al cuerpo del transformador, y sólidos en suspensión, que muestran la presencia de óxido de hierro (corrosión).



Condiciones de funcionamiento

Condiciones normales de funcionamiento

Durante la fase de instalación, se debería haber terminado y registrado las lecturas de las condiciones de funcionamiento de todos los sistemas de la central. También se deberían controlar, cada hora, las hojas de registro para ver las “tendencias” en los cambios, por ejemplo, en la temperatura de los cojinetes, ya que éstos son un buen indicativo de la condición del equipo.

No obstante, se debe tener en cuenta que equipos similares pueden producir lecturas diferentes y, sin embargo, trabajar eficazmente durante muchos años. No se deberían ignorar los ruidos y las vibraciones. Se debe escuchar el ruido normal de los cojinetes y engranajes, ya que un cambio en dicho ruido puede ser señal evidente de posibles fallos.

En caso de que la central cuente con un sistema auxiliar o de repuesto, se debe asegurar que éste se encuentre preparado para su uso. Asimismo, verificar que todos los niveles de aceite sean correctos, de que los calentadores del generador estén encendidos y los interruptores del selector en su posición adecuada.

Conviene equilibrar las horas de funcionamiento de los grupos turbina-generador de la central para repartir por igual el desgaste de las máquinas, y hacer coincidir la revisión principal de las mismas con los períodos de baja demanda de carga.

El trabajo de mantenimiento debería estar programado a lo largo de todo un año o más, para los trabajos menos frecuentes. Siempre debería haber disponibles piezas de repuesto, cumpliendo las recomendaciones de los fabricantes, para las operaciones de mantenimiento y para casos de averías.

Conviene asegurarse de que todas las herramientas especiales y necesarias para los trabajos a llevar a cabo se han identificado y están disponibles.

Condiciones anormales de funcionamiento

En condiciones de bajo nivel de agua o alta temperatura ambiente, el personal puede decidir reducir la potencia de salida del equipo reduciendo la carga. Estos procedimientos anormales están pensados para impedir el fallo total.

También se podría decidir continuar con la operación del sistema a pesar de existir un exceso de temperatura en el aceite, por ejemplo si se decidiera que un hospital o centro similar requiere de energía. En estos casos, a veces merece la pena correr el riesgo de un posible daño del equipo por impedir la interrupción del suministro **“Esto no debería hacerse por rutina, sino exclusivamente en circunstancias extremas”**.

La falla del equipo en funcionamiento y el subsiguiente uso del equipo auxiliar durante un largo periodo de tiempo es otro ejemplo típico de funcionamiento anormal.

Cuando en condiciones normales de funcionamiento se identifica una falla que inevitablemente debería llevar al paro total, el equipo auxiliar se debería utilizar mientras se lleva a cabo la acción correctiva, teniendo en cuenta que el equipo original está todavía disponible como reserva.

En todos los casos en los que existen condiciones anormales de funcionamiento, debería contarse con un plan de emergencia para devolver la central a sus condiciones normales de funcionamiento lo antes posible.

Secuencia de operaciones de los equipos

OBJETIVO: CONOCER LA SECUENCIA DE OPERACIÓN PARA UN ADECUADO FUNCIONAMIENTO.

Verificaciones antes del arranque del equipo

- Antes de empezar a funcionar el equipo de la central, los operadores deben asegurarse que el equipo está en perfecto estado de trabajo. Verificar que no hayan elementos extraños que puedan afectar al funcionamiento del grupo.
- Las válvulas situadas entre la tubería y la turbina estén cerradas.
- La llave del generador esté en posición de apagado.
- Asegurarse que los niveles de aceite en los cojinetes del generador son correctos.
- Verificar que todas las obras civiles hidráulicas estén con suficiente agua para la operación de la central.
- Verificar que la presión de agua en el manómetro sea la indicada.

¡HACER UNA INSPECCIÓN MINUCIOSA!

Secuencia de arranque

1. Asegurar que se ha llevado a cabo todos los chequeos generales. (Ver indicaciones anteriores).
2. Abrir lentamente la válvula principal, utilizar el *by-pass* de esta válvula, si existe.
3. Con la turbina en funcionamiento, comprobar ruidos o vibraciones anormales y observar la temperatura de los cojinetes.
4. Llevar la turbina a su velocidad nominal.
5. Ajustar la tensión a su valor nominal (tablero de control).
6. Conectar el tablero de distribución auxiliar y probar el funcionamiento por unos minutos.
7. Conectar la carga mediante el interruptor principal de la línea de transmisión.
8. Ajustar el voltaje y la velocidad en el panel de distribución para dar valores nominales de velocidad y voltaje.

En circunstancias normales, una vez que los controles del regulador y el regulador hayan sido ajustados correctamente, las máquinas operan sin necesidad de ningún control adicional.

Recomendaciones y criterios para un buen funcionamiento

El operador deberá controlar todo el equipo del cual es responsable, de una manera segura y correcta. Las instrucciones operativas variarán según el diseño y tipo de la central, pero en resumen deberán cumplir con los siguientes puntos:

- a) **CONTROL.** Asegurar que los equipos funcionen dentro de los límites de diseño (chequeo de instrumentos y alarmas).
- b) **INSPECCIÓN.** Exámenes regulares del equipo para detectar fugas de agua y aceite, ruidos raros, olores, vibraciones, etc.
- c) **FUNCIONAMIENTO.** Arranque, apagado y procedimiento de emergencia.
- d) **INFORME.** Registrar todas las lecturas importantes e informar todas las fallas en el equipo. Los registros e informes de los operadores deberán considerar:
 - *Registro de la central.* Se trata de un cuaderno para registrar todas las actividades diarias de la central y debe incluir:
 - Nombres del personal de cada turno, fecha, hora de inicio y hora de término.
 - Detalles de cualquier operación de mantenimiento llevadas a cabo en los equipos y/o instalaciones.
 - Nota de cualquier falla ocurrida en los equipos durante el turno.
 - Detalles de encendido/apagado de los equipos.
 - *Registro de lectura de operación.* Las hojas de registro de cada hora están diseñadas para adaptarse en cada central. Es normal tener una hoja de registro por cada turbina. El propósito de las lecturas de cada hora es asegurar que la central funcione normalmente, identificar las tendencias de la demanda de la carga y en algunos casos, dar un aviso previo de un defecto de un equipo. Las lecturas horarias deberán incluir normalmente: Amperios, voltaje, Kilovatios, Kilovatios-hora, frecuencia, factor de potencia, temperaturas de cojinetes del alternador y turbina, presión y velocidad de turbina y, presión en la tubería.

Puesta en paralelo

Una actividad propia de la operación, es la llamada “puesta en paralelo” de un alternador con una red eléctrica en servicio. Para ello se debe tener en consideración los siguientes pasos:

- **IGUALDAD DE TENSIONES:** Se ajusta variando la intensidad de excitación hasta que coincida la tensión del grupo de generación (“grupo”) con la de la red. Ejemplo: Si la tensión del “grupo” es 230 V, la de la red, también debe ser 230 V.
- **IGUALDAD DE FRECUENCIAS:** Se ajusta variando la velocidad del “grupo” hasta que coincida con la frecuencia de la red. Ejemplo: Si la frecuencia del “grupo” es 60 Hz., la de la red, también debe ser 60 Hz.
- **IGUALDAD EN DESFASAJE:** Se ajusta variando la velocidad del “grupo”. La aguja del instrumento comparador de fases, puede girar a derecha o izquierda, cuando la aguja se encuentra inmóvil en la marca central, la frecuencia y la fase del “grupo” y la red son idénticas. En este momento se debe cerrar el interruptor principal.

**SI NO SE CUMPLE CON ESTAS TRES CONDICIONES
Y SE CIERRA EL INTERRUPTOR PRINCIPAL ENCONTRÁNDOSE
LA MÁQUINA DESFASADA, PUEDE OCURRIR ROTURA
DEL EJE DEL “GRUPO”, ROTURA DEL ACOPLAMIENTO
Y/O QUEMADURA DEL ALTERNADOR.**

Mantenimiento preventivo y correctivo

MANTENIMIENTO ES LA ACTIVIDAD ORDENADA, PLANIFICADA Y PERMANENTE A FIN DE MANTENER EN ÓPTIMAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO TODA LA MAQUINARIA, EQUIPOS O SERVICIOS

OBJETIVO: Conocer las acciones de mantenimiento necesarias para un continuo funcionamiento.

IMPORTANCIA: La importancia del mantenimiento radica en el logro de una mejor utilización, conservación u obtención de una vida útil prolongada, cuando es llevado a cabo en forma ordenada, planificada y permanente.

CONDICIÓN: Una de las condiciones que se exige al servicio de mantenimiento es el de evitar

Mantenimiento preventivo

SON TODAS LAS ACCIONES DE INSPECCION, REVISIÓN Y LIMPIEZA PARA EVITAR FALLAS DE LOS EQUIPOS

Con el mantenimiento preventivo se logra:

- Mantener y preservar la capacidad de producción de energía eléctrica de la central.
- Anticiparse a las fallas y tomar las medidas necesarias de prevención antes que ocurran.
- Reducción de los costos operativos y de mantenimiento correctivo, mediante la optimización de los recursos.
- Evitar daños físicos a las personas, instalaciones y equipos.
- Minimizar las paralizaciones de la central por fallas del equipo.
- Contribuir a incrementar la producción de energía hasta el límite de diseño de la central.

Las siguiente figura muestra una actividad de mantenimiento preventivo.

