



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA
MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y
MEDICIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC**

Juan Pablo López Morán
Asesorado por el Ing. Jackson René Berganza Espina

Guatemala, abril de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA MODERNIZACIÓN DE
LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y MEDICIÓN DE LA PLANTA
HIDROELÉCTRICA CHICHAIC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JUAN PABLO LÓPEZ MORÁN

ASESORADO POR EL ING. JACKSON RENÉ BERGANZA ESPINA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, ABRIL DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

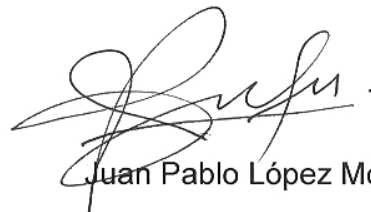
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Fernando Moscoso
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y MEDICIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 28 de septiembre de 2010.



Juan Pablo López Morán

Casa de Máquinas Quixal, San Cristóbal, AV.
15 de Febrero 2010

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento de Serrano
Coordinador de Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

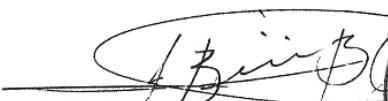
Estimada Ingeniera Sarmiento:

Por este medio le informo respetuosamente como asesor de la práctica del ejercicio profesional supervisado (E.P.S) del estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica JUAN PABLO LOPEZ MORAN con carne No. 1984-11093, procedí a revisar el informe titulado PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANALISIS PARA LA MODERNIZACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y MEDICION DE LA PLANTA HIDROELECTRICA CHICHAIC.

Por lo que posterior a la revisión del documento le informo que doy por APROBADO el informe de EPS.

Sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente,


Ing. Jackson Berganza
Jefe Sala de Mando
Planta Hidroeléctrica Chixoy



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 17 de marzo de 2010.
Ref.EPS.DOC.547.03.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Pablo López Morán** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **198411093**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y MEDICIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

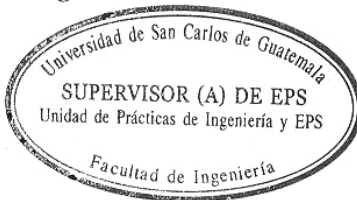
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Nathaniel Jonathan Requena Gómez
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Electrónica

c.c. Archivo
NJR/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 17 de marzo de 2010.
Ref.EPS.D.252.03.10.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.


Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y MEDICIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Juan Pablo López Morán**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Jackson René Berganza Espina y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Ref. EIME 20. 2010
Guatemala, 17 de MARZO 2010.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA
MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO
Y MEDICIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC,
del estudiante, Juan Pablo López Morán, que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
Coordinador del Área de Potencia

JGBB/sro





REF. EIME 22. 2010.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Juan Pablo López Morán titulado: PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y MEDICIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 12 DE ABRIL 2010.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

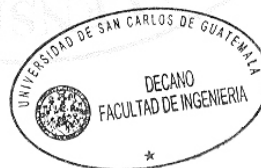
Ref. DTG. 112.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, MANDO Y MEDICIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC**, presentado por el estudiante universitario **Juan Pablo López Morán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, abril de 2010



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido la oportunidad de iniciar este trabajo, así como la culminación del mismo
Mis padres	Maximo López, descanso eterno para su alma y Lolita Morán viuda de López, por su apoyo recibido en el transcurso de la carrera
A mi esposa	Mayra Cano, por darme el respaldo, con lo cual tuve la fuerza y convicción para alcanzar la meta
A mis hijas	Karla, Paula y Dania, por ser el motivo de mi lucha
A mis hermanos	A cada uno de ellos por su enseñanza y ejemplo con lo cual me guiaron para alcanzar el éxito de este trabajo
Mi gloriosa casa de estudios	Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, por permitirme prepararme académicamente.

AGRADECIMIENTOS A:

El Ingeniero Jackson Berganza, por su valiosa colaboración y accesibilidad asesorando este trabajo de graduación.

Las Empresas e Instituciones, Central Hidroeléctrica Chixoy, Casa de Máquinas Quixal, Planta Hidroeléctrica Chichaic e Instituto Nacional de Electrificación (INDE) por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de graduación.

Mis amigos y compañeros que de una u otra forma estuvieron apoyándome en la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA

HIDROELÉCTRICA CHICHAIC	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Misión, visión de la empresa.....	3
1.3 Servicio que realiza	4
1.4 Estructura organizacional	4
1.5 Actividades del departamento de mantenimiento	5
1.6 Generalidades sobre hidroeléctricas	6
1.6.1 Clasificación de las hidroeléctricas.....	7
1.6.2 Conceptos principales sobre potencia hidroeléctrica.....	9
1.7 Infraestructura de la Planta Hidroeléctrica Chichaic	11
1.7.1 Embalse	11
1.7.2 Presa	12
1.7.3 Rejas filtradoras.....	12
1.7.4 Compuertas.....	13
1.7.5 Obras de toma.....	14
1.7.6 Tuberías de carga	14
1.7.7 Válvula de la tubería de carga.....	15
1.7.8 Turbinas hidráulicas	15

1.7.9	Regulador de velocidad	17
1.7.10	Generador	19
1.7.11	Excitatriz	21
1.7.12	Transformador	23
2.	SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO	27
2.1	Definición de control automático	27
2.1.1	Sistema de control de lazo abierto	28
2.1.2	Sistema de control de lazo cerrado	29
2.2	Retroalimentación	31
2.3	Sistemas de control retroalimentados	31
2.3.1	Sistemas de control lineales y no lineales.....	32
2.4	Definición de instrumentación eléctrica	32
2.4.1	Resultados deseables en el uso del transductor.....	33
2.5	Automatización.....	35
2.6	Autómata programable	36
2.7	Aplicación de autómatas programables	36
2.8	Funciones básicas de un PLC.....	37
2.9	Definición de regulación automática.....	38
3.	PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC.....	37
3.1	Propuesta para la implementación del regulador automático de voltaje RAV	39
3.1.1	Beneficios del regulador automático de voltaje	40
3.1.2	Operación del regulador automático de voltaje	41
3.1.3	Funciones básicas del regulador automático de voltaje	42
3.1.3.1	Excitación inicial	42
3.1.3.2	Interruptor magnético del circuito	43

3.1.3.3	Transformador de excitación	43
3.1.3.4	Protección de sobrevoltaje	44
3.1.3.5	Limitador de sobrevoltaje del generador.....	45
3.1.3.6	Protección de sobrecorriente	45
3.1.3.7	Protección del transformador de excitación	46
3.1.3.8	Canal automático.....	46
3.1.3.9	Canal manual.....	46
3.2	Implementación del relevador digital multifunción	47
3.2.1	Características generales.....	48
3.2.1.1	Mejora en la sensibilidad de las protecciones.....	48
3.2.1.2	Protección contra secuencia negativa (corriente desequilibrada)	49
3.2.1.3	Protección contra falla a tierra en un 100% del estator	49
3.2.1.4	Protección de doble nivel contra pérdida de campo.....	47
3.2.1.5	Energización inadvertida del generador	50
3.2.1.6	Pérdida de fusible del transformador de potencial (PT)	50
3.2.1.7	Disparo secuencial	51
3.2.1.8	Monitoreo con oscilógrafo.....	51
3.2.1.9	Falla del interruptor del generador.....	52
3.2.2	Beneficios que presenta el relevador digital multifunción	52
3.2.3	Características del relevador Schweitzer Engineering Laboratories SEL 300G.....	53
3.3	Implementación del medidor de energía ION 8600	54
3.4	Instrumentación del cuadro de mando.....	55

4.11.8	Por accidentes laborales	91
4.11.9	Por emergencias sanitarias	92
5.	MÉTODOS DE CAPACITACIÓN	95
5.1	Objetivos de los métodos de capacitación.....	95
5.1.1	Productividad.....	95
5.1.2	Calidad	96
5.1.3	Planeación de los recursos humanos.....	96
5.1.4	Salud y seguridad.....	96
5.1.5	Prevención de obsolescencia.....	96
5.1.6	Desarrollo personal	97
5.2	Método de presentaciones audiovisuales.....	97
5.3	Método magistral	99
5.4	Método autodidáctico.....	101
5.5	Método interactivo de enseñanza	103
5.6	Períodos de capacitaciones.....	104
5.7	Generalidades.....	106
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	111
	BIBLIOGRAFÍA	113
	ANEXOS.....	115
1.	Diagrama eléctrico del panel de control y mando 1	115
2.	Diagrama eléctrico del panel de control y mando 2.....	116
3.	Diagrama eléctrico del panel de control y mando 3.....	117
4.	Diagrama de rutas de evacuación	118
5.	Diagrama general de la planta.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Estructura organizacional.	4
2	Corte transversal hidroeléctrica	8
3	Embalse y presa	12
4	Compuertas	13
5	Canal de conducción de flujo.....	14
6	Tubería de carga	15
7	Turbina Francis de reacción	17
8	Regulador de velocidad	18
9	Corte transversal del regulador de velocidad	18
10	Generador síncrono trifásico	20
11	Placa de generador	20
12	Excitatriz del generador	22
13	Transformador de potencia.....	24
14	Placa del de transformador.....	24
15	Componentes de un sistema de control	28
16	Sistema en lazo abierto	29
17	Sistema en lazo cerrado	30
18	Desempeño típico en lazo cerrado	30
19	Ubicación de la Planta Hidroeléctrica Chichaic	62
20	Presa de la Planta Hidroeléctrica Chichaic	63
21	Sala de máquinas	64

TABLAS

I.	Factores de vulnerabilidad	68
II.	Medios de protección primeros auxilios	69
III.	Medios de protección para rescate y evacuación	70
IV.	Medios de protección para conatos de incendio	70
V.	Medios de protección para seguridad y vigilancia.....	71
VI.	Medios de protección punto de reunión	71
VII.	Lista de entidades de apoyo	72

GLOSARIO

Autómata	Dispositivo o conjunto de reglas que realizan un encadenamiento Automático y continuo de operaciones capaces de procesar una información de entrada para producir otra de salida.
Magnetismo	Es una fuerza que hace que los materiales que poseen cualidades magnéticas sean atraídos o repelidos de acuerdo con un conjunto definido de reglas.
Fusible	Es un dispositivo eléctrico que contiene un trozo de metal en el cual se funde y abre el circuito cuando la intensidad de la corriente es mayor que la capacidad nominal del fusible.
Relés y contactores	Son dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia al excitar un electroimán o bobina de mando, la diferencia entre el relé y el contactor radica en que la potencia es capaz de seccionar cada uno.

C.P.S.	Unidad de medida de tiempo expresada en ciclos por segundo.
Ct	Siglas para referirse a un transformador de corriente.
CT's	Siglas para referirse a los transformadores de corriente.
INDE	Siglas para el Instituto Nacional de Electrificación
EGEE	Siglas para la Empresa de Generación de Energía Eléctrica.
Regulador de voltaje	Dispositivo que señala el cambio en el voltaje de salida de una fuente de alimentación con un cambio en la demanda de corriente de la carga.
Salto geodésico	Energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel.
PT's	Siglas para referirse a los transformadores de potencial.
PT	Siglas para referirse a un transformador de potencial.

RESUMEN

Actualmente los sistemas de control, mando y medición de las unidades generadoras de la Planta Hidroeléctrica Chichaic, se han quedado rezagados con respecto a los adelantos de la tecnología actual, pues la planta hidroeléctrica viene prestando servicio de generación de energía eléctrica desde hace aproximadamente cincuenta años.

En comparación con los cambios que han tenido algunas centrales hidroeléctricas modernas, se ve que los sistemas que compone la Planta Hidroeléctrica Chichaic son obsoletos, pues se pudo comprobar que enfrenta muchas dificultades en el desempeño de sus funciones.

Se requiere de un programa que maneje una constante actualización de los equipos instalados, para evitar que éstos se vayan deteriorando gradualmente y por causa de esto se generan pérdida de tiempo, gastos elevados por reparaciones e interrupciones innecesarias que repercuten directamente en la suspensión del servicio de generación de energía eléctrica a los usuarios.

Las intenciones de rehabilitación y modernización de la Planta Hidroeléctrica van normalmente acompañadas del deseo de incrementar la eficiencia. Esto es normalmente posible a través de la implementación de un regulador automático de voltaje, así como la selección de dispositivos modernos para la protección del sistema.

En el presente estudio se propone cambiar la excitatriz del tipo dinámico, por una excitatriz estática a base de tiristores, la cual necesita de un voltaje de entrada para su funcionamiento.