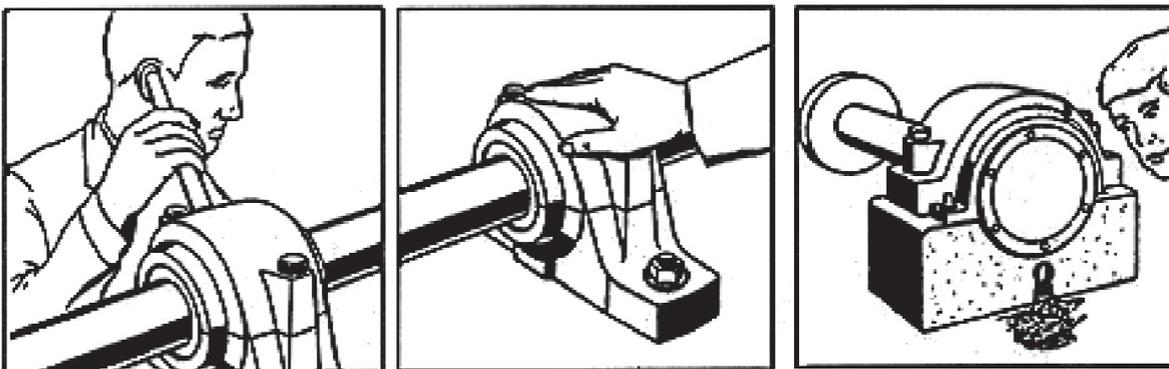


FIGURA 12: INSPECCIÓN DE RODAMIENTOS O COJINETES

Mantenimiento correctivo

SON TODAS LAS ACCIONES Y MEDIDAS A EJECUTARSE PARA REPARAR LAS FALLAS DE LOS EQUIPOS UNA VEZ PRODUCIDOS

En algunos casos el mantenimiento correctivo se puede programar simultáneamente con el mantenimiento preventivo. En pequeñas centrales hidráulicas se debe priorizar el mantenimiento preventivo a fin, de hacer posible el mínimo de interrupciones por fallas, evitando de ésta manera perdidas económicas. Las siguientes figuras muestran algunas actividades del mantenimiento correctivo y de elementos que requieren reparación.

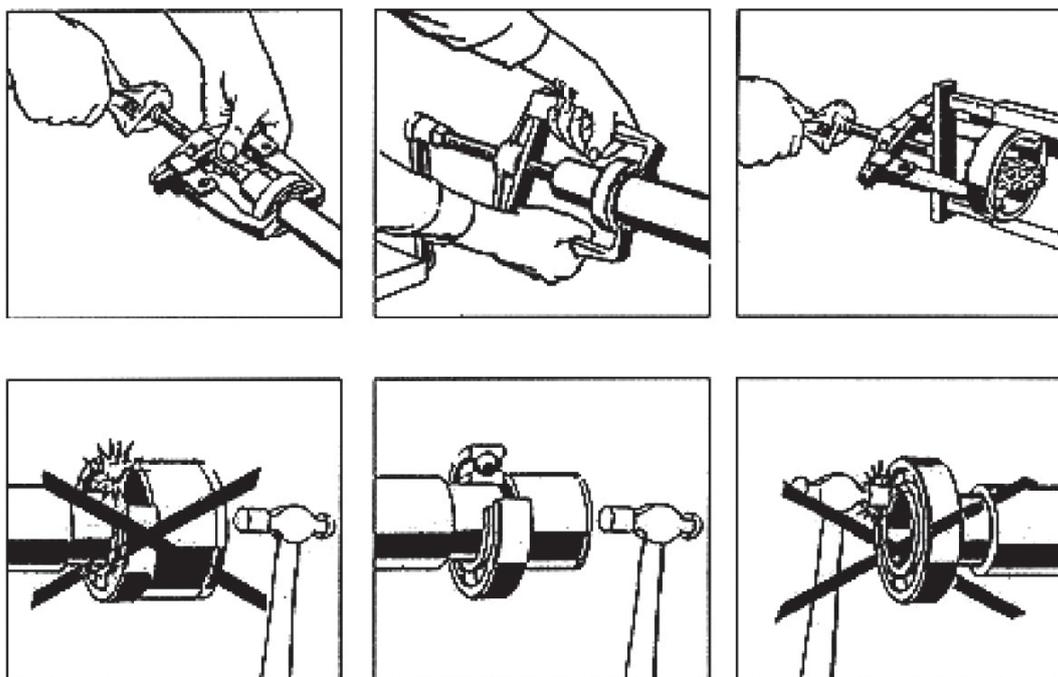


FIGURA 13: CAMBIO DE RODAMIENTOS

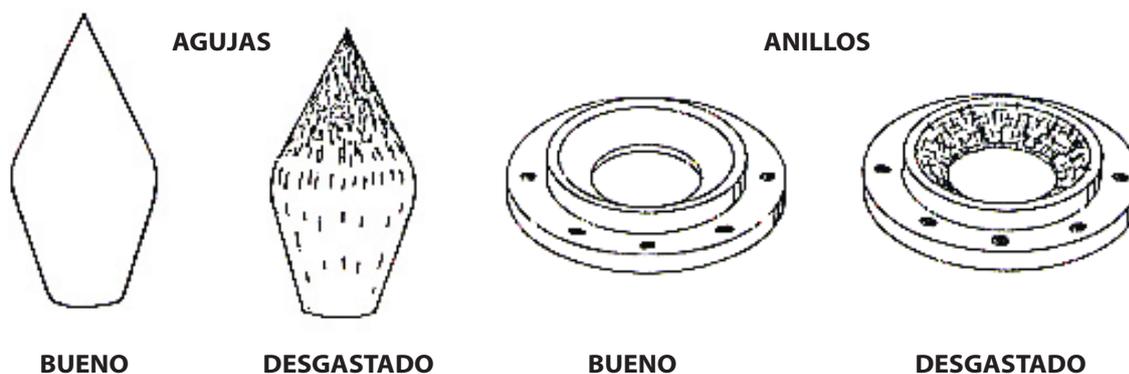


FIGURA 14: ELEMENTOS DE UNA TURBINA PELTON QUE REQUIEREN REPARACIÓN

Programa de mantenimiento – equipo electromecánico

LOS PERIODOS DE MANTENIMIENTO SE DECIDIRÁN DE ACUERDO CON LA NATURALEZA DEL COMPONENTE, SU FUNCIÓN Y FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

Cada central debe tener un programa de mantenimiento preventivo y correctivo. Las siguientes tablas muestran un ejemplo de periodicidad del mantenimiento.

TURBINA			
OPERACIÓN	DIARIO	MENSUAL	ANUAL
Revisar la cámara de la turbina, las válvulas de admisión y las tuberías en busca de deterioro o fugas.	X	X	X
Inspeccionar los sellos en busca de fugas en los cojinetes de las paletas de las guías (Francis), cojinetes de la turbina (Pelton), eje y cojinetes del generador.	X	X	X
Examinar las paletas guías, paletas directrices e interior de la cámara espiral.			X
Examinar rodetes y carcasa.			X
Examinar el aparato de las aletas guías en busca de holguras, cojinetes gastados y de la geometría apropiada.			X

GENERADOR			
OPERACIÓN	MENSUAL	ANUAL	OTROS
Inspección y limpieza de bobinado interior.		X	
Medición del aislamiento.		X	
Lubricación de cojinetes.			c/3meses.
Reparación y/o cambio de cojinetes.			Según desgaste

Herramientas y/o equipos de mantenimiento

CONOCER EL EQUIPAMIENTO MÍNIMO QUE SE REQUIERE PARA UN ADECUADO MANTENIMIENTO DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO.

- Juego de llaves mixta hasta 42 mm.
- Juego de dados hasta 42 mm.
- Juego de desarmadores planos y estrella
- Juego de llaves "allen"
- Engrasadora y aceitera manuales
- Juego de limas planas, triangular, redonda y media luna
- Alicates: universal, de presión, de punta
- Comba y martillos de bola y uña
- Arco de sierra
- Tornillo de banco
- Galgas y tijera
- Calibrador de pie rey
- Regla metálica y nivel
- Tecla de una tonelada
- Pinza amperimétrica y multímetro
- Pértiga de 10 kV para los "cut-outs"
- Guantes de cuero y de jebe 10 kV
- Cinturón de seguridad
- Estrobos de soga de manila
- Protectores de oído
- Linterna
- Casco
- Llave francesa

Plan de seguridad

Objetivo: Identificar, reducir y controlar los riesgos, a efecto de minimizar la ocurrencia de accidentes e incidentes

ACTIVIDADES	PROCEDIMIENTO	PERIODICIDAD
PREVENTIVAS		
1.- Lectura de señales de peligro	<ul style="list-style-type: none"> Conocer, identificar y respetar las zonas de peligro. 	Diaria Trimestral
2.- Protección personal en las labores cotidianas	<ul style="list-style-type: none"> Uso diario, adecuado y cuidadoso de los implementos de seguridad. 	Diaria
3.- Manejo de equipos y herramientas para la operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del estado de las herramientas y equipos. Identificar los que tengan averías y descartar los que presentan severo daño. 	Semestral
4.- Evaluación de procedimientos para el funcionamiento de las redes	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar los procedimientos de operación y mantenimiento de los equipos para verificar un proceder adecuado. 	Trimestral Anual
PLANEADAS		
1.- Programar inspecciones de redes y equipos de generación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de un programa de visitas de inspección que se ejecute rigurosamente. 	Trimestral
2.- Programa de uso de materiales, equipos y herramientas.	<ul style="list-style-type: none"> Capacitaciones en la manipulación de materiales, equipos y herramientas. 	Semestral
3.- Programa reforzamiento de procedimientos de operación y mantenimiento de equipos.	<ul style="list-style-type: none"> Prácticas individuales y grupales. Charlas, reuniones, para mejorar o perfeccionar los procedimientos de operación y mantenimiento. 	Semestral
		Trimestral
4.- Programa de primeros auxilios.	<ul style="list-style-type: none"> Formar al equipo en acciones para tratar accidentes e incidentes. Saber y conocer acciones en casos de emergencia. 	Trimestral
		Semestral

Acciones de seguridad

Orden y limpieza en la central

- Mantenga limpio los sitios de trabajo.
- Limpiar y secar todos los líquidos, grasas y aceite derramados. Depositar el aceite en cilindros.
- Depositar la basura y los desechos industriales en lugares seguros (cilindros 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 en máquinas en marcha.
- Mantenga todas las puertas y salidas sin obstrucciones.