Los generadores representan los equipos más caros en el sistema eléctrico de potencia y se encuentran sometidos más que ningún otro equipo del sistema a diversos tipos de condiciones anormales. Entonces se constituye de vital importancia manejar un esquema de información acerca del tipo de protecciones, y minimizar la cantidad de equipo electromecánico de protección, pues a mayor cantidad de equipo, mayor es el mantenimiento.

Se propone también la implementación de instrumentos de mediciones digitales para la obtención de datos más precisos de lectura, se han observado fallas en el sistema actual de medición que es a base de lectores analógicos.

OBJETIVOS

GENERALES:

1. Proporcionar un texto de referencia con la finalidad de poner a la disposición del lector los conocimientos básicos que revelan la información acerca del sistema de regulación electrónica
2. Proponer mejoras de las protecciones de las unidades generadoras utilizando relevadores digitales de múltiples funciones, medidores de energía electrónica. Con el fin de hacer de la Planta Hidroeléctrica Chichaic una fuente generadora de energía eléctrica moderna, eficiente y segura.

ESPECÍFICOS:

1. Conocer las bases teóricas que describen el funcionamiento del sistema de regulación electrónica como base para la modernización de una Planta Hidroeléctrica.
2. Conocer las herramientas de capacitación para proyectar la información a las personas interesadas en conocer métodos prácticos de aprendizaje, con el fin de motivar a los trabajadores estar actualizados con respecto a la tecnología actual para la modernización de las plantas hidroeléctricas de generación de energía eléctrica.
3. La propuesta de modernización de la Planta Hidroeléctrica Chichaic constituye básicamente el lograr obtener una planta eficiente que pueda

maniobrarse de forma automática, con la finalidad de optimizar los procesos y la optima utilización de los recursos, incrementando así la utilidad de la planta

INTRODUCCIÓN

La planta Hidroeléctrica Chichaic, es un conjunto de elementos humanos, materiales y tecnológicos organizados estratégicamente que contribuye con la generación de energía eléctrica para el Sistema Nacional Interconectado (S.I.N.) trabajando con el fin que ésta se lleve a cabo en condiciones de mayor eficiencia y de óptima rentabilidad económica.

La generación de energía eléctrica a través de la Planta Hidroeléctrica Chichaic permite que su mejor uso sea el de más bajo costo operativo y más larga vida útil, comparada con otras opciones de generación a gran escala. Una vez hecha la inversión inicial, necesaria para obras de infraestructura, el ciclo de vida útil de la planta puede ser ampliada con un relativamente bajo costo económico por mantenimiento. La implementación oportuna de dispositivos modernos necesarios para la optimización de operaciones del sistema, permite que la Planta Hidroeléctrica Chichaic incremente su utilidad.

Los avances actuales relacionados a la tecnología de la electrónica ha abarcado a los sistemas de control mando y medición de una Planta Hidroeléctrica, lo que hace imprescindible estar actualizados con respecto a la tecnología, y así seguir la tendencia a desarrollar modos de trabajo en base a la eficiencia en la producción y a la calidad de la mano de obra.

La regulación electrónica de voltaje en los últimos tiempos ha ganado relevancia en el mundo de las hidroeléctricas, porque permite controlar las fallas a consecuencias de algún evento ocurrido durante algún disturbio en el generador, en la turbina o el caudal.

El ingeniero debe estar hoy en día actualizado en lo que concierne a la tecnología innovadora referente a los sistemas electrónicos de protección, mando y medición de una planta hidroeléctrica, con el fin de mejorar la eficiencia en el manejo del sistema.

En el presente trabajo de graduación se ha implementado un plan de contingencia referente a una emergencia, así como un programa de capacitación para el personal que labora en la planta hidroeléctrica.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC

1.1 Generalidades

La planta hidroeléctrica Chichaic fue construida en el año de 1958, mediante acuerdo del Consejo Municipal, el objetivo de su construcción fue para dar solución a la necesidad de energía eléctrica en la ciudad de Cobán Alta Verapaz, así como de mantener la energía disponible a efecto de satisfacer la demanda normal e impulsar el desarrollo de la región de Cobán.

En el año de 1976, la municipalidad de Cobán Alta Verapaz entrega en propiedad al Instituto Nacional de Electrificación INDE, la actual red de distribución y la planta Hidroeléctrica Chichaic, mediante un proyecto de convenio. El objeto de este convenio es la remodelación de la red de distribución de energía eléctrica de la ciudad de Cobán en el departamento de Alta Verapaz, la construcción por parte del INDE de la línea de transmisión de 69 KV, (San Julián-Cobán) y de la subestación Cobán 69/13.2 KV, obra necesaria para suministrar la demanda de energía eléctrica de dicha población en el cual el INDE entrará a vender al detalle. Para el efecto el INDE elaboró los estudios y presupuestos correspondientes.

Para llevar a cabo los proyectos en mención la municipalidad de Cobán aportó la cantidad de Q90, 000.00 en efectivo que fue suministrado por el Gobierno central al Instituto Nacional de Fomento Municipal INFOM. Para los efectos consiguientes, previamente cumplidos las formalidades de ley se

efectuó el traspaso de la misma a favor del INDE, mediante escritura pública correspondiente, enajenación que comprenderá lo siguiente:

Todos los derechos, bienes y usos que tengan relación con la Planta Hidroeléctrica Chichaic propiedad de la municipalidad de Cobán, de acuerdo con los inventarios respectivos y que se deberá especificar en el acta de entrega, todo los derechos que corresponden a la municipalidad o que puedan tener relación con el uso de las agua del río Chichaic y sus afluentes, todos los derechos de posesión y servidumbre sobre los terrenos ubicados en el lugar donde están las instalaciones de la Planta Hidroeléctrica Chichaic.

El presente informe está contenido en el libro de Actas Varias del departamento legal del INDE número 1,619 de la Contraloría General de Cuentas, en el que a folio del 15 al 20, aparece el acta (1-76).

La planta Hidroeléctrica de Chichaic se encuentra ubicada en el municipio de Cobán del departamento de Alta Verapaz, la entrada a la planta es a través de la carretera CA 14 ruta a las verapaces en el kilómetro 208.5. Nos referimos a la región II o región norte de la república de Guatemala, y limita al norte con el departamento de Petén; al sur con los departamentos de Zacapa y Baja Verapaz; al este con el departamento de Izabal y al oeste con el departamento de Quiché. Se ubica en la latitud $15^{\circ} 28'07''$ y longitud $90^{\circ} 22'36''$. El departamento cuenta con una extensión de 8,686 kilómetros cuadrados, la topografía es en extremo variada, con montañas y cimas que exceden de 3,000 metros de elevación y tierras bajas que descienden hasta unos 300 metros, la climatología es forzosamente variada, también con la elevación y sinuosidades del terreno.

La casa de máquinas es un recinto de hormigón armado a cielo abierto, ubicado en el margen izquierdo del río Chichaic; en la cual está instalado el siguiente equipo:

2 Turbinas Francis, 2 generadores síncronos trifásicos, Excitatriz de dinamo por escobillas, paneles de control y mando, válvulas de regulación, sistema de enfriamiento por aire forzado a través de ventiladores, reguladores de velocidad, puente grúa, polipastos, equipos de protección, transformadores de medición, disyuntores, sincronoscopio, transformador de distribución, transformador de potencia, bodega de repuestos, sala de control, líneas de salida de 13.8 KV hasta su conexión a la sub estación Cobán.

1.2 Misión, visión de la empresa

Misión

El INDE es una entidad estatal autónoma y descentralizada, la cual goza de autonomía funcional, patrimonio propio, personalidad jurídica con plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones en materia de su competencia

Visión

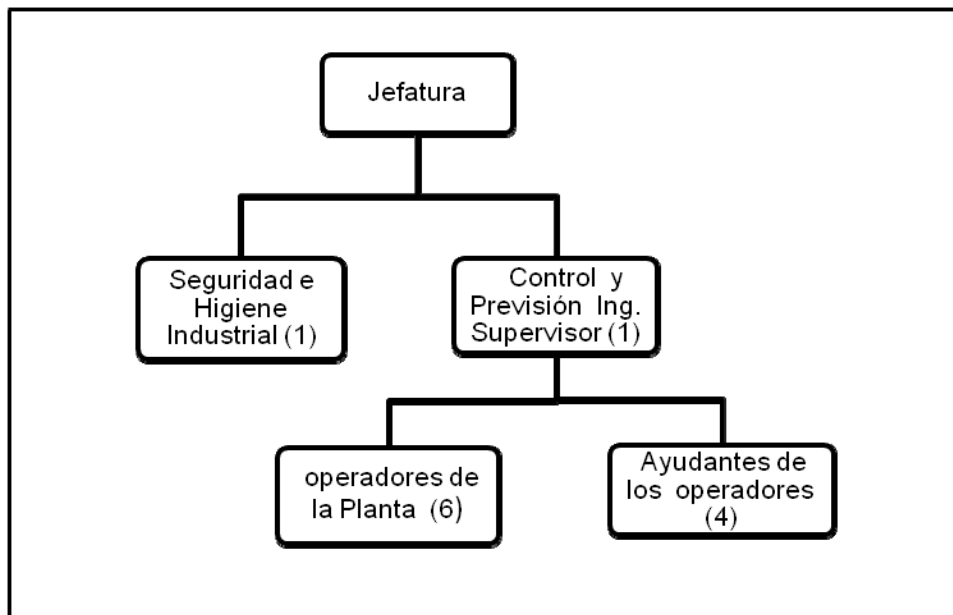
Involucrarse en el fomento del desarrollo económico y social de Guatemala, utilizando los recursos naturales disponibles y utilizarlos como fuente de energía renovable limpia, para la generación de energía eléctrica y ponerla a la disposición de la población guatemalteca.

1.3 Servicios que realiza

La planta hidroeléctrica Chichaic mediante la generación de energía eléctrica aporta una contribución considerable para el desarrollo de la población de Cobán. Consciente del papel fundamental que juega con el desarrollo del país, aprovecha los recursos energéticos que ofrece la hidroelectricidad que es hoy en día reconocida internacionalmente como una fuente de energía renovable

1.4 Estructura organizacional

Figura 1. Estructura organizacional Planta Hidroeléctrica Chichaic



1.5 Actividades del departamento de mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento participa de manera protagónica en las funciones principales de mantenimiento preventivo y correctivo las cuales se detallan así: La planificación de un programa en el cual se detallan las actividades previstas durante el proceso de trabajo diario.

- Programa de mantenimiento para los diferentes equipos, herramientas e instalaciones de la planta hidroeléctrica.
- Verificar la correcta operación de los diferentes equipos.
- Aplicación de los Métodos de Supervisión y Control respectivamente para la observación del proceso del mismo.
- Realizar programas de capacitación para el personal técnico y operativo que labora en la planta.
- Asesoría técnica para el personal operativo en la adquisición de equipos nuevos.

El objetivo principal de la empresa es la generación de energía de manera sustentable y se pretende que la finalidad sea una correcta dirección de las actividades de mantenimiento mecánico y eléctrico.

Los programas de mantenimiento mayor de la Planta Hidroeléctrica Chichaic dependen del personal de Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Chixoy, realizando cambios y mejoras para el funcionamiento de manera segura, eficiente y confiable, evitando así la interrupción del servicio.

1.6 Generalidades sobre Hidroeléctricas

Una hidroeléctrica es aquella que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. Desde un punto de vista general estas centrales aprovechan la energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto neto o caída neta. El agua en su caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una turbina hidráulica que transmite la energía a un alternador el cual la convierte en energía eléctrica.

La energía hidráulica es puesta a disposición por la naturaleza gracias al Ciclo Hidrológico, el cual es monitorizado por la energía solar, comenzando por la evaporación de diversas masas de agua y culminando con la precipitación. Los cauces de agua se presentan de dos formas para aprovechar su energía:

- La energía potencial gravitatoria, la cual se obtiene en virtud de un salto geodésico y puede superar los 3,000 J/Kg.; para más de 300 metros de desnivel.
- La energía cinética, la cual es despreciable en comparación con la potencial, ya que en los ríos en general el fluido no supera velocidades de 5 m/s.

El principio fundamental de esta forma de aprovechamiento hidráulico de los ríos se basa en el hecho de que la velocidad de flujo de estos es básicamente constante a lo largo de su cauce, el cual siempre es cuesta abajo. Este hecho revela que la energía potencial no es íntegramente convertida en energía cinética como sucede en el caso de una masa en caída libre, la cual se acelera, sino que ésta es invertida en las llamadas pérdidas, es decir que la energía potencial se pierde por vencer las fuerzas de fricción ejercidas en el suelo, en el

transporte de partículas, en formar remolinos, etc. Entonces esta energía potencial podría ser aprovechada si se pueden evitar las llamadas perdidas y hacer pasar el agua a través de una turbina.