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. Quítense 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.
- Los zapatos de seguridad salvan dedos.
- El peligro puede venir desde abajo, asegúrese de que su calzado tenga plantas fuertes.

Lea y respete las señales de seguridad

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

Tema

3: Electricidad y redes eléctricas

CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES

Introducción
Objetivo del Módulo de Electricidad y Redes Eléctricas
Dirigido a
Tiempo de dictado

2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ELECTRICIDAD

¿Qué es la electricidad?
¿Cómo se genera la electricidad?
Corriente eléctrica
Clases de corriente eléctrica
Efecto de la electricidad

3. INTRODUCCIÓN A LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Descripción de un circuito eléctrico elemental
Tipos y características de circuitos eléctricos

4. PARÁMETROS DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO

Resistencia eléctrica
Intensidad de corriente eléctrica
Fuerza electromotriz
Potencia eléctrica
Conductores

5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Tipos de instrumentos de medición
Lectura de instrumentos

6. REDES DE DISTRIBUCIÓN

Tipos de redes de distribución
Partes de una red de distribución

7. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

Operación de las redes
Mantenimiento
Implementos de seguridad
Equipos y herramientas

ASPECTOS GENERALES

Introducción

El presente Módulo de Capacitación está dirigido a operadores de pequeñas centrales hidráulicas (PCH) y debe ser aplicado por personas con experiencia en el tema y en el entrenamiento a personal técnico. Las personas encargadas de la capacitación deberán revisar previamente la Guía de Capacitación a Operadores a fin de tomar en cuenta la metodología de aplicación del Módulo, así como las recomendaciones y sugerencias.

Al igual que el resto de módulos, ha sido diseñado como una herramienta que facilite el aprendizaje. Se espera que luego de la capacitación, el presente módulo sirva también como una guía para orientar la labor diaria del operador, los electricistas, así como la del personal técnico auxiliar⁶.

Tanto en la central de generación como en las redes de distribución, el trabajo diario consiste en realizar maniobras en las instalaciones eléctricas, por lo que el personal que desempeña esta labor, debe conocer cómo realizar estas maniobras sin poner en riesgo su integridad personal. Igualmente importante para el normal desenvolvimiento de las actividades del servicio, es mantener en el mejor estado de conservación posible, todas las instalaciones como sub – estaciones, redes primarias y secundarias, así como las acometidas domiciliarias, que es el punto de alimentación a los domicilios de los usuarios.

Sin embargo, una vez que el usuario recibe el servicio, las actividades del personal técnico no ha culminado debido a que se deben realizar acciones continuas de supervisión del normal suministro de electricidad a los hogares incluido el alumbrado público, orientación a los usuarios en el uso adecuado de la electricidad y prevención de accidentes, actividades derivadas de la comercialización tales como cortes y reposiciones de las conexiones y en caso de no existir ayuda profesional inmediata, prestar apoyo decisivo a personas accidentadas por efecto de descargas eléctricas.

Objetivo del módulo de electricidad y redes eléctricas

Conocer los principios básicos de la electricidad, así como las partes, su función y las acciones de mantenimiento para un adecuado funcionamiento de las redes de distribución eléctrica, y saber actuar en casos de accidentes.

Dirigido a

Principalmente a operadores y electricistas de PCH, sin embargo es posible su aplicación a técnicos, administradores y personal de apoyo, para lo cual el responsable de la capacitación tendrá que realizar las adaptaciones y/o modificaciones necesarias.

Se busca que los operadores desarrollen nuevas habilidades y destrezas para manipular los equipos que permiten la generación y transmisión de la electricidad en forma permanente y en buena calidad. Así se requiere promover en el operador la visión integral de una PCH.

Tiempo de dictado

Una hora y 30 minutos por sesión.

⁶ Los administradores y personal a nivel gerencial también deberían tener un conocimiento de los diversos componentes a fin de involucrarlos en el funcionamiento del sistema y para la acertada toma de las decisiones.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ELECTRICIDAD

¿Qué es electricidad?

La electricidad es el flujo de electrones a través de un conductor. Hay buenos y malos conductores, por ejemplo: el cobre, la plata son buenos conductores, la madera, el corcho y los plásticos, son malos conductores. El cuerpo humano es un conductor medianamente bueno.

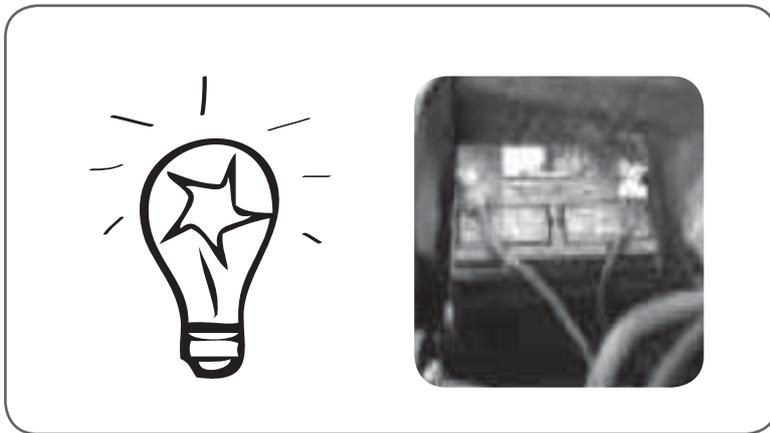
¿Cómo se genera la electricidad?

Cuando se mueve un conductor en un campo magnético, se genera electricidad en el conductor. Este es el principio de los generadores de las centrales eléctricas de todo el mundo. La mayoría de la energía que se usa en el mundo se genera con este método.

Corriente eléctrica

Si conectamos un foquito (similar al empleado en los automóviles) a una batería, el foquito se enciende.

Esto se debe a que por los conductores circula un flujo de electrones que han sido impulsados desde la batería, y que debido a que encontraron un obstáculo (el filamento del foquito) chocaron contra él produciendo su calentamiento y la sensación luminosa. A este flujo de electrones se llama CORRIENTE ELÉCTRICA.



Clases de corriente eléctrica

Fundamentalmente hay dos tipos de corriente eléctrica: corriente continua y corriente alterna.

CORRIENTE CONTINUA (CC O DC): Es la que generan o producen las pilas, baterías, dinamos, etc. En los diagramas y esquemas eléctricos (ver figura 1), se usa el símbolo “=” cuando se quiere señalar que en un circuito está circulando corriente continua. Una línea que suministra o consume corriente continua está constituida por dos polos: polo positivo (+) normalmente marcado con rojo y polo negativo (-) normalmente marcado con negro o verde. *La corriente continua puede ser almacenada.*

8. PLAN DE SEGURIDAD

9. ACCIONES DE PRIMEROS AUXILIOS

Peligros derivados del uso de la corriente eléctrica

Previsiones contra contactos con la corriente eléctrica

Límites y relaciones consideradas letales en el cuerpo humano

Procedimientos para casos de accidentes producidos por la corriente eléctrica

Principios fundamentales de reanimación

Previsión de accidentes: Normas generales de seguridad

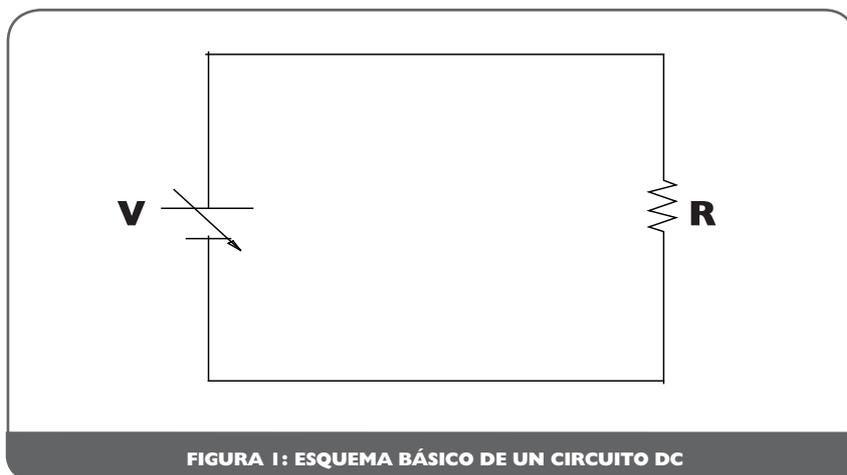


FIGURA 1: ESQUEMA BÁSICO DE UN CIRCUITO DC

CORRIENTE ALTERNA (CA O AC): Es la que producen los generadores de corriente alterna (alternadores). Es el tipo de corriente que se usa para el consumo doméstico, industrial y alumbrado público. En los diagramas y esquemas eléctricos (figura 2), la fuente de corriente alterna se representa por un círculo con una "S" invertida en su interior. La corriente alterna no se puede almacenar y puede ser monofásica (dos conductores o fases) o trifásica (tres conductores).

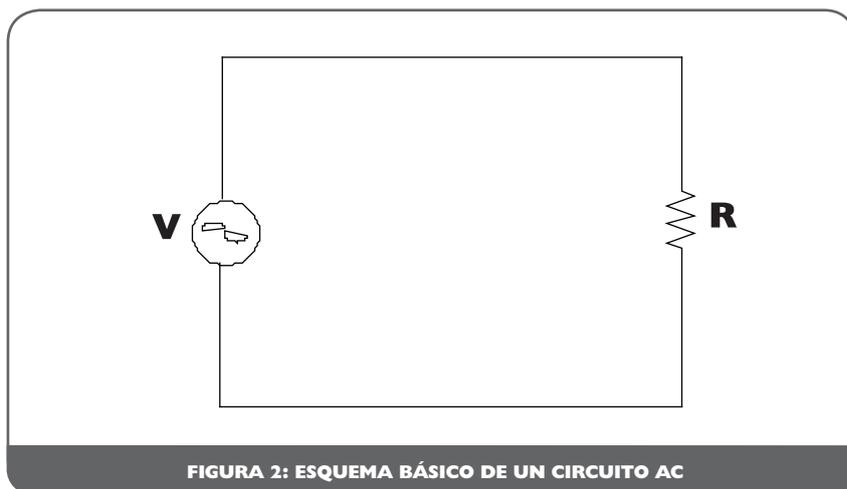


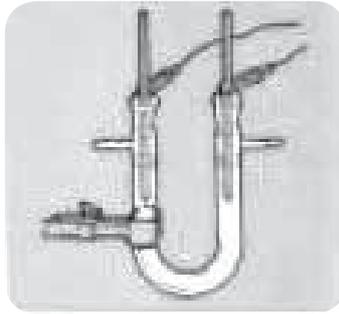
FIGURA 2: ESQUEMA BÁSICO DE UN CIRCUITO AC

Efectos de la electricidad

Muchos son los efectos producidos por la electricidad y prácticamente abarcan todos los campos de la vida cotidiana.

EFECTO TÉRMICO: Cuando en un alambre, cable, platino, etc. circula una corriente eléctrica, se produce siempre un aumento de temperatura causado por dicha corriente. Este efecto se utiliza en la construcción de hornos, estufas, cocinas, etc., donde un alambre especial de elevada resistencia se pone incandescente al pasar una determinada corriente, produciendo así gran cantidad de calor.

EFECTO QUÍMICO: Si se hace pasar corriente eléctrica en el agua, se notarán burbujas de gas que salen de los conductores debido a que la corriente descompone el agua en oxígeno e hidrógeno. Este efecto se utiliza en la industria electroquímica, por ejemplo para recubrir con una película protectora (cromado), muchos de los implementos que usamos diariamente, como las tijeras.



EFECTO MAGNÉTICO: También llamado electromagnetismo, si enrollamos una cierta cantidad de vueltas de alambre de cobre alrededor de una barra de hierro y hacemos circular en él una corriente eléctrica, el hierro se magnetizará, es decir, se vuelve un imán capaz de atraer partículas ferrosas. Este es el principio de los motores eléctricos.



EFECTO LUMINOSO: Si hacemos pasar corriente eléctrica a lámparas especialmente diseñadas para alumbrado se tiene un efecto luminoso que nos permite alumbrarnos durante la noche. Es el caso del foco que vimos al inicio.

Pero la electricidad también tiene sus efectos que podemos considerar negativos cuando circula por el organismo de los seres vivos o por materiales inflamables, pudiendo ocasionar severos daños a la integridad física de las personas y pérdidas materiales de consideración.

**¡LA ELECTRICIDAD TIENE EFECTOS POSITIVOS
Y NEGATIVOS, DE NOSOTROS DEPENDE QUE
SUS EFECTOS SEAN SOLO POSITIVOS!**

INTRODUCCIÓN A LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Descripción de un circuito eléctrico elemental

Consideramos un dispositivo eléctrico muy simple (figura 3), como es la linterna, compuesta de: dos pilas, un foco, un interruptor y el cuerpo metálico. Esta linterna se puede representar mediante un dibujo simple, donde:

- Las pilas forman una batería y ésta se representa con el símbolo eléctrico de la batería.
- El foquito se muestra como la carga con el símbolo eléctrico de la resistencia.
- El interruptor se representa con el símbolo eléctrico del interruptor.
- El cuerpo metálico se representa con las líneas que completan el circuito eléctrico.

Tal diagrama representa un circuito eléctrico. Si el interruptor de este circuito está cerrado la corriente fluye y se tiene un circuito cerrado, y el foco prenderá. Si el interruptor de este circuito está abierto, el paso de la corriente esta interrumpido y se tiene un circuito abierto y el foco estará apagado.

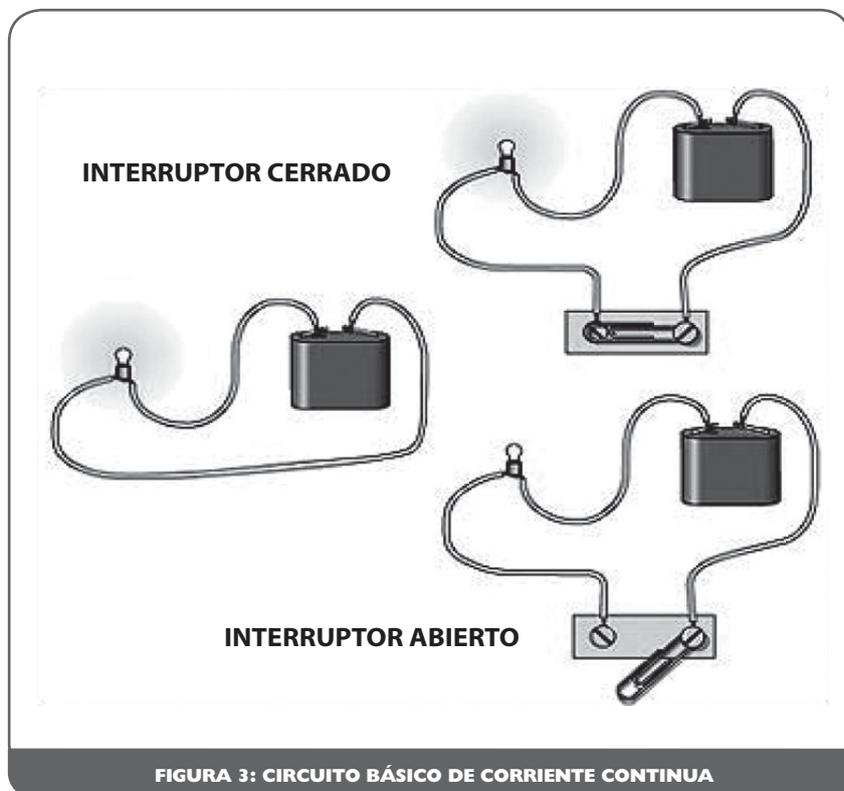


FIGURA 3: CIRCUITO BÁSICO DE CORRIENTE CONTINUA

Tipos y características de los circuitos eléctricos

Se tiene dos tipos de circuitos eléctricos: Monofásicos y trifásicos.

Circuitos monofásicos: Los circuitos monofásicos de corriente alterna son comunes, se emplean en instalaciones domiciliarias y públicas, pero tienen limitaciones que restringen su aplicación a pequeñas potencias eléctricas.



Circuito trifásico: Los circuitos trifásicos, permiten transmitir una gran cantidad de energía eléctrica sobre una larga distancia, de allí que las redes de distribución sean trifásicas.



PARÁMETROS DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO

Resistencia eléctrica

La ley básica de la electricidad fue descubierta por George Ohm, quien investigó la relación entre la corriente que pasa a través de un conductor y la diferencia de potencial a través del mismo, y averiguó que para la mayoría de los conductores ésta se mantiene constante:

$$R = \frac{V}{I}$$

DONDE:

V es el voltaje o diferencia de potencial en voltios (V)

I es la corriente eléctrica en amperios (A)

R es la resistencia del material en ohmios (Ω)

Por lo tanto, esta ecuación nos da una definición de la unidad de resistencia, a la que se llama Ohmio representado por la letra griega Ω (Omega mayúscula). Una resistencia de 1 ohmio se define como la que tiene una diferencia de potencial entre sus extremos de 1 voltio cuando una corriente de 1 amperio pasa a través de ella.

LA ECUACIÓN ANTERIOR SE PUEDE ESCRIBIR COMO:

$$V = I \times R \quad \text{O TAMBIÉN:} \quad I = \frac{V}{R}$$

Estas ecuaciones son simples, pero muy importantes debido a que la mayoría de los cálculos en circuitos eléctricos se hacen en base a estas ecuaciones.

Intensidad de corriente eléctrica

La intensidad de corriente se mide en amperios, representada por la letra A. El amperaje es un valor muy importante, porque conociendo la corriente que consume un determinado aparato o la que debe transportar una línea eléctrica, se puede calcular el grosor o calibre del conductor, así como también la capacidad del interruptor que la controla y la capacidad del fusible de protección.

Fuerza electromotriz

En el circuito de la figura 4, la batería lleva la corriente a través de una carga. La batería es la fuerza detrás de la corriente. Esta fuerza en un circuito eléctrico se llama la fuerza electromotriz (abreviado f.e.m.). La corriente sale del terminal positivo de la batería, fluye a través de las cargas y vuelve al terminal negativo de la batería. En este proceso se transfiere energía desde la batería a las cargas. La fuerza electromotriz de la batería se mide en términos de la energía transferida. La unidad de fuerza electromotriz es el voltio (V).