Las características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad en la generación eléctrica son:

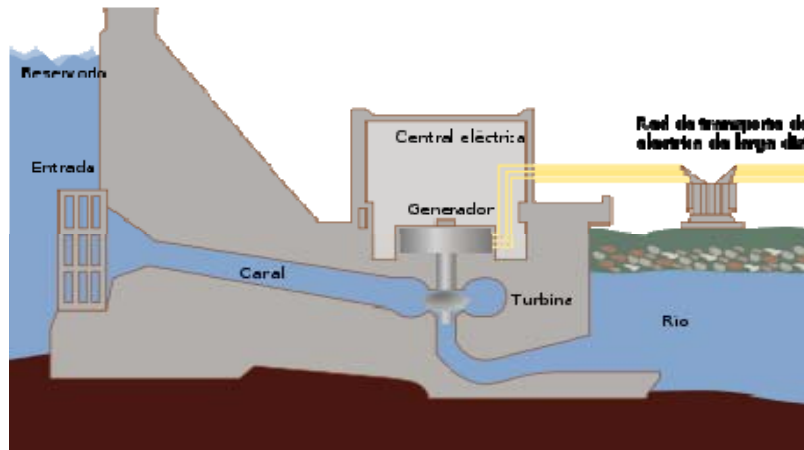
- La potencia, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo turbinado, además de las características de la turbina y el generador.
- La energía garantizada, en un tiempo determinado, generalmente un año, que está en función del volumen útil del embalse, y de la potencia instalada.

1.6.1 Clasificación de las hidroeléctricas

Existen diferentes tipos de Centrales Hidroeléctricas según su concepción arquitectónica

- Centrales al aire libre, al pie de la presa, o relativamente alejadas de ésta, y conectadas por medio de una tubería de presión.
- Centrales en caverna, generalmente conectadas al embalse por medio de túneles, tuberías de presión, o por la combinación de ambas.

Figura 2. Corte transversal hidroeléctrica.



Fuente: manual de mantenimiento Planta Chixoy

Las Plantas Hidroeléctricas según su régimen de flujo se clasifican de la siguiente manera:

- Central a filo de agua servida: También denominadas centrales de agua fluyente o de pasada, utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica. Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse. Turbina el agua disponible en el momento, limitadamente a la capacidad instalada. En estos casos las turbinas pueden ser de eje vertical cuando el río tiene una pendiente fuerte u horizontal cuando la pendiente del río es baja.
- Central de embalse: Es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. Es posible generar energía durante todo el año si se dispone de reservas suficientes. Para su construcción requieren de una inversión económica mayor.

- Central de acumulación por bombeo: Se trata de un tipo de central que sólo genera energía en horas punta y la consume en horas valle (noches y fin de semana), mediante un grupo electromecánico de bombeo y generación. Justifican su existencia para hacer frente a variaciones de demanda energética en horas determinadas. Distinguimos tres tipos; centrales puras de acumulación, centrales mixtas de acumulación y centrales de acumulación por bombeo diferencial.

1.6.2 Conceptos principales sobre Potencia Hidroeléctrica

La potencia de una central hidroeléctrica generalmente se mide en Megavatios (MW) y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$N_e = \text{densidad} * 9,81 \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_m \cdot Q \cdot H$$

Donde:

- N_e = potencia en Watts
- η_t = rendimiento de la turbina hidráulica (entre 0.75 y 0.90)
- η_g = rendimiento del generador eléctrico (entre 0.92 y 0.97)
- η_m = rendimiento mecánico del acoplamiento turbina generador (0.95/0.99)
- Q = caudal turbinable en m³/s
- H = desnivel disponible en la presa entre aguas arriba y aguas abajo, en Metros (**m**)
- densidad = densidad fluido en kg/m³

En una central hidroeléctrica se define:

- Potencia instalada: potencia nominal de los grupos generadores instalados en la central.
- Potencia media: potencia calculada mediante la fórmula anterior considerando el caudal medio disponible y el desnivel medio disponible.

Potencia también se puede definir como el trabajo capaz de realizarse por unidad de tiempo. La potencia asequible puede obtenerse como producto entre el caudal, la altura neta/altura bruta, y el peso específico del agua. En Física, potencia es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Esto es equivalente a la velocidad de cambio de energía en un sistema o al tiempo empleado en realizar un trabajo, según queda definido por:

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Donde

- P es la potencia.
- W es la energía total o trabajo.
- t es el tiempo.

Potencia mecánica es el trabajo realizado por una máquina o una persona en un determinado intervalo de tiempo.

Dentro de los conceptos de potencia es importante definir potencia mecánica la cual es la potencia transmitida mediante la acción de fuerzas físicas de contacto o elementos mecánicos asociados como palancas, engranajes, etc. El caso más simple es el de una partícula libre sobre la que actúa una fuerza variable. De acuerdo con la dinámica clásica esta potencia

viene dada por la variación de su energía cinética o trabajo realizado por unidad de tiempo.

Unidades de potencia:

- Sistema métrico **(SI)**, la más frecuente es el vatio (W) y sus múltiplos: $1000\text{ W} = 1\text{ kW}$ (kilovatio); $1\ 000\ 000\text{ W} = 1\text{ MW}$ (megavatio), aunque también pueden usarse combinaciones equivalentes como el voltamperio.
- Sistema inglés, caballo de vapor o caballo de fuerza métrico (CV), cuya equivalencia es $1\text{ kW} = 1,359\text{ CV}$
- Sistema técnico de unidades, caloría internacional por segundo (cal_{IT}/s).
- Sistema cegesimal: ergio por segundo (erg/s).

La potencia eléctrica se define como la cantidad de trabajo por unidad de tiempo realizado por una corriente eléctrica. Es la cantidad de corriente de energía eléctrica o trabajo; energía que se transporta o trabajo que se consume en una determinada unidad de tiempo. Si la tensión se mantiene constante, la potencia es directamente proporcional a la corriente (intensidad). Ésta aumenta si la corriente aumenta.

1.7 Infraestructura de la Planta Hidroeléctrica Chichaic

1.7.1 Embalse

Por el método de la interceptación del flujo de agua del río Chichaic se forma el embalse que consiste en la construcción de una presa que retiene el cauce de agua causando un aumento del nivel del río en su parte anterior a la

presa. El dique establece una corriente no uniforme y modifica la forma de la superficie libre del río antes y después de éste que toman forma de las llamadas curvas de remanso.

1.7.2 Presa

Como podemos ver en la figura la presa de la planta hidroeléctrica Chichaic es del tipo con vertedor o de rebose. Su construcción es de arco de concreto.

Figura 3. Embalse y presa



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

1.7.3 Rejas filtradoras

Están instalados en la entrada de los conductos para proteger las turbinas contra cualquier material flotante o sólido como pueden ser piedras, rocas troncos o cuerpos extraños. Para prevenir el ingreso de las mismas a las

turbinas, normalmente los operadores limpian las rejillas con escobas y rastrillo manual.

1.7.4 Compuertas

Las que se utilizan en la Planta Hidroeléctrica Chichaic están instaladas en la entrada de la obra o conductos de toma y a la salida del tubo de aspiración para evitar el contra flujo que va a la turbina. Se instalan para darle seguridad y facilidad de mantenimiento al sistema. Las compuertas son de madera y se manipulan mecánicamente por medio de una cremallera y una caja reductora de presión para bajar o para subir.

Figura 4. Compuertas



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

1.7.5 Obras de toma

Estas consisten en canales fabricados a base de concreto y es la vía que transporta el flujo de agua de la presa para el tanque de regulación. Tiene una longitud de 1,703 mts. De distancia al dique, por un ancho de 2.30 mts. y una profundidad de 1.50 mts.

Figura 5. Canal de conducción de flujo



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

1.7.6 Tuberías de carga

Son conductos cerrados que interconectan el depósito superior pozo piezométrico con la carcasa de la turbina. En el caso de cargas variables se usa funcionalmente una sola tubería de carga con derivaciones en su extremo inferior para alimentar las dos turbinas de la planta hidroeléctrica. Altura 30 mts. respecto al tanque de regulación.

Figura 6. Tubería de carga



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

1.7.7 Válvulas de la tubería de carga

Se localizan a la entrada de carcasa espiral de la turbina y se aplican cuando el conducto tiene una longitud mayor, permitiendo cerrar el flujo de agua que va para cada turbina. También reduce pérdidas por filtración durante largos períodos de cierre, su uso en la planta es importante porque están conectadas a ella dos turbinas a un solo conducto, suspendiendo individualmente el flujo para cada turbina.

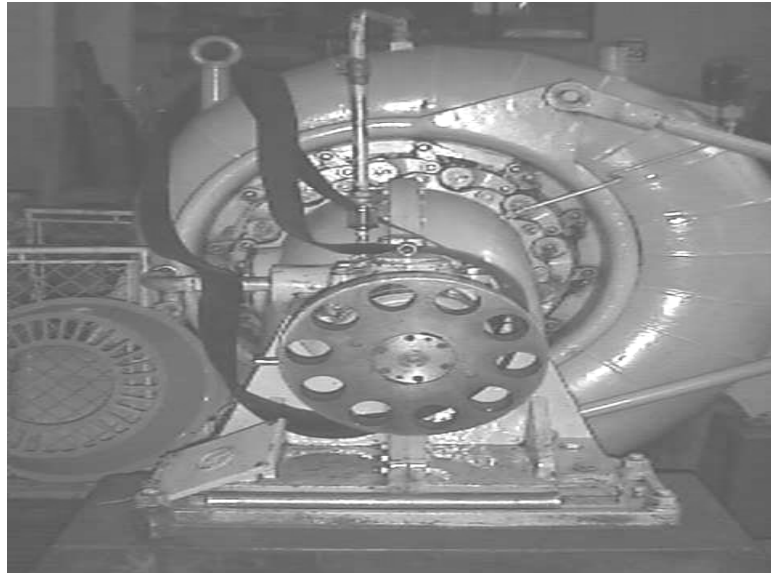
1.7.8 Turbinas hidráulicas

Son los elementos más importantes en la planta hidroeléctrica, se dice que son de reacción porque el flujo de agua entra con mayor energía potencial y menor energía cinética. Se clasifican en tipo Francis con paletas ajustables, se

caracteriza porque el flujo de agua va en dirección radial orientándolo posteriormente hacia la salida en dirección axial. Las turbinas de la planta están compuestas por:

- Un distribuidor que contiene una serie de alabes fijos o móviles que orientan el agua hacia el rodete.
- Un rodete está formado por una corona de paletas fijas, torsionadas, de forma que reciben el agua en dirección orientadas axialmente.
- Una cámara de entrada que puede ser abierta o cerrada, de forma espiral para dar una componente radial al flujo de agua.
- Un tubo de aspiración en la salida de agua, que puede ser recto o acodado, y se encarga de mantener la diferencia de presiones necesarias para el buen funcionamiento de la turbina.
- Las turbinas Francis instaladas se adaptan muy bien para el salto de 30 mts. y los caudales variables que tiene el río. También tiene un rango de funcionamiento muy grande. El rendimiento de una turbina Francis es superior al 90% en condiciones óptimas de funcionamiento. Permite variaciones de caudales entre el 40% y el 105% de caudal de diseño, y en salto entre el 60% y el 125% nominal.

Figura 7. Turbina Francis de reacción



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

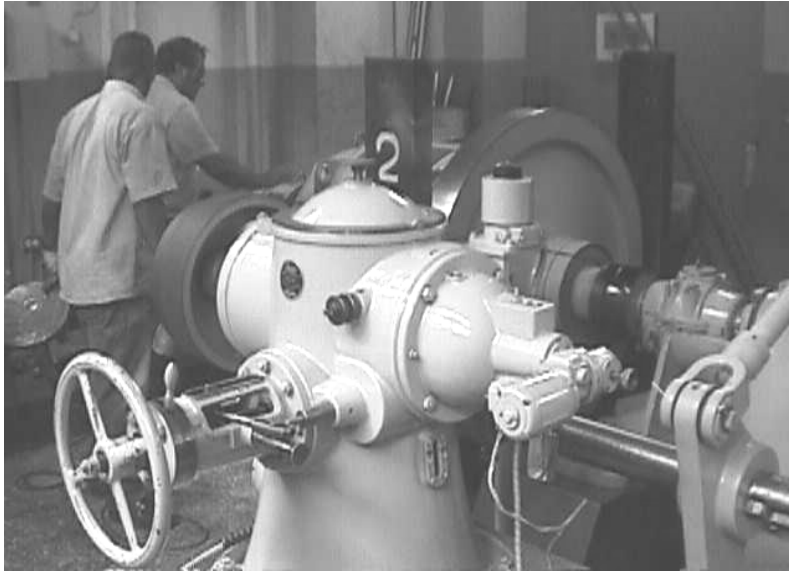
1.7.9 Regulador de velocidad

Los reguladores de las turbinas instalados en el sistema mecánico actúan por la fuerza centrífuga, cuanto mayor es el número de revoluciones del eje del tacómetro, mayor es la elevación o separación de las masas o péndulos, respecto de dicho eje de giro en virtud de una tendencia del grupo a aumentar su número de revoluciones. Con la velocidad nominal de éste, mantiene una posición de equilibrio.