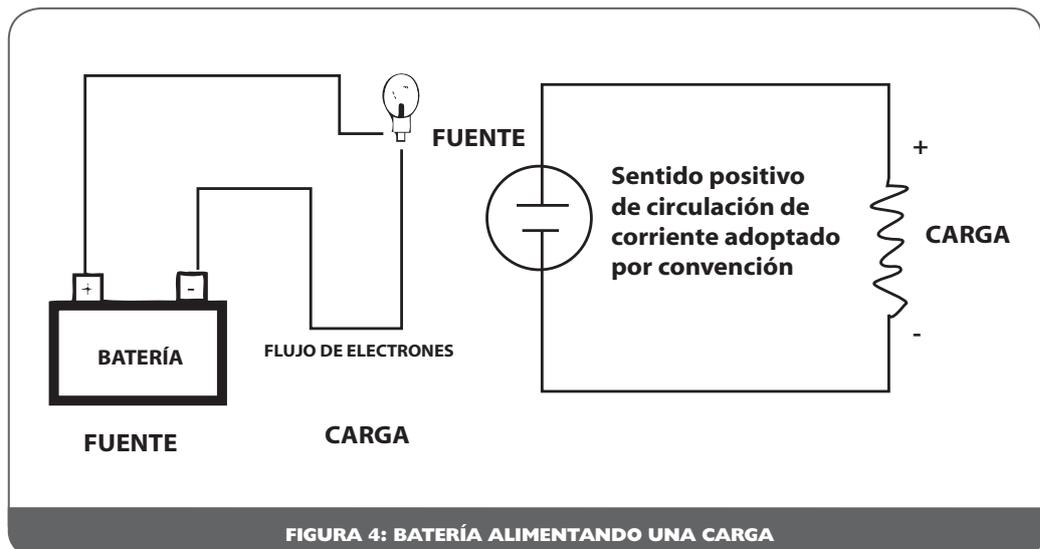


FIGURA 4: BATERÍA ALIMENTANDO UNA CARGA

Potencia eléctrica

La potencia suministrada por la batería de la anterior figura está dada por la siguiente ecuación:

$$P = I \times V$$

DONDE:

V es la intensidad de corriente en amperios

I es la fuerza electromotriz en voltios

P es la potencia en vatios

Por lo tanto podemos decir que una fuerza electromotriz de 1 voltio proporciona una potencia de 1 vatio con una corriente de 1 amperio.

LA POTENCIA ELÉCTRICA EN CIRCUITOS MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA ESTÁ DADA POR:

$$P = I \times V \times \cos \varphi$$

DONDE:

I es la intensidad de corriente en amperios

V es la fuerza electromotriz en voltios

P es la potencia en vatios o watts

cos φ = 0,8

LA POTENCIA ELÉCTRICA EN CIRCUITOS TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA ESTA DADA POR:

$$P = 3 \times I \times V \times \cos \varphi$$

DONDE:

I es la intensidad de corriente en amperios

V es la fuerza electromotriz en voltios

P es la potencia en vatios

cos φ = 0,8

Conductores

Los conductores sirven para llevar la corriente eléctrica de un punto a otro. A menor diámetro del conductor la corriente encuentra mayor resistencia por lo que el diámetro del conductor es importante y debe ser adecuadamente seleccionado.

Los conductores deben ser eficientes en el paso de la corriente eléctrica, deben tener resistencia mecánica y peso ligero, ya que van suspendidos a través de largos espacios entre los postes.

Igualmente importante es el material del conductor, el mejor de los metales para transportar corriente eléctrica es la plata, luego le sigue el cobre y después el aluminio. Actualmente se emplean comúnmente los conductores desnudos de cobre y aluminio para voltajes superiores a 10.000 V. y con cubierta de aislamiento para baja tensión 110 o 220 V.

Otro criterio para determinar el diámetro del conductor es el nivel de voltaje. A mayor voltaje se necesitará menor diámetro, mientras que a menor voltaje el diámetro deberá ser mayor, para una misma potencia eléctrica.

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS CONDUCTORES DE COBRE FORRADOS

CALÍBRE DEL CONDUCTOR	SECCIÓN TRANSVERSAL	NÚMERO DE HILOS	DIÁMETRO NOMINAL DE LOS HILOS	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR DEL AISLAMIENTO	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO
AWG- MCM	mm ²	Nro.	mm	mm	mm	mm	kg/km
14	2,08	1	1.628	1,63	0,8	3,3	25
12	3,31	1	2.052	2,05	0,8	3,7	36
10	5,26	1	2.588	2,59	0,8	4,2	55
8	8,37	1	3.264	3,26	0,8	4,9	84
8	8,37	7	1.234	3,70	0,8	5,3	88
6	13,30	7	1.555	4,67	0,8	6,3	135
4	21,15	7	1.961	5,88	0,8	7,5	210
2	33,63	7	2.474	7,42	1,2	9,9	340
1	42,41	7	2.776	8,33	1,2	10,8	423
1/0	53,31	19	1.892	9,46	1,6	12,7	540
2/0	67,44	19	2.126	10,63	1,6	13,9	674
3/0	85,02	19	2.388	11,94	1,6	15,2	841
4/0	107,2	19	2.680	13,40	1,6	16,6	1.051
250	126,7	37	2.088	14,62	1,6	17,8	1.236
300	125,0	37	2.288	16,00	1,6	19,2	1.473

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Un instrumento de medición es un aparato de precisión, que en condiciones normales de funcionamiento, nos proporciona el valor de una determinada magnitud física o de trabajo de una máquina, ejemplo:

TABLA 2: EJEMPLOS DE MAGNITUDES A MEDIR E INSTRUMENTOS

MAGNITUD A MEDIR	INSTRUMENTO REQUERIDO	VALOR PROPORCIONADO	UNIDADES DE MEDICIÓN	SÍMBOLO
Corriente	Amperímetro	12	Amperios	A
Potencia	Kilovatímetro	125	Kilovatios	Kw
Voltaje	Voltímetro	231	Voltios	V
Longitud	Cinta métrica	35,5	Centímetros	cm
Presión	Manómetro	35	Libras por pulgada cuadrada	psi
Frecuencia	Frecuencímetro	59,5	Hertz	Hz
Velocidad de rotación	Tacómetro	540	Revoluciones por minuto	r.p.m.

Tipos de instrumentos de medición

En función a la forma en que los valores medidos son mostrados por el instrumento, existen dos tipos, los digitales (muestran números) y los analógicos (muestran agujas en una escala). Existen diferentes tipos de instrumentos para medir diferentes magnitudes, por lo que únicamente veremos los instrumentos que se ajustan a las magnitudes más usadas en centrales hidroeléctricas.

Lectura de instrumentos

Para tomar la lectura de un instrumento es necesario previamente conocer la escala, así como la unidad de medida:

- **La escala del instrumento:** Es aquella parte graduada de los instrumentos, sobre la cual la aguja va a señalar el valor de la medición y está dividida en unidades fijas, como es el caso del reloj de pulsera, que se divide en 12 horas y 60 minutos. En los instrumentos digitales la escala no es visible, debido a que el instrumento proporciona un número, el cual ya considera la escala; en instrumentos portátiles es posible variar o seleccionar la escala.
- **Unidades de medida:** Sirven para diferenciar una magnitud de otra. Ejemplos: kg/cm², r.p.m., A, V, kW, kWh, etc.

Tabla 3: Unidades de medida más usadas en centrales hidroeléctricas

MAGNITUD	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Presión de fluido	Bar, kg/cm ² , lb/pulg ² (psi)	Manómetro
Velocidad de rotación	Revoluciones por minuto (RPM)	Tacómetro
Temperatura	Grados centígrados (°C)	Termómetro
Intensidad de corriente eléctrica	Amperios (A)	Amperímetro
Tensión eléctrica	Voltios (V)	Voltímetro
Potencia eléctrica	Vatios (W) Kilovatios (kW)	Vatímetro Kilovatímetro
Frecuencia	Hertz (Hz)	Frecuencímetro
Factor de potencia	Cosφ (cos φ)	Cosfímetro
Energía	Kilovatios hora (kW – h)	Contador de energía



a) **AMPERÍMETRO:** El instrumento para medir la corriente eléctrica se denomina amperímetro. Un amperímetro se muestra en un diagrama de circuito eléctrico como un círculo con la letra A dentro del mismo. Hay amperímetros de distintas escalas capaces de medir una fracción de amperio y/o miles de amperios.



b) **VOLTÍMETRO:** Es el instrumento que permite medir el voltaje o una diferencia de potencial o fuerza electromotriz, un voltímetro se muestra en un diagrama de circuito eléctrico como un círculo con la letra V dentro del mismo. Hay voltímetros para medir una fracción de voltio y otros para medir miles de voltios.



c) **FRECUENCÍMETRO:** Usado para medir el número de ciclos por segundos o HERTZ de la corriente alterna. Dependiendo del país puede ser 50 o 60 Hz.

d) **KILOVATÍMETRO:** Usado para medir la potencia activa (kW), carga del alternador.

e) **CONTADOR O MEDIDOR DE ENERGÍA:** Mide la cantidad de energía consumida durante el funcionamiento de la central, la cual se da en kilovatios hora (kWh).

f) **COSFÍMETRO:** Usado para medir el factor de potencia con que trabaja el alternador. Normalmente el factor de potencia o $\cos \varphi$ se fija entre 0,7 – 0,9 inductiva.

g) **SINCRONOSCOPIO:** Se emplea para conectar un grupo a una red con tensión o a otro grupo de generación (puesta en paralelo).