Los mecanismos del equipo de regulación exigen unos esfuerzos superiores a los que pueden obtenerse directamente con los elementos del propio regulador, por ello la razón de los reguladores de acción indirecta, los cuales mediante palancas, balancines, válvulas intercaladas en el circuito de

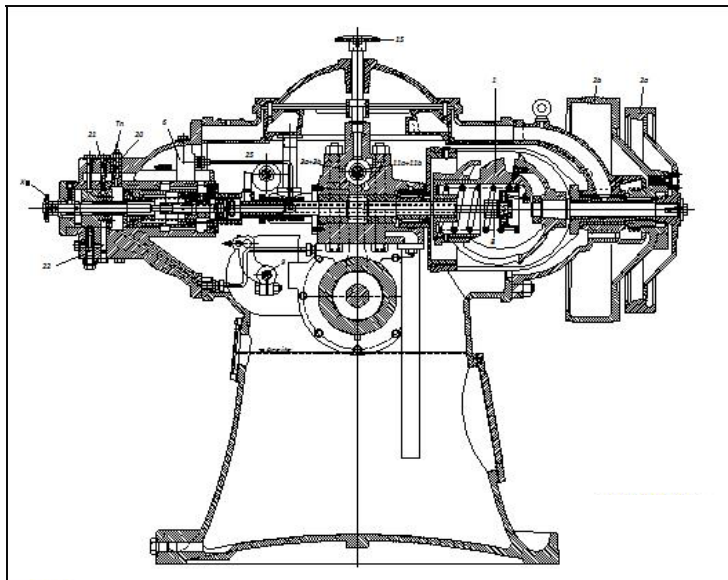
aceite a presión, y otros mecanismos, actúan sobre servomotores del distribuidor.

Figura 8. Regulador de velocidad



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

Figura 9. Corte transversal del Regulador de Velocidad



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

1.7.10 Generador

El generador es el que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Internamente, producen corriente alterna. Las escobillas montadas en el armazón del generador mantienen un contacto continuo con los anillos rosantes conforme gira la armadura. El principio de funcionamiento está basado en la ley de Faraday: “Cuando un conductor eléctrico se mueve en un campo magnético, se produce una corriente eléctrica a través de él”.

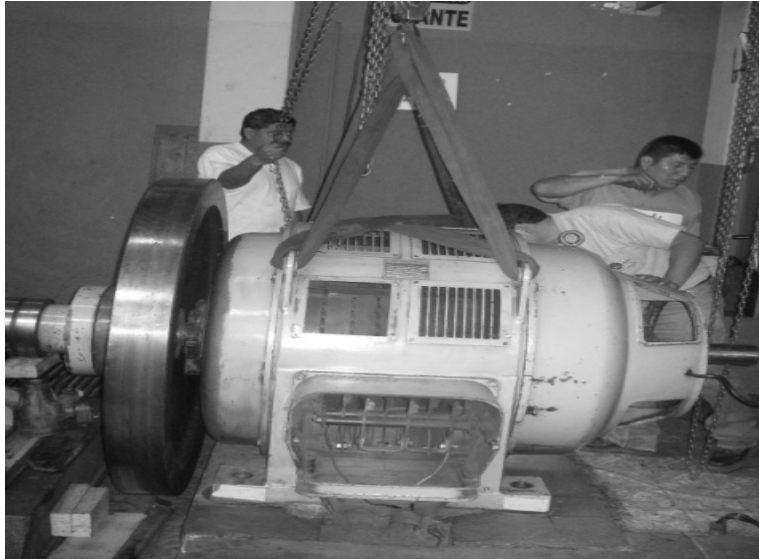
El generador se compone de dos partes principales:

- El rotor: Se encarga de generar un campo magnético variable al girar arrastrado por la turbina.
- El estator: Sobre de este se genera la corriente eléctrica que se aprovecha.

En la Planta Hidroeléctrica están instalados dos generadores síncronos, los cuales, en la conversión de energía mecánica en eléctrica producen una velocidad constante llamada velocidad de sincronismo.

El campo magnético es creado por las bobinas arrolladas en los polos del rotor, para lograrlo, en dichas bobinas debe circular una corriente eléctrica continua, para producir esta corriente continua en los generadores de la Planta Hidroeléctrica Chichaic, se emplea un sistema de excitación auxiliar en donde la corriente necesaria se genera mediante un generador de CC auxiliar regulada por reóstato.

Figura 10. Generador síncrono trifásico



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

La figura muestra las características principales del generador instalado en la Planta Hidroeléctrica Chichaic.

Figura 11. Placa del generador



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

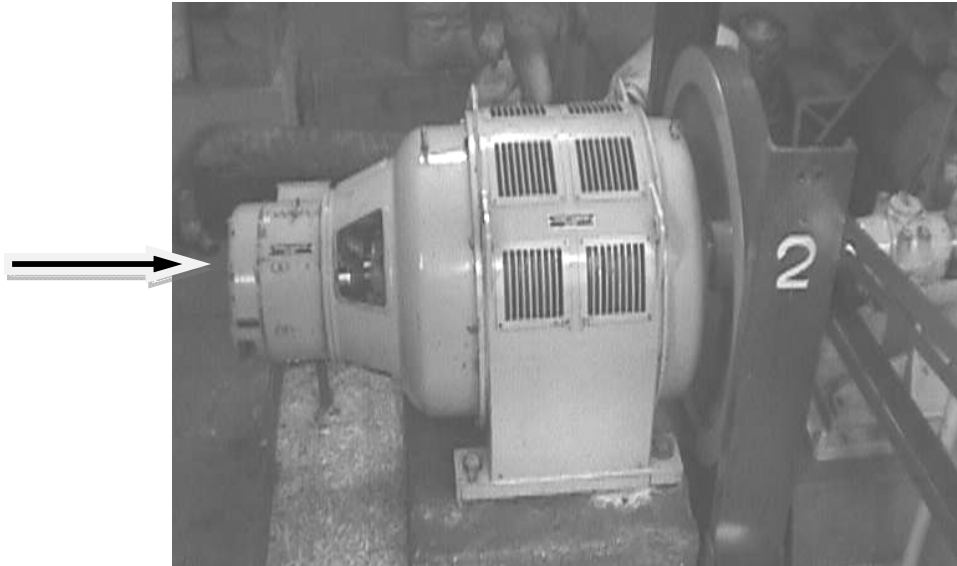
Datos de placa del generador:

Marca:	Garbe Lahmeyer, A Achen
Tipo:	SM 8 / 100-50
Fases: trifásico voltios:	400 voltios
Amperaje:	621 Amperios
Potencia:	430 KVA / S.C.
Revoluciones:	900 R.P.M.
Factor de potencia:	$\text{Cos } \varnothing = 0.8$
Excitación:	74 voltios, 55 amperios.
ISO:	clase B P 00
Cantidades de carbones:	4 (de los pequeños para anillos rosantes)
Año:	1963

1.7.11 Excitatriz

La excitatriz que alimenta las unidades generadoras es una excitatriz dinámica que está montada en el eje del generador, y es el equipo llamado también estabilizador de voltaje o acondicionador de voltaje; es un equipo eléctrico que acepta una tensión de voltaje variable a la entrada, dentro de un parámetro predeterminado y mantiene a la salida una tensión constante (regulada).

Figura 12. Excitatriz del generador



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

Datos de placa de la excitatriz:

Marca:	Garbe Lahmeyer, A Achen
Tipo:	G50rf1
Voltios:	74 Voltios
Amperios:	58 Amperios
Año:	1963
Potencia:	4.3kw/S.C.
Gen:	De corriente continua. (CC)
ISO:	Clase E, A/A P 01
Cantidad de carbones:	4 (Grandes Para Las Delgas De Colector))
Revoluciones:	900 R.P.M.
Dinamo por escobillas	

1.7.12 Transformador

Se puede definir al transformador de la siguiente manera: un transformador es un dispositivo que transfiere energía de un circuito a otro también hace que la transferencia de energía sea por inducción electromagnética, los circuitos están aislados eléctricamente y acoplados magnéticamente. Transfiere la energía manteniendo constante a la frecuencia y usualmente lo hace cuando existe un cambio de voltaje.

Las partes principales que componen un transformador de potencia de la planta son las siguientes:

Núcleo, devanados primario y secundario, boquillas aisladoras para conexión, herrajes para sujeción del núcleo, ganchos de sujeción, base para rolar, placa de características, placa de conexión a tierra, instrumentos indicadores, protecciones propias.

El transformador instalado en la Planta Chichaic es trifásico, con núcleo tipo acorazado con enfriamiento tipo natural su conexión es estrella – delta. La conexión delta en el secundario provee una vía cerrada, permitiendo la circulación de la componente de la tercera armónica de corriente sin carga. Por consiguiente en el lado primario la corriente sin carga es senoidal y como la onda de flujo es senoidal las otras funciones tendrán las mismas características.

Figura 13. Transformador de potencia



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

Figura 14. Placa del transformador



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

Datos del transformador de potencia:

Marca del Transformador:	Lepper
Tipo:	500x750 / 20 /4
Año:	1,963, #63170
Potencia:	750 KVA
Modelo:	LT Serie DB
Frecuencia:	60 Hz 1-13464
Grupo de conexión:	Yd5
Tensión:	V2-13200-360 Funcionamiento 20/05
Tensión:	V3-12936 Tensión De C/C % 4.4
Corriente:	A 32.8-1340
Refrigeración:	S
Peso Total:	2.18

Los transformadores que observamos en la planta hidroeléctrica Chichaic son:

- Transformadores de potencia trifásico
- Transformadores convencionales de distribución con secundarios de baja tensión.
- Transformadores de medición (800.5)
- Transformadores de protección(400:110)

Un transformador de potencia es un elemento esencial en la distribución de energía eléctrica ya que las pérdidas en las líneas de transmisión son

proporcionales al cuadrado de la corriente en la línea, mientras que el transformador al elevar el voltaje reduce proporcionalmente la corriente.

Los transformadores de potencial reducen el voltaje a medir a un potencial que no sea peligroso de manipular por el equipo y el personal técnico. Los transformadores de corriente reducen la corriente a valores más manejables por el equipo de control, permitiendo así obtener lecturas de la fase durante la medición pero haciendo que el personal técnico esté protegido de los peligros de alto voltaje.

2. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

2.1 Definición de control automático

Es un ordenamiento de componentes físicos conectados entre sí, para comandar, dirigir o regular a sí mismo con otro sistema. En el sentido abstracto es posible considerar cada objeto físico como un sistema de control.

En ciertas condiciones, las tareas que realiza el sistema de control tendrán que ser con un resultado óptimo. La búsqueda para alcanzar dicho objetivo requiere utilizar un sistema de control que tenga implementadas estrategias versátiles de manejo.

Actualmente, estos sistemas han cobrado un papel muy importante en el proceso de desarrollo y avance de la sociedad moderna respecto de la tecnología de punta.

Básicamente un sistema de control se compone de los siguientes elementos:

- Objetivos de control
- Componentes del sistema de control
- Resultados o salidas

La relación más importante entre estos tres componentes se ilustra en la figura 15, los objetivos se pueden identificar como entradas o señales actuales u , y los resultados se le llama salida o variable controlada, en general la función

principal de un sistema de control es observar las salidas mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control.

Figura 15. Componentes de un sistema de control



Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

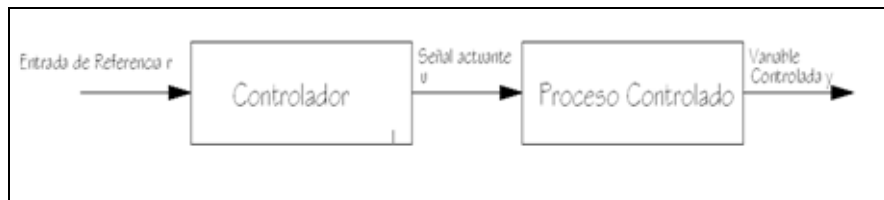
2.1.1 Sistema de control de lazo abierto

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida. Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

- a) La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.
- b) En estos sistemas no se tiene el problema de la inestabilidad, que se presenta en el sistema de control de lazo cerrado.