REDES DE DISTRIBUCIÓN

Las redes de distribución son un conjunto de conductores y demás accesorios de soporte, protección, control, medición y mando, que tienen el propósito de llevar la electricidad desde la central hasta cada uno de los usuarios.

Las redes de distribución son una parte importante de los servicios eléctricos, debido a que cuando ocurre una falla en ellas la comercialización se interrumpe, por lo que la empresa deja de tener ingresos y se genera en los usuarios una sensación de malestar.

Tipos de redes de distribución

En servicios eléctricos a pequeña escala es frecuente encontrar tres tipos de redes.

- a) **LÍNEA DE TRANSMISIÓN:** También conocidas como sub-transmisión, son aquellas que unen la central de generación con el centro de consumo y generalmente lo hacen en media tensión (arriba de 10.000 V) debido a la lejanía de la central respecto del centro de consumo.



- b) **RED PRIMARIA DE DISTRIBUCIÓN:** Es aquella que recibe la electricidad de la red de transmisión y se encarga de llevarla en media tensión a los alrededores y puntos estratégicos del centro de consumo. En aquellos servicios que tienen la central de generación próxima al centro de consumo, la red primaria reemplaza a la red de transmisión.



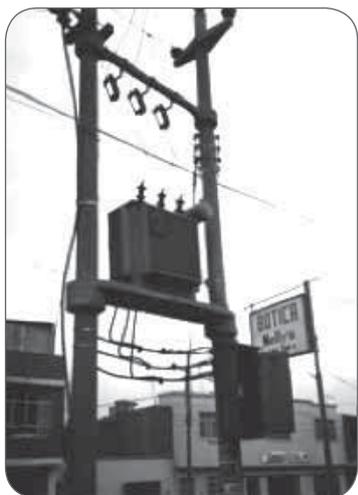
- c) **RED SECUNDARIA DE DISTRIBUCIÓN:** Es la que recibe la energía eléctrica de la red primaria en media tensión (por lo tanto en cada punto de unión con la red primaria existe una sub-estación reductora de voltaje) y la lleva hasta cada uno de los usuarios. Esta red generalmente tiene dos circuitos uno para el servicio domiciliario y el otro circuito dedicado al alumbrado público.



Partes de una red de distribución

Teniendo en consideración la distinta función que cumplen, podemos identificar tres grandes partes que componen una red de distribución: la red propiamente dicha, el circuito de alumbrado público y las conexiones domiciliarias.

Detalle de los componentes de una red de distribución



a) **CONDUCTORES DE COBRE O ALUMINIO** (desnudo para las redes de transmisión y primaria, y forrado para la red secundaria).

b) **LAS SUB-ESTACIONES:**

- Transformador.
- Barbotantes de madera o concreto armado.
- Crucetas de madera o concreto vibrado.
- Sistema de protección: 3 cortacircuitos tipo cut – out y 3 pararrayos.
- 1 palomilla de madera o concreto armado.
- 2 medias lozas de concreto armado.
- Tablero de distribución, que aloja a los interruptores de los circuitos domiciliarios y de alumbrado público.

Una parte importante de las sub-estaciones, son los transformadores que tienen la función de transformar el voltaje para poder emplear conductores de menor diámetro, ejemplo: Un transformador eleva el voltaje de salida del grupo generador de la central de 380 V a 10.000 V de la red, mientras que un transformador de distribución, ubicado en el centro de consumo, reduce el voltaje de la red de 10.000 V a 220 V para el uso final de los usuarios.

Las partes principales de un transformador son:



- Tanque o cubeta de ventilación.
- Núcleo magnético.
- Devanado o bobina primaria.
- Devanado o bobina secundaria.
- Aceite dieléctrico inmerso en la cubeta.
- Conmutador de tomas con mando exterior.
- Indicador de nivel de aceite.
- Termómetro bimetálico.
- Borne de puesta a tierra.
- Aisladores pasatapas de M.T.
- Aisladores pasatapas de B.T.

c) **POSTES DE MADERA O CONCRETO ARMADO**

De diferentes tamaños de acuerdo a las necesidades, las especificaciones técnicas del lugar, disponibilidad, costos y facilidad de transporte. Estos postes son los más utilizados en los pequeños sistemas eléctricos rurales, económicos en la fabricación y montaje. Se usan en niveles de tensión de 22,9 kV y en algunos casos LT (líneas de transmisión) de 60 kV.

Se recomienda su empleo solamente en tramos rectos y cuando el número de conductores que deben soportar es, como máximo de 3 a 4, en otros casos es preferible los apoyos de concreto armado o de acero.



d) **ACCESORIOS DE LOS POSTES:**

- Pastoral de fierro galvanizado o de concreto vibrado.
- Aisladores de porcelana tipo carrete.
- Accesorios de ferretería, pernos galvanizados, portalíneas, etc.
- Conexión de descarga a tierra.

e) **CRUCETAS DE MADERA O CONCRETO VIBRADO.**

f) **AISLADORES DE PORCELANA Y ACCESORIOS DE FERRETERÍA.**

g) **CORTACIRCUITOS TIPO CUT-OUT.**

Detalle de los componentes de un circuito de alumbrado público

- a) Conductores de cobre o aluminio (desnudo para red primaria y forrado para la red secundaria).
- b) Luminarias y focos.
- c) Celdas fotoeléctricas.
- d) Contactores o relés de potencia.

Las conexiones domiciliarias

- a) Cable concéntrico forrado para las acometidas a las cajas portamedidor.
- b) Tubo plástico protector del cable.
- c) Cajas portamedidor.
- d) Portafusibles.
- e) Medidor o contador de energía activa.

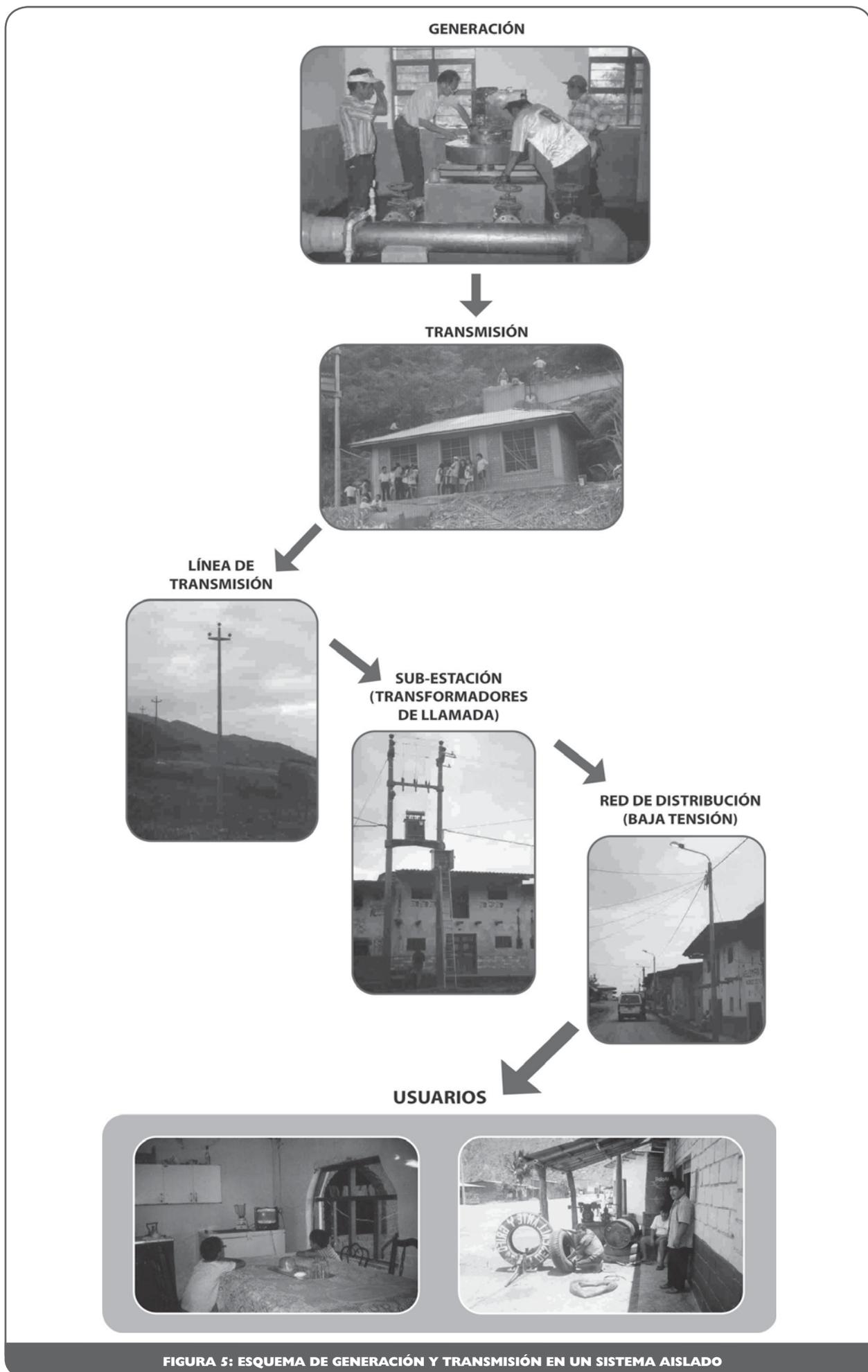


FIGURA 5: ESQUEMA DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN EN UN SISTEMA AISLADO

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

Operación de las redes

Las redes de distribución no requieren que el personal técnico esté permanentemente realizando acciones de operación. No obstante, son necesarias acciones de supervisión del normal funcionamiento de las instalaciones y eventuales maniobras de conexión y desconexión de las redes, por ello la operación debe tener en cuenta los siguientes objetivos:

- Mantener la continuidad del suministro de energía eléctrica, realizando en caso de averías en las redes, las acciones para restituir el suministro de energía al más breve plazo.
- Reducir al mínimo posible, las pérdidas de energía eléctrica, por concepto de hurto, clandestinaje y deficiencias técnicas.
- Suministrar información precisa acerca de los acontecimientos ocurridos en las redes, así como la causa que los originó.
- Accionar los mandos correspondientes para realizar maniobras en la red, tanto en cortes programados como imprevistos.



Mantenimiento

Es el conjunto de acciones y planes orientados a conservar la red de distribución en condiciones óptimas de operación, prolongando la vida útil de las redes con plena garantía de seguridad tanto para los usuarios como para el personal técnico.

El mantenimiento de las redes debe:

- Asegurar la continuidad del servicio de energía eléctrica a los clientes.
- Garantizar la seguridad de las personas y bienes materiales.
- Prolongar la vida útil de las instalaciones con el mínimo gasto.

Las acciones de mantenimiento sugeridas para las redes son:

a) En la red de transmisión:

ACCIÓN	PERIODICIDAD
Inspección y limpieza de los aisladores	Anual
Inspección y prueba de las protecciones	Anual
Inspección del estado de los postes	Anual
Inspección de las conexiones a tierra	C / 2 años
Revisión del nivel de aceite del tanque del transformador	C / 6 meses
Inspección de fugas y calentamientos en el transformador	C / 6 meses
Muestreo y evaluación del estado del aceite dieléctrico	Anual
Medición del nivel de aislamiento de la carcasa respecto a tierra	C / 2 años

b) En la red primaria:

ACCIÓN	PERIODICIDAD
Inspección y limpieza de los aisladores	Anual
Inspección y prueba de las protecciones, si las hubiera	Anual
Inspección del estado de los postes	Anual
Inspección de las conexiones a tierra	C / 2 años
Revisión del nivel de aceite del tanque del transformador en cada subestación (S.E.)	
Inspección de fugas y calentamientos en el transformador de c / S.E.	
Muestro y evaluación del estado del aceite dieléctrico de c / S.E.	

c) En la red secundaria:

ACCIÓN	PERIODICIDAD
Inspección del estado de los postes	
Inspección de las conexiones a tierra	
Limpieza de los tableros de distribución y revisión del estado de contactos	

d) El circuito de alumbrado público:

ACCIÓN	PERIODICIDAD
Inspección de los focos de alumbrado público	
Inspección y limpieza de los contactores o relés	
Inspección y prueba de funcionamiento de las celdas fotoeléctricas	

e) Las conexiones domiciliarias:

ACCIÓN	PERIODICIDAD
Contraste de medidores o contadores de energía activa	
Inspección del estado de la acometida	

Es importante que el personal técnico que realice maniobras en las redes coordine primero con el personal de la central el momento, duración y el responsable de las maniobras. La coordinación de acciones es una medida de precaución.

Asimismo, es recomendable que el responsable de las acciones de mantenimiento preventivo o correctivo en las líneas de distribución sea la única persona autorizada para dejar sin tensión la red, y una vez terminadas las labores solo el responsable podrá volver a restablecer la tensión a la red.

Aunque las líneas de media tensión (más de 10.000 V) se encuentren sin tensión, es recomendable que las personas que realicen labores de mantenimiento preventivo o correctivo, traten los conductores como si estuvieran con tensión.

Implementos de seguridad

El personal que trabaja en redes de media tensión y baja tensión deberá contar con implementos de protección personal, cuyo empleo deberá ser obligatorio.

- Casco dieléctrico.
- Guantes dieléctricos.
- Calzado de seguridad con suela dieléctrica.
- Poncho para lluvia.
- Trepadores o espuelas.

Equipos y herramientas

Para la realización de sus labores cotidianas, el personal técnico deberá estar provisto de por lo menos los siguientes instrumentos y/o equipos:

- Pinza volti – amperimétrica y / o lámpara piloto.
- Pértiga aislantes de maniobra.
- Herramientas de mano como alicates, pinza, destornilladores con mango aislado resistente hasta 500 V.
- Llave pico de pato o francesa de 12”.
- Cinturón de seguridad y arneses para trabajos en altura.
- Escalera de 8 metros.
- Cable para cortocircuito de líneas de distribución.
- Linterna de mano.



PLAN DE SEGURIDAD

OBJETIVO: IDENTIFICAR Y APLICAR ACCIONES DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES ELÉCTRICAS

ACTIVIDADES	PROCEDIMIENTO	PERIODICIDAD
PREVENTIVAS		
1.- Lectura de señales de peligro	- Conocer, identificar y respetar las zonas de peligro.	Diaria Trimestral
2.- Protección personal en las labores cotidianas	- Uso diario, adecuado y cuidadoso de los implementos de seguridad.	Diaria
3.- Manejo de equipos y herramientas para la operación y mantenimiento	- Revisión del estado de las herramientas y equipos. Identificar los que tengan averías y descartar los que presentan severo daño.	Semanal
4.- Evaluación de procedimientos para el funcionamiento de las redes	- Inspeccionar los procedimientos de operación y mantenimiento de los equipos para verificar un proceder adecuado.	Trimestral Anual
PLANEADAS		
1.- Programar inspecciones de redes y equipos de generación eléctrica	- Aplicación de un programa de visitas de inspección que se ejecute rigurosamente.	Trimestral
2.- Programa de uso de materiales, equipos y herramientas	- Capacitaciones en la manipulación de materiales, equipos y herramientas.	Semanal
3.- Programa reforzamiento de procedimientos de operación y mantenimiento de equipos	- Prácticas individuales y grupales.	Semestral
	- Charlas, reuniones, para mejorar o perfeccionar los procedimientos de operación y mantenimiento.	Trimestral
4.- Programa de primeros auxilios	- Formar al equipo en acciones para tratar accidentes e incidentes.	Trimestral
	- Saber y conocer acciones en casos de emergencia.	Semestral

ASPECTOS DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

Las siguientes recomendaciones son válidas para sistemas que operan hasta 500V en corriente alterna:

Peligros derivados del uso de la corriente eléctrica

Los efectos derivados del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano, sea por contacto directo o indirecto pueden manifestarse de las siguientes formas:

- Asfixia
- Quemaduras
- Fibrilación cardiaca
- Espasmos musculares



Previsiones contra contactos con la corriente eléctrica

- a) **Contacto directo:** se produce al tocar partes que normalmente están bajo tensión, pueden presentarse entre otros, los siguientes casos:
- Contacto con dos conductores (dos fases distintas) activos de una red.
 - Contacto con un conductor activo y tierra en una red de baja tensión, con transformador provisto de neutro el cual está conectado a tierra.
 - Contacto a un conductor activo y tierra, en una red de baja tensión sin neutro a tierra; cuyo transformador, por avería tiene una fase del secundario conectada a tierra.
 - Contacto a un conductor activo y tierra, cuya línea de transporte presenta efectos capacitivos.
- b) **Contacto indirecto:** se produce al tocar parte de las instalaciones que en ese momento y debido a una avería, es conductora de electricidad, pero que normalmente está aislada de las partes conductoras. Por ejemplo, contacto con la caja o cubierta de un dispositivo y/o de un motor eléctrico conectado a masa, por avería, en una red de baja tensión cuyo transformador tiene el neutro conectado a tierra.

Límite y relaciones consideradas letales al cuerpo humano

Las diferentes reacciones que pueden producirse en el organismo humano por causa del paso de la corriente eléctrica dependen de los siguientes factores:

- Intensidad de la corriente eléctrica cuyos efectos se cuantifican en las tablas.
- Resistencia eléctrica del cuerpo humano.
- Tensión eléctrica.
- Forma y frecuencia de la corriente eléctrica.
- Tiempo de contacto.
- Trayecto de la corriente por el organismo.
- Capacidad de reacción del individuo.

TABLA 4: EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN Y RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL ORGANISMO

Resistencia de cuerpo + resistencia de contacto	Tensión eléctrica		
	220 V	1.000 V	10.000 V
Hasta 1.000 Ohm	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte segura • Quemaduras ligeras 	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte probable • Quemaduras evidentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervivencia posible • Quemaduras serias
Entre 1.000 y 5.000 Ohm	<ul style="list-style-type: none"> • Shock molesto • Sin lesiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte segura • Quemaduras ligeras 	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte probable • Quemaduras serias
Entre 5.000 y 50.000 Ohm	<ul style="list-style-type: none"> • Sensación ligeramente perceptible • Sin lesiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Shock molesto • Sin lesiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte segura • Quemaduras ligeras

Nota: se consideran tensiones no peligrosas aquellas que no exceden de 24 V.

TABLA 5: EFECTOS DE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO

Corriente eléctrica	Efectos
Inferior a 25 mA	Contracciones musculares, aumento de la tensión sanguínea.
25 a 80 mA	Posibles perturbaciones en los ritmos cardíacos y respiratorios con parada temporal del corazón y respiración.
80 mA a 3 A	Especialmente peligrosa, puede ocasionar fibrilación ventricular, de consecuencias mortales en la mayoría de los casos.
Mayor a 3 A	Perturbaciones del ritmo cardíaco. Posibilidad de parálisis cardíaca y respiratoria.