Los elementos de un sistema de control de lazo abierto se pueden dividir en dos partes: el controlador y el proceso controlado, como se muestra en la figura 16, una señal de entrada o comando r se aplica al controlador, cuya salida actúa como señal actuante u ; la señal actuante controla el proceso controlado de tal manera que la variable controlada se desempeñe de acuerdo con estándares preestablecidos.

Figura 16. Sistema en lazo abierto



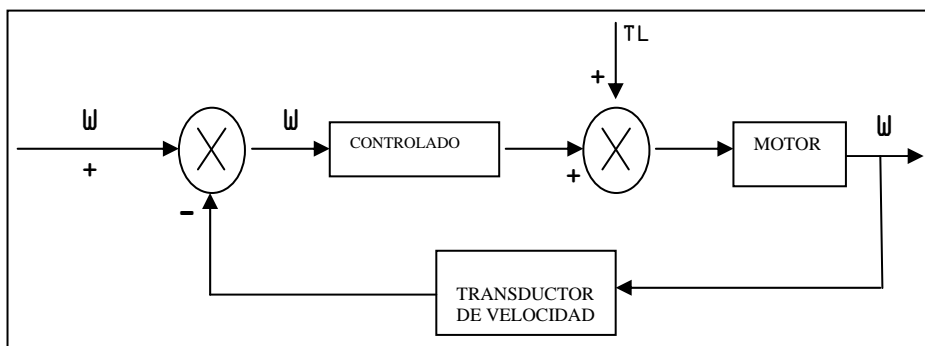
2.1.2 Sistemas de control de lazo cerrado

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida. Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación (o retroacción).

Un sistema de control de lazo cerrado se puede ver a través de la figura 17. La entrada de referencia ω , es la que proporciona la velocidad deseada. La velocidad del motor debe estar de acuerdo con el valor de referencia w_r , y cualquier referencia tal como la producida por el par de carga T_l , es detectada por el transductor de velocidad y el detector de error. La figura 18 compara los desempeños típicos de los sistemas de control de velocidad en lazo abierto y lazo cerrado. En la figura 18 (a), la velocidad del sistema en lazo abierto caerá y se estabilizará en un valor inferior después de aplicar un par de carga. En la

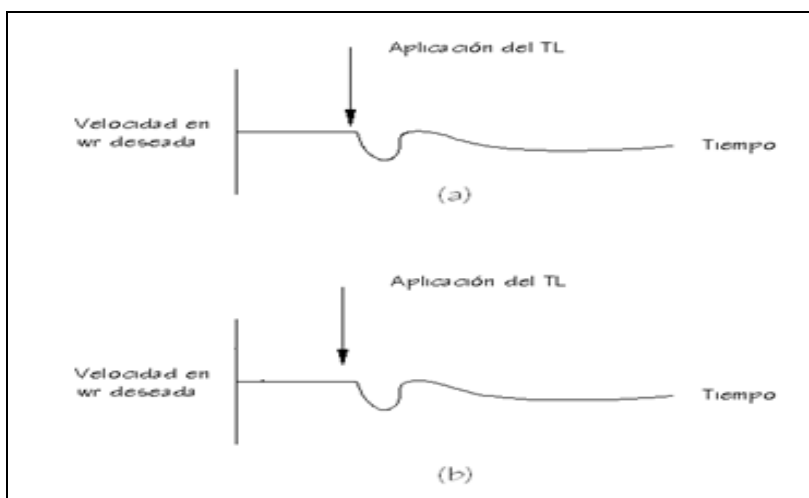
figura 18 (b), la velocidad del sistema en lazo cerrado se recupera rápidamente a su valor preestablecido después de la aplicación de T_L , el objetivo del sistema de control de velocidad ilustrado, conocido como el sistema regulado, es mantener la salida en el nivel preestablecido

Figura 17. Sistema en lazo cerrado



Fuente: Kuo Benjamín C. Sistemas de Control Automático, Séptima Edición

Figura 18. Desempeños típicos en lazo cerrado



Fuente: Kuo Benjamín C. Sistemas de Control Automático, Séptima Edición

2.2 Retroalimentación

Es la propiedad de un sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida.

Generalmente se dice que existe realimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones de causa y efecto entre las variables del sistema.

2.3 Sistemas de control retroalimentados

Estos sistemas de control se pueden clasificar en diversas formas, dependiendo del propósito de la clasificación. Por ejemplo, de acuerdo con el método de análisis y diseño, los sistemas de control se clasifican en lineales y no lineales, que pueden variar o no variar con el tiempo. De acuerdo con el tipo de señal usada en el sistema, se hace referencia a sistemas en tiempo continuo y en tiempo discreto o sistemas modulados y los sistemas no modulados. A menudo, los sistemas de control se clasifican de acuerdo con su propósito principal. Por ejemplo, un sistema de control de posición y un sistema de control de velocidad controla las variables de salida de acuerdo con la forma como su nombre lo indica.

2.3.1 Sistemas de control lineales y no lineales

Según los métodos de análisis y diseño. Estrictamente hablando, los sistemas lineales no existen en la práctica, ya que todos los sistemas físicos no son lineales en algún grado. Los sistemas de control realimentados son modelos ideales fabricados por el analista para simplificar el análisis y el diseño.

Cuando las magnitudes de las señales en un sistema de control están limitadas en intervalos en los cuales los componentes del sistema exhiben una característica lineal. Pero cuando las magnitudes de las señales se extienden más allá del intervalo de porción lineal, dependiendo de la severidad de la no linealidad, el sistema no se debe seguir considerando lineal. Por ejemplo, los amplificadores usados en los sistemas de control a menudo exhiben un efecto de saturación cuando la señal de entrada es demasiado grande, el campo magnético de un motor normalmente tiene propiedades de saturación. Lo que nos indica que muy a menudo las características no lineales son introducidas en forma intencional en un sistema de control para mejorar su desempeño o proveer un control más efectivo.

2.4 Definición de instrumentación eléctrica

En la cadena de retroalimentación resulta impredecible en algunos automatismos industriales poder realizar un lazo de control cerrado, con las conocidas ventajas en cuanto a cancelación de errores y posibilidades de regulación precisa y rápida, por lo mismo la cadena de alimentación requiere elementos de captación a los que llamamos sensores, deflectores y transductores.

A continuación se describe el funcionamiento de instrumentos que intervienen en procesos de control:

Sensor: es un dispositivo que convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica o magnética

Transductor: es el dispositivo que transmite una señal de un tipo de energía en otra. Codificado ya sea en forma analógica o digital.

Servomotor: es el mecanismo que tiene la misión de producir los movimientos necesarios en la aguja para conseguir el efecto de regulación adecuado. Como sucede que en función de la apertura, la fuerza hidráulica que actúa en la aguja varía, debe darse una compensación adecuada a ésta.

Deflector: se utiliza para la desviación del chorro y así evitar una aceleración en la turbina de modo que éste no incida en el rodete. Entonces el deflector tiene la misión de desviar el chorro de la rueda, cuando la turbina se queda de forma rápida sin carga por algún rechazo súbito.

2.4.1 Resultados deseables en el uso del transductor

La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se puede detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tendrá que ser cero.

Las características principales que cada uno de los instrumentos debe tener son las siguientes:

- La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión de los valores de una serie de mediciones será mínima.
- El rango de funcionamiento del sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.
- Velocidad de respuesta: El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.
- Calibración: El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben de ser mínimos. Además el sensor no debe necesitar una recalibración frecuentemente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual lo hace necesario su recalibración.
- Fiabilidad: El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallas frecuentes durante el funcionamiento.
- Selección de los sensores en la automatización: La selección se basa en la decisión sobre el cual es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse. Si el objeto es metálico, se

requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel o si es líquido (pasado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético.

Para elegir un sensor adecuado se deben de seguir los siguientes cuatro pasos: Forma de la carcasa, distancia operativa, datos electrónicos y conexiones, y generalidades.

2.5 Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

Parte de Mando: suele ser un autómeta programable (tecnología programada), antes se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de proceso industrial automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema. El mismo debe ser capaz de comunicarse con todos los componentes del sistema automatizado.

Parte Operativa: es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hace que una máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son las acciones de las

máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera. Los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información acerca de: la variación de ciertas magnitudes físicas del sistema y el estado físico de sus componentes. Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores.

2.6 Autómata programable

Un autómata programable industrial (API) o Programador lógico de control (PLC), es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los sistemas que hacen posible el accionamiento de los procesos.

2.7 Aplicación de los autómatas programables

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por

tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

2.8 Funciones básicas de un PLC

- **Detección:** Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- **Mando:** Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- **Dialogo hombre máquina:** Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado de proceso.
- **Programación:** Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

La programación del autómata consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones, escritas en un lenguaje de programación concreto. Estas instrucciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.

2.9 Definición de regulación automática

Es una rama de la ingeniería que se ocupa del control de un proceso en un estado determinado. También es llamada Teoría de Control, estudia el comportamiento de los sistemas dinámicos, tratándolos como cajas o bloques con una entrada y una salida. Generalmente, la entrada al sistema es una señal analógica o digital que se capta en algún punto del sistema. Los bloques intermedios representan las diversas acciones perturbadoras que afectan la señal, como rozamiento en los actuadores, así como el efecto de los elementos de control interpuestos, como por ejemplo los reguladores electrónicos.

La salida del sistema se llama referencia y corresponde al valor de la señal tras actuar sobre ella las anteriores funciones de transferencia.

3. PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA CHICHAIC

Actualmente, el costo de la energía eléctrica y su calidad se han convertido en un problema de generación. El continuo incremento en su costo ha generado interés para su ahorro, y su pobre calidad ha sido identificada como la principal causa de mal funcionamiento y continuas fallas en los sistemas de generación. Los problemas de regulación de voltaje son la causa del más de 90 % de los problemas eléctricos.

Por lo que este plan de trabajo se enfoca en proponer la sustitución de algunos elementos que operan actualmente en los generadores de la Planta Hidroeléctrica Chichaic. Actualmente existen en el mercado dispositivos electrónicos para operaciones modernas de sistemas de control y mando en plantas hidroeléctricas. Y como objetivo principal se enfocará el propósito a reguladores automáticos de voltaje y relevadores digitales multifunción, y para cumplir con dicho plan se desarrollará la propuesta de la siguiente manera.

3.1 Propuesta para la implementación del regulador automático de voltaje RAV

Actualmente, la Planta Chichaic cuenta con un sistema de regulación de voltaje que utiliza un sistema de excitación dinámica; a base de un generador de corriente continua que se encuentra montado en el eje del generador principal y utiliza el movimiento del rotor para generar corriente directa y por consecuencia poder alimentar el campo magnético del generador.

Por razones de vida útil de dicho sistema de excitación y que se constituye obsoleto dada su expiración de su rango de vida útil, veo la

necesidad de proponer su modernización mediante un cambio por un sistema de regulación de voltaje a base de tiristores, que tiene entre una de sus características proveer protección contra todas las fluctuaciones de voltaje y por su diseño, tecnología y robustez proporciona una amplia seguridad en cuanto a control y una protección duradera para el generador principal.

Los reguladores automáticos de voltaje se compone de microprocesadores que acepta una tensión de voltaje variable a la entrada, dentro de ciertos parámetros predeterminados y nos darán una salida de tensión constante (regulada). Su tiempo de respuesta y su velocidad de regulación son de manera rápida, además su diseño propicia para que se desconecten para auto protegerse en condiciones extremas de alta y baja tensión. Básicamente está compuesto por un transformador de excitación que se conecta en derivación a la salida del generador, un gabinete que contiene la electrónica de regulación, el convertidor de potencia así también dispositivos auxiliares de medición T_p 's y T_c 's y la lógica remota de control.

3.1.1 Beneficios del Regulador Automático de Voltaje

- Funcionamiento permanente y seguro de todos los equipos y las variaciones de voltaje de la red eléctrica no afectarán su funcionamiento así como la calidad de sus procesos y tiene un tiempo de respuesta inmediato.
- Elimina los excedentes de recursos económicos gastados innecesariamente, aprovechándose así todo el potencial instalado como: recursos técnicos, humanos y materiales.
- Incremento en la productividad y la eficiencia del sistema, también nos dará como resultado un aumento en la vida útil de los equipos instalados.