Procedimiento para casos de accidentes producidos por la corriente eléctrica

- Se debe comprobar que el accidentado no esté en contacto con el conductor bajo tensión.
- En caso contrario, debe efectuarse el desprendimiento de la víctima, teniendo presente que la humedad hace estas maniobras más peligrosas.
- Si al momento de ocurrir el accidente hay varias personas presentes, una de ellas debe avisar al médico, pero en ningún caso se debe mover al accidentado ni dejar de practicarle la reanimación.

Principios fundamentales de reanimación

Para que las maniobras de reanimación sean eficaces, deberá tenerse en cuenta:

- Rapidez de la reanimación.
- Continuidad de la reanimación.
- Duración de la reanimación.

Los métodos de reanimación más empleados son:

- Métodos orales de respiración artificial (Boca – boca o boca – nariz).
- Métodos manuales de respiración artificial.
- Métodos mecánicos de respiración artificial.

Proceso de respiración “boca a boca”:

1. Colocar al accidentado en posición horizontal y boca arriba, colocándose la persona que va a efectuar la reanimación de rodillas a ella.
2. No es indispensable la posición horizontal del accidentado existiendo otras posturas más cómodas o que permitan empezar más rápidamente la reanimación.

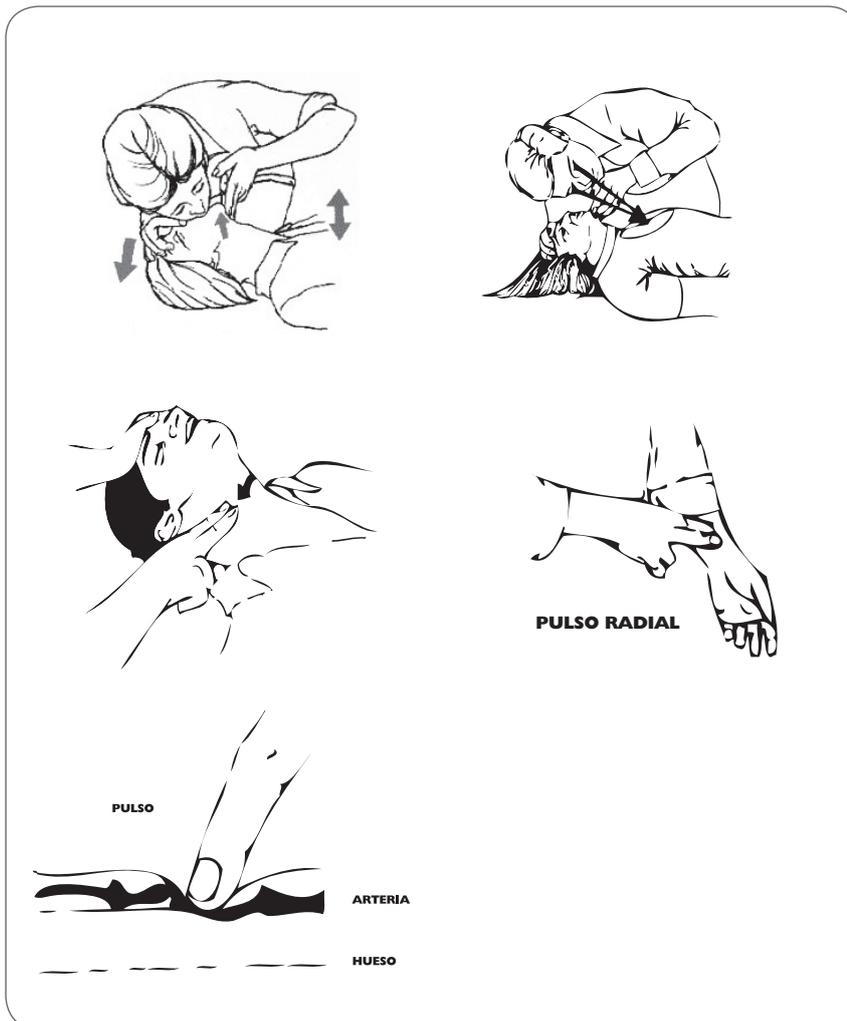


3. Colocar la cabeza del accidentado bien atrás, de preferencia se deberá colocar bajo la nuca un objeto a manera de almohadilla que permita mantener el esófago del accidentado en posición horizontal.
4. Revisar que en la boca del accidentado no exista ningún objeto que impida el paso del aire (dentadura postiza, etc.) a los pulmones.
5. Con una mano se tapan los orificios de la nariz, el reanimador realizará una inspiración y aplica herméticamente su boca a la del accidentado, soplando vigorosamente si se trata de persona adultas y suavemente si el accidentado es menor de edad. Repetir esta acción a un ritmo de 12 a 15 veces por minuto si el accidentado es adulto, en niños la frecuencia debe ser 30 veces por minuto.
6. Paralelamente, se debe observar si el tórax del accidentado se dilata en cada una de las aspiraciones del reanimador, si no ocurriese se debe inclinar más atrás la cabeza del accidentado.



Previsión de accidentes: Normas generales de seguridad

- A) Hacer de la precaución un hábito, por seguridad de todos, siempre es mejor prevenir que lamentar.
- b) Mantener en orden el lugar de trabajo, no sacar las herramientas y materiales que no se vayan a utilizar. Se deben conservar limpios los pisos y todas las herramientas.
- c) Los materiales de desecho no deben ser arrojados en cualquier parte, especialmente aquellos que pueden contaminar el medio ambiente, como grasa, kerosene, gasolina, petróleo, detergentes, etc.
- d) Para cada tipo de trabajo se debe emplear las herramientas adecuadas, asegurándose que se encuentre en buenas condiciones.
- e) Nunca se deben realizar acciones de mantenimiento en equipos e instalaciones conectados a la tensión o en funcionamiento.
- f) Las prendas de seguridad, tales como guantes, casco, máscaras, gafas, arneses, etc., deben ser empleados en toda aquella acción



que requiera su uso. La falta de uso de los implementos de seguridad, debe ser considerada como una falta grave.

- g) El equipo contra incendios debe estar en perfectas condiciones de funcionamiento, asimismo debe estar ubicado en un lugar visible y el personal técnico debe estar capacitado en su uso.
- h) El botiquín de primeros auxilios debe estar provisto de medicamentos en buen estado. Estos medicamentos deben ser como mínimo: algodón, vendas, gasas, antisépticos cutáneos, agua oxigenada, cremas para quemaduras, curitas autoadhesivas, etc.
- i) Los lugares de trabajo deben estar provistos de señales de seguridad las que deben ser ubicadas en lugares visibles.
- j) El personal técnico debe estar capacitado para actuar en caso de accidentes en primeros auxilios.

Bibliografía

BAREI, J. (1989). Desarrollo de la Turbina tipo Banki para microcentrales por parte de EDELCA. Departamento de Microcentrales de EDELCA. Caracas – Venezuela.

BRICEÑO, F. (1989). Las Fuentes Alternas Renovables de Energía como elementos dinamizadores del desarrollo fronterizo. Trabajo de Investigación no publicado. Caracas- Venezuela.

Coz, Federico; Sánchez, Teodoro, Ramírez Gastón, Javier. (1995).- Manual de mini y microcentrales hidráulicas: una guía para el desarrollo de proyectos”

FERNÁNDEZ, S. (1992). Estudio y Desarrollo de Microcentrales Hidroeléctricas. Trabajo de Investigación Publicado por EDELCA. Caracas-Venezuela.

GARDEA, H. (1992). Aprovechamientos hidroeléctricos y de Bombeo. Editorial Trillas. México. Primera Edición

GONZÁLEZ, F. (1999). Generación Hidráulica. Guía de Estudio de la UNEFA. Maracay- Venezuela.

GONZÁLEZ, F. (1999). Instalaciones Eléctricas. Guía de Estudio de la UNEFA. Maracay – Venezuela.

HERNÁNDEZ S, R., FERNÁNDEZ C, C., Baptista L, P. (1991). Metodología de la Investigación. Mc GRAW-HILL. México

PADILLA, D. y VARELA P. (1991). Situación actual y perspectivas de desarrollo de pequeños aprovechamientos hidroenergéticos en Venezuela, en el marco de la integración sub-regional andina. Trabajo de investigación publicado en el IV Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos. Cusco- Perú.

VERGARA, R. (1991). Diseño Hidráulico de Turbinas Kaplan. Trabajo de investigación no publicado. Caracas- Venezuela.

Otras publicaciones de la serie **Manuales de Soluciones Prácticas – ITDG**

- **Serie Manuales # 35:**
Manual de capacitación en administración de pequeñas centrales hidráulicas.
- **Serie Manuales # 34:**
Micro aerogenerador para electrificación rural.
- **Serie Manuales # 33:**
Organización de servicios eléctricos en pequeñas poblaciones rurales aisladas
- **Serie Manuales # 32:**
Metodologías y herramientas para la capacitación en riesgo de desastres
- **Serie Manuales # 31:**
Reconstrucción y gestión de riesgo: una propuesta técnica y metodológica
- **Serie Manuales # 30:**
Gestión de riesgo en los gobiernos locales
- **Serie Manuales # 29:**
Guía metodológica para la gestión de riesgos de desastres en los centros de educación primaria
- **Serie Manuales # 28:**
Manual de pastos y forrajes altoandinos
- **Serie Manuales # 27:**
Manual de Gestión de Riesgo en las Instituciones Educativas
- **Serie Manuales # 26:**
Manual para la Prevención de Desastres y Respuesta a Emergencias

Av. Jorge Chávez 275 Miraflores, Lima, Perú

Teléfonos (51-1) 444-7055, 447-2157, 242-9714, 446-7324

Personas de contacto:

Efraín Peralta eperalta@solucionespracticas.org.pe

Giannina Solari gsolari@solucionespracticas.org.pe