3.1.2 Operación del regulador automático de voltaje

Cuando el regulador está fuera de servicio, la salida del excitador manualmente controlada por el conmutador del ajustador principal, el cual controla el motor de ajuste y la salida del amplificador del voltaje de campo, de tal forma que se puede aumentar o disminuir los valores.

La salida del amplificador del voltaje de campo controla la salida del excitador estático por medio de la variación del ángulo de fase de disparo desde el circuito correspondiente, ésta señal se suministra a los circuitos de compuerta del amplificador de potencia de tiristores.

La excitación del generador es directamente proporcional al ajuste, evitando cualquier saturación posible en el mismo. El voltaje de las terminales del generador variará con la velocidad de la turbina cuando esté bajo control básico.

El valor básico de excitación del excitador a tiristores es sólidamente determinado por la posición del ajustador básico. La acción del regulador es aumento-disminución, desde el valor fijado en el ajustador del regulador de voltaje.

Con el regulador en servicio, el valor básico de excitación puede ser colocado o ajustado entre cualquier valor escogido; desde la condición sin carga del generador a la condición de plena carga.

Debido a que es necesario tener algún grado de error de voltaje, para poder

tener una señal de salida del circuito regulador, la desviación del voltaje no es totalmente corregida. La ganancia del regulador es tal, que en todo el rango desde la condición sin carga hasta la condición de plena carga; a factor de potencia nominal, el voltaje en terminales de la máquina (en condiciones de estado estable) la variación será de $\pm 0.5\%$ del voltaje nominal.

3.1.3 Funciones básicas del regulador automático de voltaje

3.1.3.1 Excitación inicial

El sistema de excitación a tiristores, con excitación propia; recibirá energía desde otra fuente de potencia para excitar el generador, durante el arranque o puesta en operación. Después de que el voltaje en las terminales del generador, sea mayor de cierto voltaje establecido; el sistema de excitación a tiristores operará normalmente y será autosuficiente.

Baterías estacionarias y suministro auxiliar de AC, son utilizadas para el suministro de energía durante la operación inicial. Cuando el generador es arrancado y alcanza el 90 % de su velocidad normal, el contactor de excitación inicial se cerrará mientras el interruptor del circuito de campo se mantiene cerrado.

Cuando el voltaje de las terminales del generador, alcanza un 30 % de su valor nominal, el sistema de excitación es energizado y produce un voltaje de salida. Como el voltaje del generador aumenta, la corriente de excitación es transferida automáticamente de las baterías al circuito propio de excitación; y cuando el voltaje del generador alcanza el 80% del valor nominal, el circuito de excitación inicial es desconectado.

En este caso, es necesaria que la batería DC sea protegida de cualquier

flujo de corriente desde el circuito de campo (circuito rectificador a tiristor) debido a que el voltaje del circuito del campo alcanzará valores más altos que el de la batería.

Para esta protección, un diodo ha sido provisto en el circuito de la batería para prevenir cualquier falla o daño interno. El diodo está colocado en la unidad donde está el contactor de la excitación inicial.

3.1.3.2 Interruptor magnético del circuito

El interruptor del campo, es un disyuntor magnético tripolar, y tiene bobinas separadas de cierre y disparo, con operación mecánica a través del relevador con mecanismo de disparo libre. El cierre del disyuntor, se inicia con la energización del circuito de cierre. Esta energía, opera el relevador que cierra sus contactos completamente y energiza las bobinas de cierre del disyuntor, todos los contactos del relevador son mantenidos abiertos debido al arreglo mecánico del mecanismo de operación; por lo tanto debido a las bobinas, las operaciones de cierre y disparo son seguras. Los contactos del relevador, no pueden ser reacoplados al mecanismo hasta que el circuito de cierre es desenergizado y el disyuntor abierto. El disyuntor tiene conmutadores auxiliares para varios circuitos de control.

3.1.3.3 Transformador de excitación

Este transformador de clase interior, de tipo enfriamiento natural; suministra potencia al sistema de excitación. Debido a que ejecuta un trabajo

de vital importancia, tiene un diseño especial de alta confiabilidad, diseño completo para el rango de incrementos de voltaje y frecuencia, y acentuación en sus aislantes.

Si el lado de alto voltaje está conectado en Y, el neutro no estará conectado a tierra para prevenir cualquier error en la operación del relevador de protección del generador debido a una sobresaturación del transformador.

La transmisión de cualquier impulso desde el lado de alto voltaje al del lado de bajo voltaje, es prevenido mediante placas aisladoras entre las bobinas; además el lado de alto voltaje pasa a través de un ducto para mantener la confiabilidad.

3.1.3.4 Protección de sobrevoltaje

Cualquier tipo de sobrevoltaje puede introducirse desde los impulsos de la iluminación, transientes de conmutación del sistema de potencia y transientes de mismo equipo a tiristores. Los semiconductores son susceptibles a sobrevoltajes o cambios bruscos de polaridad; por lo que para evitar destrucción de éstos dispositivos deberán protegerse correctamente. En el Supresor de Selenio, cuando un pulso de sobrevoltaje ocurre, la corriente a través del mismo se incrementa absorbiendo los transientes. Cuando la corriente disminuye, el supresor de selenio es restaurado.

En el caso de El Varistor de Carburo de Silicio tiene las mismas características del Supresor de Selenio, y es conectado entre las terminales de salida DC.

Los capacitores son probablemente los supresores más comúnmente utilizados, para baja energía y transientes muy agudos. Los capacitores necesitan ser conectados con resistencias en serie, para prevenir la posibilidad de oscilación entre el condensador y la inductancia distribuida del circuito al

recibir una onda de voltaje. Redes Supresoras RC con conectadas en las terminales de entrada, salida y en paralelo con los Puentes Rectificadores.

3.1.3.5 Limitador de sobrevoltaje del generador

Cuando un rechazo de carga del 110% ocurre sin Regulador Automático de Voltaje y el voltaje del generador aumenta, el limitador de sobrevoltaje del generador manda una señal de fase al circuito de disparo con lo que se limitará el voltaje hasta un 125%.

3.1.3.6 Protección de sobrecorriente

Los semiconductores tienen una capacidad térmica muy limitada, por lo cual precauciones especiales deben de ser implementadas para protegerlos contra cualquier corto circuito y corrientes anormales causadas por cualquier problema en el generador. Los fusibles de limitación de corriente, son usados como protección en los casos de sobrecorriente y sobrecargas pro corto tiempo. Estos fusibles estarán colocados en cada brazo del puente rectificador.

Si el fusible se quema, un microswitch montado en el fusible hará contacto y una lámpara neón indicará cual fue el fusible quemado, además un relevador entregará una señal de advertencia.

Cuando el generador y el circuito de control presentaran algún problema, el limitador de la corriente de campo enviará una señal de fase al circuito de

disparo, con lo cual se forzará a que la excitación permanezca en un valor de límite seguro.

3.1.3.7 Protección del transformador de excitación

Para la protección del transformador de excitación, dos dispositivos de protección son suministrados. En el primero que consiste en un sistema de relevadores de sobrecorriente de tipo inverso, el cual detecta cualquier corto circuito en el secundario del transformador y sobrecarga del transformador. En el segundo, consiste en un indicador de cuadrante de la temperatura equipado con su circuito de alarma y contactos de disparo el cual funciona para detectar alta temperatura en el transformador.

3.1.3.8 Canal automático

El canal automático consiste en una unidad microprocesada “Controlador Lógico Programable” (PLC) que constituyen un sistema de control digital que permite llevar a cabo la regulación de voltaje en las terminales de un generador síncrono manteniéndolo dentro de sus parámetros normales de operación con seguridad por la acción de los compensadores y limitadores de los cuales viene dotado el canal automático.

3.1.3.9 Canal manual

EL canal manual es muy similar al canal automático con la única diferencia de que el automático regula el voltaje en terminales, mientras que el manual regula

la corriente de excitación; de aquí que los conceptos descritos con anterioridad para el canal automático así como el hardware son válidos para el manual intercambiando solamente:

- Potenciómetro de referencia.
- Amplificador de error de voltaje por amplificador de error de corriente
- Limitador de corriente de campo instantáneo por limitador de voltaje de campo instantáneo.
- Amplificador de error de corriente por amplificador de error de voltaje de excitación.

El canal manual se considera hasta cierto punto como un canal de respaldo del canal automático, en caso de falla es éste último.

La función principal del este canal de regulación, es la de fijar una corriente en el campo del alternador, a partir de una referencia dada.

3.2 Implementación del relevador digital multifunción

Los generadores instalados en la planta Chichaic cuentan con un sistema de protecciones de más de cincuenta años de funcionamiento y requieren ser protegidos contra cortocircuitos y contra condiciones anormales de operación.

Entre los dispositivos de protección que están operando actualmente se encuentran los disyuntores e interruptores termomagnéticos y actúan cuando se presentan intensidad máxima, retorno de potencia, calentamiento del generador, derivación en el estator, nivel de tensión y nivel de frecuencia.

Con el avance de estudios sobre perturbaciones eléctricas se han encontrado fenómenos eléctricos que antes no se observaban en los esquemas antiguos de protecciones para generadores. Al estar sometido, el generador, a

dichos fenómenos como por ejemplo: Sobrevelocidad, pérdida de excitación, calentamiento de devanados, cojinetes y sobrecarga, etc., el generador puede sufrir daños o una falla completa en pocos segundos, por lo que es importante detectar y dar la orden de disparo automático. Este trabajo se consigue con la implementación de un relevador digital multifunción SEL 300G, que abarcaría incluso algunas áreas ignoradas hasta hoy.

El relevador propuesto es seleccionado de acuerdo a las características y la importancia de los generadores a proteger en la planta. Y las protecciones consideradas son: Protección diferencial, protección contra sobrevoltajes y protección contra sobrecorrientes, son tomados solamente estas protecciones por el hecho de que la planta es antigua y pequeña.

3.2.1 Características generales

3.2.1.1 Mejora en la sensibilidad de las protecciones

Debido a que las protecciones electromecánicas actuales están compuestas por elementos móviles y mecanismos que no son lo suficientemente sensibles a pequeñas variaciones de las magnitudes a medir que pueden ser corrientes o voltajes, principalmente que llevan muchos años de operación por lo que sufren desgaste y envejecimiento y ante todo que se convierten en dispositivos obsoletos para los requerimientos de hoy.

Los relevadores digitales multifunción pueden ser ajustados a que disparen cuando hayan pequeñísimos cambios, con el fin de que el generador no trabaje en condiciones desfavorables que pueden ponerlo en peligro o que reduzca su vida útil de servicio.

3.2.1.2 Protección contra secuencia negativa (corriente desequilibrada)

Debido a que en un sistema eléctrico se producen condiciones que pueden causar corrientes trifásicas desequilibradas en el generador. Estas corrientes del sistema producen componentes de secuencia negativa, que inducen una corriente de doble frecuencia que la del sistema en las partes no magnéticas del rotor, tales como eje, anillos de retención, chumaceras, cojinetes, etc. Incrementando la temperatura de éstos y causando en algunos casos que el material se funda y dañe al generador.

3.2.1.3 Protección contra falla a tierra en un 100 % del estator

Se basa en los principios sobre puestas a tierra de alta impedancia del neutro del generador. El esquema de protección contra falla a tierra del estator usado más comúnmente en sistemas con puesta a tierra de alta impedancia, es un relé de sobrevoltaje con retardo de tiempo (59N) conectado a través de la resistencia de puesta a tierra para detectar el voltaje de secuencia cero. Pero no nos ofrece una protección total, mientras que el relevador digital multifunción ofrece esa ventaja de cubrir el 100 % al estator.

3.2.1.4 Protección de doble nivel contra la pérdida de campo

La pérdida de campo de los generadores eléctricos es muy perjudicial en nuestro sistema eléctrico puesto que implica un consumo súbito de potencia reactiva. La potencia del primotor del generador suministrará potencia real al

sistema, operando así como un generador de inducción.

La cantidad de potencia reactiva que demanda la máquina del sistema, depende de la localización relativa de ésta, así como del tamaño relativo. En algunos casos la demanda de reactiva del sistema puede ser tan grande que puede llegar a desestabilizar el sistema.

3.2.1.5 Energización inadvertida del generador

Esta protección es de mucha importancia ya que al realizarse una maniobra de energización inadvertida se puede destruir el generador, pues funcionaría como motor de inducción, y representaría un peligro para el personal operativo de la planta que esté cerca.

3.2.1.6 Pérdida de fusible del transformador de potencial (PT)

La pérdida de la señal del voltaje en las terminales del generador puede asociarse a varias causas, siendo la más común la falla del fusible en uno de los transformadores de potencial (PT). Otras causas pueden ser una verdadera falla del PT o bien del cableado, algún circuito abierto en los montajes corredizos, una abertura del contacto debido a corrosión, o bien un fusible fundido del PT.

Al perderse la señal de un PT conectado a las terminales del generador, los voltajes trifásicos se desequilibran; y por consecuencia se produce un voltaje de secuencia negativa. Para distinguir entre esta condición y una falla, se verifican las corrientes de secuencia negativa del generador.

3.2.1.7 Disparo secuencial

Este modo de disparo es utilizado principalmente en generadores de vapor para evitar sobrevelocidades, cuando el disparo retardado no tiene efectos perjudiciales sobre la unidad generadora al momento de presentarse una falla. Es usado para poder disparar al generador cuando tiene problemas en el impulsor y no se requiere un disparo instantáneo de alta velocidad. El primer dispositivo a disparar serán las válvulas de las turbinas para proporcionar seguridad contra la presentación de una sobrevelocidad, asegurando que los flujos hayan sido reducidos para luego efectuar los disparos del interruptor principal del generador y del circuito de campo.

3.2.1.8 Monitoreo con oscilógrafo

Los relevadores digitales traen incorporados los oscilógrafos para medición de voltajes y corrientes, y se pueden utilizar para analizar el comportamiento de los generadores en la planta.

Usando la capacidad de comunicación remota de estos relés, se puede lograr con rapidez el acceso a la información de algún evento en el generador, y determinar si los relés o interruptores automáticos funcionaron adecuadamente.

3.2.1.9 Falla del interruptor del generador

Cuando el sistema de relés de protección opera para disparar el interruptor automático del generador y el interruptor no funciona, es preciso activar un esquema de falla del interruptor. Dadas las sensibilidades requeridas, hay importantes diferencias entre la manera de aplicar un esquema de falla local del interruptor, por medio de relevadores electromecánicos o bien por un sistema a base de relevadores digitales que están diseñados con alta sensibilidad en su operación.

3.2.2 Beneficios que presenta el relevador digital multifunción

La funcionalidad de la protección (“selección cuidadosa”) es de gran importancia porque permite que la configuración específica del Relé Digital de Multifunción sea controlada por el usuario, y no por el fabricante. El costo es proporcional al nivel de funcionalidad que se requiere. Al utilizar un relé con las funciones básicas necesarias, el usuario configura el equipo de protección para una aplicación específica y consecuentemente minimiza su costo.

El autodiagnóstico permite la detección inmediata de fallas en el relé.

Los Relés Digitales de Multifunción cuentan con capacidad de comunicaciones. Dos puertos de interfaz en serie, COM1 y COM2, son puertos estándar RS-232 de 9 pines con configuración DTE. El puerto del panel frontal, COM1, se usa para ajustar e interrogar localmente al relé por medio de una computadora.

El segundo puerto RS-232, COM2, está en la parte trasera de la unidad. Un puerto configurado RS-485, COM3, está disponible también en el bloque de

terminales atrás de la unidad. Cualquiera de los puertos del panel posterior, COM2 Y COM3, puede usarse para ajustar e interrogar remotamente al relé por medio de un Módem.

Con el relé se suministra software de comunicación (IPScm), que funciona con el sistema operativo Microsoft Windows. La comunicación con múltiples relés se puede realizar usando un sencillo y económico divisor de señales de comunicaciones y un Módem compatible con Hayes, a velocidades hasta 19,000 baudios.

Generalmente se le solicita información según el estado (abierto o cerrado) de los interruptores clave de generación e interconexión, así como la salida instantánea en MW o MVAR del generador. Asimismo tiene la capacidad de ser interrogado desde un lugar remoto para determinar los eventos de operación y permitiendo disponer de información esencial para restaurar la unidad generadora al sistema en caso de disparo

3.2.3 Característica del relevador Schweitzer Engineering Laboratories SEL 300G

Protección de falla a tierra en 100% del estator, utilizando la frecuencia fundamental del sistema y los diferenciales de voltaje de tercer armónico.

Protección diferencial

Protección por pérdida de sincronismo

Sobreexcitación

Potencia inversa

Protección térmica

Grabación de eventos y de fallas

Sobrevoltaje

Sobrecorriente

Sobrebajafrecuencia

Desbalance de corriente

Tierra en el campo

Software ACSELERATOR para ajuste y monitoreo por computadora

Puertos de comunicación e impresión.

3.3 Implementación del medidor de energía ION 8600

Cada uno de los generadores de la Planta Hidroeléctrica Chichaic dispondrá de un dispositivo electrónico, que desplegará en su pantalla digital la energía que produce independientemente.

Esto lo hace tomando una muestra de corriente, a través de un transformador de corriente antes de llegar a un interruptor al vacío colocados en cada uno de los generadores, y tomando 120 voltios de un transformador de potencial conectado también antes del interruptor al vacío. Con los 120 voltios y la muestra de corriente el medidor de energía, ION 8600 caja de conmutación, le proporcionará al operador de la planta hidroeléctrica una lectura en kilowatt-hora producida por cada generador.

Las funciones que quedarán habilitadas en este medidor son:

Visualización del voltaje de fase a fase

Visualización de la corriente por fase

Visualización de la potencia real

Visualización de la potencia reactiva

Visualización de la potencia aparente

Visualización del factor de potencia

Visualización de kilowatt-hora

El medidor de energía ION8600 cuenta con las opciones de lectura de transitorios, de componentes simétricas, armónicas y puerto de comunicación vía Ethernet para comunicación con servidores pero por carecer de sistemas automáticos en la Planta Hidroeléctrica no serán habilitados.

3.4 Instrumentación del cuadro de mando

Actualmente se tiene en el cuadro de mando, frecuencímetros, voltímetros y amperímetros que son del tipo analógico, dado que la Planta Hidroeléctrica data de muchos años atrás, por consiguiente todos los instrumentos de medición son de acuerdo a las ventajas tecnológicas que se ofrecían en el comercio de dispositivos de esa época.

El propósito fundamental que motiva la presentación de este trabajo, se debe a la utilización de mecanismos que contengan dispositivos electrónicos modernos para su aplicación en plantas hidroeléctricas.

Las ventajas que ofrecen los voltímetros, amperímetros y frecuencímetros digitales son las de permitir lecturas más rápidas, de mayor precisión, sin error de paralelaje, de interpretación o de interpolación del operador. Como en todos los instrumentos digitales, el desarrollo de los circuitos integrados ha impulsado su uso, bajando los costos y el consumo de energía, así como mejorando su exactitud, precisión y estabilidad.

4. PLAN DE CONTINGENCIA

4.1 Bases legales

Con base al Decreto Ley No. 109-96, Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de fecha 12 de diciembre de mil novecientos noventa y seis, que literalmente dice:

CONSIDERANDO: que debido a las características del territorio guatemalteco, derivadas de su posición geográfica y geológica hace susceptible al país a la ocurrencia periódica de fenómenos generadores de desastres que con su caudal de pérdidas de vidas humanas, materiales y económicas, provocan paralización y retraso del desarrollo.

CONSIDERANDO: que por las causas y efectos indicados en la consideración, deviene la necesidad para el estado de Guatemala, de crear una organización que en el ámbito nacional esté en ella capacidad legal, económica, científica y tecnológica de coordinar, planificar desarrollar y ejecutar todas las acciones destinadas a reducir los efectos que causen los desastres naturales o antropológicos en la población ubicada en áreas de riesgo. Coordinadora que, para su efectividad, deberá disponer de la colocación y coordinación de entidades públicas, privadas, de servicio y organismos internacionales relacionados con esa clase de problemas, evitando la duplicidad de esfuerzos, logrando así una acción articulada e inmediata.

CONSIDERANDO: Que la Coordinadora que esta ley crea, deberá orientar todos los esfuerzos a establecer una política permanente y congruente

de prevención, mitigación y preparación que permita hacerle frente a los desastres y calamidades públicas de cualquier naturaleza, procediendo de conformidad con adelantos y experiencias que sobre la materia se tienden a escala nacional e internacional, cumpliendo con las resoluciones y convenios internacionales o regionales de los cuales Guatemala es signataria.

POR TANTO Decreta lo siguiente: LEY DE LA COORDINADORA NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE ORIGEN NATURAL O PROVOCADO EN GUATEMALA.

ARTÍCULO 1. Objeto. El objeto de esta ley es crear la coordinadora nacional para la Reducción de desastres o provocados, con el propósito de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción por los daños derivados de los efectos de los desastres.

ARTÍCULO 2. Integración. La Coordinadora Nacional estará integrada por dependencias y entidades del sector público y sector privado.

ARTÍCULO 3. Finalidades. La coordinadora nacional tendrá las siguientes finalidades.

Establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en todo el territorio nacional de Guatemala.

Organizar, capacitar y supervisar a nivel regional, departamental, municipal y local a las comunidades, para establecer una cultura en reducción de desastres, con acciones claras antes, durante y después de su ocurrencia,

a través de la implementación de programas, organización, capacitación, educación, información, divulgación y otros que se consideren necesarios. Implementar en las instituciones públicas su organización, políticas y acciones para mejorar la capacidad de coordinación interinstitucional en el área afines de la reducción de desastres de su conocimiento y competencia e instar a las privadas a perseguir idénticos fines.

Elaborar planes de emergencia de acuerdo a la ocurrencia y presencia de fenómenos naturales o provocados y su incidencia en el territorio nacional de Guatemala.

ARTÍCULO 4. Obligación de colaborar. Para los efectos de la presente ley todos los ciudadanos están obligados a colaborar, salvo impedimento debidamente comprobado. Los organismos del estado, las entidades. Autónomas y descentralizadas de éste y en general los funcionarios y autoridades de la administración pública, quedan obligados a participar en todas aquellas acciones que se anticipen a la ocurrencia de los desastres. Las personas naturales o jurídicas, entidades particulares y de servicio lo realizan conforme su competencia y especialidad. En proceso de atención a efectos de los desastres, todas las instituciones antes indicadas deben prestar la colaboración que de acuerdo con esta Ley sea adquirida.

ARTÍCULO 7. El órgano superior de la coordinadora nacional para la reducción de desastres será el Concejo Nacional y estará integrado por el sector público, entidades autónomas y por un representante titular y un suplente, que quienes laboran en forma ad honorem de las siguientes instrucciones:

- a) Ministerio de Defensa Nacional, quien coordinará.
- b) Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- c) Ministerio de Educación
- d) Ministerio de Finanzas Públicas
- e) Transportes y Obras Públicas
- f) Ministerio de Gobernación
- g) Coordinador de la Junta y Secretaria Ejecutiva de la Coordinadora Nacional, quien asistirá a las reuniones con voz, pero sin voto.
- h) Cuerpo de Bomberos Nacionales
- i) Asamblea de los Presidentes de los Colegios Profesionales.
- j) Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales Industriales y Financieras.

ARTÍCULO 8. Insivumeh. El consejo científico de la junta y secretaria ejecutiva estará integrado por el Instituto de Sismología, Vulcanología e Hidrología INSIVUMEH de acuerdo a las funciones que cada uno de ellos corresponde.

ARTÍCULO 9. Coordinadora Nacional. Sus niveles. La coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres se estructura en los siguientes niveles:

- a) Nivel Nacional
- b) Nivel Regional
- c) Nivel Departamental
- d) Nivel Municipal y
- e) Nivel Local.

ARTÍCULO 13. Metodología de trabajo. La metodología de trabajo perseguirá la integración, identificación y vinculación entre los sectores y entidades participantes en Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, en todas las instancias.

ARTÍCULO 21. Toda persona individual o jurídica tiene la Obligación de denunciar o de dar aviso de cualquier infracción a esta ley o su reglamento, así como de toda amenaza, acción evento y posible riesgo de desastre de la naturaleza que amenace la vida, salud, seguridad y bienestar del ser humano ante la autoridad más cercana o sus agentes, quienes de inmediato deberán dar parte de la denuncia a la autoridad correspondiente.

Además del Decreto Ley No. 109-96, Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, se hace necesario consultar los siguientes acuerdos y leyes:

- a) Constitución Política de República de Guatemala.
- b) Declaración Universal de los Derechos Humanos.
- c) Acuerdo Gubernativo No. 961-90
- d) Acuerdo Gubernativo No. 222-98
- e) Ley Forestal, Decreto No 101-96.

Código Municipal artículo 53 Atribuciones y Obligaciones del Alcalde
Inciso J, adoptará personalmente, bajo su responsabilidad en caso de catástrofe o desastre o grave riesgo de los mismos las medidas necesarias.

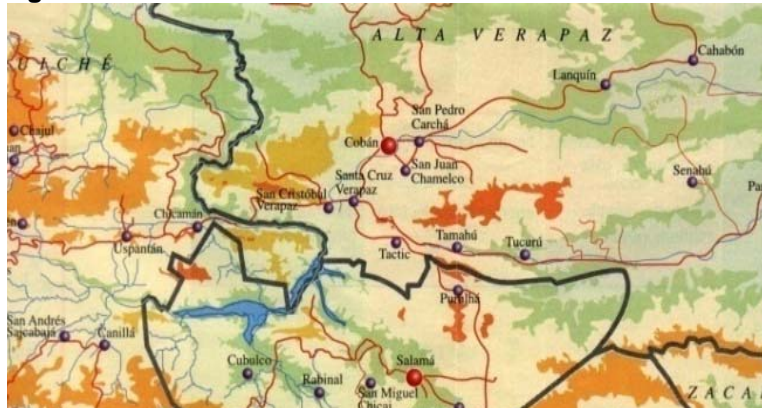
4.2 Antecedentes

El Instituto Nacional de Electrificación (INDE) contempla dentro de su programa de aprovechamiento del potencial de los Recursos Hidrológicos, el caudal del río Chichaic, por lo que se hace necesaria la construcción de la planta Hidroeléctrica Chichaic localizada en la zona norte de la República de Guatemala en el departamento de Alta Verapaz y el Municipio de Cobán. La presa de la Planta Hidroeléctrica está situada en la Aldea Chichaic Jurisdicción de Cobán Alta Verapaz, las principales obras que constituye esta planta Hidroeléctrica son:

- a) Presa
- b) Embalse de regulación
- c) Canal de distribución de 1773 mts. de longitud
- d) Casa de máquinas que abriga 2 Turbinas.
- e) Subestación Cobán.

Con las obras instaladas se aprovecha una caída de 30 metros. El área de la presa se encuentra a 2 kilómetros de la casa de máquinas de la Planta Hidroeléctrica.

Figura 19. Ubicación de la Planta Hidroeléctrica Chichaic.



Fuente: imágenes wikipedia la enciclopedia libre/Cobán

Figura 20. Presa de la Planta Hidroeléctrica Chichaic



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

La ubicación de la sala de maquinas de la Planta Hidroeléctrica Chichaic se encuentra al lado derecho de la corriente del río del mismo nombre, esta sala de máquinas se compone de varias equipos los cuales son ocupados por distintos dispositivos e instalaciones que la forman entre ellos: las dos Turbinas tipo Francis, dos Generadores Síncronos Trifásicos, Tableros de Control, transformador, Tubería de distribución, ductos de barras conductoras, grúas para la movilización de equipos (Montajes), oficina del operador, garita de control, cuartos de repuestos y cuartos de servicio.

El edificio está construido en concreto de 12 metros de largo por 4 metros de ancho, con dos niveles: el primer nivel resguarda todo el equipo principal de la planta hidroeléctrica así como la habitación del elemento de seguridad. En el segundo nivel encontramos la oficina del operador y su respectivo cuarto de servicio. El personal que labora en dicha empresa se traslada a las instalaciones en vehículos de la Institución.

La comunicación se hace por vía telefónica, radios de comunicación, señal de internet.

Figura 21. Sala de máquinas



Fuente: Planta Hidroeléctrica Chichaic

4.3 Análisis de riesgo

4.3.1 Incendio y explosión

Cortocircuito. En líneas eléctricas, tableros de control, lámparas, fluorescentes, balastos, cajas de interconexión, interruptores, máquinas y equipos.

Fuego en un generador. Por sobrecalentamiento, por una falla de aislamiento o un corto circuito.

Fuego en el transformador. Fuego dentro del tanque; los tanques que contengan material del tipo combustible deben de tener al menos un venteo para mantener la presión atmosférica.

Factores predominantes de incendios y/o explosiones

- Almacenamiento inadecuado de material combustible.
- Fumar en las instalaciones de la empresa.
- Uso y transporte inadecuado de combustible.
- Escapes o derrames de líquidos combustibles por deficiencia en la manipulación, deficiencia en el almacenamiento.

4.3.2 Sismos y terremotos

Gran parte del territorio de Guatemala se encuentra en zona catalogada como de alta actividad sísmica, lo que trae como consecuencias:

Incendios. Cuando a causa del sismo hay cortocircuitos, escapes de combustible, caída de instalaciones eléctricas o contacto de combustibles con artefactos eléctricos.

Deslizamientos. En laderas susceptibles a la inestabilidad que sucumben al movimiento de la tierra.

Licuación del suelo. Fenómeno que se produce en suelos sueltos, saturados con agua.

Crecidas repentinas de ríos y quebradas, a causa del terremoto se rompen presas o embalses; también se pueden generar deslizamientos de tierra sobre ríos y quebradas taponando sus cauces.

Afectación estructural y no estructural de edificaciones: colapso de edificaciones, rompimiento de ventanas, caída de equipos, ruptura de tuberías etc.

4.3.3 Tormentas e inundaciones

Guatemala es un país que por su localización geográfica, su variabilidad meteorológica, sus condiciones hidrográficas especiales, lo hace un país potencialmente vulnerable a tormentas e inundaciones que traen como consecuencia un aumento de caudal de los ríos afluentes de la presa causando desbordamientos en sus márgenes y zonas pobladas.

Debido a las lluvias abundantes el suelo se ve afectado en su estabilidad con desprendimiento de piedras y sedimentos en zonas de pendiente. Dichas inundaciones a nivel de la planta ocasionarían además de daños en los equipos, integridad física de las personas y funcionalidad de la empresa, podrían afectar a terceros que viven en la orilla río abajo de la presa.

Causas antropicas como ruptura de presa, tubería de presión (causas naturales, terrorismo) ruptura de tuberías que soportan altas presiones como manómetros.

4.3.4 Seguridad vial y transporte

El hecho de que la Planta Chichaic se encuentran fuera del perímetro del centro urbano, obligan al personal a desplazamientos en automotores, lo convierte en un riesgo para la seguridad física de los empleados.

El llevar a cabo obras civiles en la carretera que conduce del kilómetro 208.5 para las instalaciones a la planta hidroeléctrica de Chichaic se corre el riesgo de afectación personal y afectación a terceros. El transportar en automotores de la empresa a personal ajeno a la misma se corre el riesgo de emergencia por accidente automotor con afectación a terceros.

4.3.5 Seguridad

Definiendo como riesgo de seguridad, la vulnerabilidad de la Planta Hidroeléctrica Chichaic ante actos intencionales por ejemplo: robo, atentados contra la integridad física de las personas que aquí laboran, la estructura física de las instalaciones, los equipos importantes con un valor de alto costo y el ofrecer un servicio de generación de energía eléctrica básico para la sociedad; hacen que la empresa tenga una alta vulnerabilidad en emergencias que tienen origen en la seguridad y que pueden acarrear consecuencias afectando personas, infraestructura, equipos y funcionalidad de la planta.

4.3.6 Social

La planta hidroeléctrica Chichaic es vecina de comunidades con evidentes condiciones socioeconómicas bajas, esto en determinado momento podrían considerarse como factores de riesgos para la Empresa y el personal.

4.3.7 Incendio forestal

Definido como fuego que se propaga sin control consumiendo material vegetal en áreas donde predominan los bosques. Observando, las áreas que circunda las instalaciones en general de la planta, se aprecia alta vulnerabilidad en que se origine una emergencia por incendio forestal. El origen se puede dar por múltiples causas acentuadas por la deforestación y terrenos áridos, Entre otras causas tenemos: intencionales (sabotaje, pirómanos); involuntarias por quemas incontroladas, mal manejo de fogatas, etc. Originadas por la naturaleza por altas temperaturas en época de verano o por tormentas eléctricas.

Consecuencias: Destrucción de los recursos naturales: vegetación, fauna, suelo, contaminación del aire; destrucción de bienes y riesgo para la vida de las personas

Tabla I. Factores de vulnerabilidad

Numero	Riesgo
1	Incendio
2	Inundación
3	Sismo
4	Social
5	Seguridad
6	Incendio Forestal
7	Seguridad Vial y Transporte

4.4 Medios de protección

Tabla II. Medios de protección primeros auxilios

DESCRIPCION	CANTIDAD
Perihuela	1
Tabla marina	2
Sabanas	4
Guantes quirúrgicos pares	10
Hibitane galón	1
Unidades de gasas esterilizadas	100
Unidades de curaciones	10
Agua oxigenada, galón	1
Micropore unidad	1

Tabla III. Medios de protección para rescate y evacuación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Parihuela	1
Tabla marina	2
Sábanas	4
Guantes de cuero	0

Tabla IV. Medios de protección para conatos de incendio

DESCRIPCION	CANTIDAD
Extintores portátiles	4 (colocados en lugares estratégicos: oficina administrativa, sala de máquina, bodega, área externa, garita de seguridad)
Trajes de bomberos	1
Mascarillas de protección	15

Tabla V. Medios de protección para seguridad y vigilancia

DESCRIPCION	CANTIDAD
Cinta amarilla de precaución, rollo.	1

Tabla VI. Medios de protección punto de reunión

PUNTO DE VERDE DE REUNIÓN	
LUGAR	UBICACIÓN
A la entrada de la garita de seguridad	Norte

4.5 Entidades de apoyo

Tabla VII. Lista de entidades de apoyo

	Responsables	Dirección	Teléfonos
Entidad	Responsables	Dirección	Teléfonos
CONRED Región II Las Ve rapaces	Matías Figueroa Apoyo para coordinación	6ª. Calle 1 – 76 zona 4, Cobán A, V	70204597 / 55130002
IGSS Cobán	Dr. Jaime Valdez	Cobán	7951 1984
Centro Médico Galeno	Juan Caal García	Cobán	
Sanatorio Verapaz	Dr. Alex Maaz	Cobán	7951 1712
Hospital Regional de Cobán	Director	Cobán	79510060- 79510070
Bomberos voluntarios Cobán	Mario Chavarría Apoyo transporte	Cobán	79521212- 79513122
Instituto Guatemalteco de Seguridad	Dr. Ical	San Cristóbal Verapaz	7950 4002
Cruz Roja Cobán	Denis Welman Apoyo transporte	Cobán	79521459- 79513876- 79527951
PNC Cobán	Comisaría Apoyo seguridad	Cobán	79512222- 79510133- 79521225
CREOMPAZ	COMANDANCIA Apoyo seguridad	Cobán	

4.6 Descripción de Funciones

Coordinador general: Ing. Federico Chavarria (Supervisor de mantenimiento y control)

Funciones: instituir el plan de emergencia, ejecuta decisiones, solicita apoyo a niveles paralelos o superiores, autoriza las capacitaciones y los simulacros necesarios para realizar una preparación de atención a una emergencia, coordina la activación y la desactivación del plan de emergencia.

Coordinador: Mario Catalán (Operador administrativo)

Funciones: solicita apoyo técnico y científico para la ejecución de las capacitaciones y con esto fortalecer el plan de emergencia, actualiza el plan de emergencia, puede ejecutar el plan ante un evento suscitado, toma decisiones bajo la autorización directa del Coordinador General.

Subcoordinadores: Gregorio Chen Quib, Pablo Bac Cú, Sebastian Pop Lem, Roberto Ixtecoc Hernandez, Alfonso Macz (operadores técnicos)

Funciones: solicitan capacitaciones para el fortalecimiento del plan, actualizan el plan, pueden ejecutar el plan ante un evento suscitado, toman decisiones bajo la autorización directa del coordinador general, efectúan las funciones del coordinador en ausencia del mismo manteniéndolo informado de los acontecimientos.

Suplentes: Ricardo Bol Bac, Carlos Gua Morán (ayudante de operadores)

Funciones: solicitan apoyo técnico y científico para la ejecución de las capacitaciones en el fortalecimiento del plan, ejecutan el plan ante un evento suscitado, toman decisiones bajo la observación de los subcoordinadores del plan y pueden ejecutar las funciones de los subcoordinadores bajo la observación del coordinador.

Médico: Núman Elly Moino (médico de la planta hidroeléctrica Chixoy)

Funciones: participa indirectamente, pues siendo la planta propiedad del INDE y es una empresa de generación de energía eléctrica, su programa cubre a los trabajadores que laboran en la Planta Hidroeléctrica Chichaic

Coordinadora de Seguridad e Higiene Industrial: Licenciada Jenny Córdón
(Encargada de la seguridad e higiene industrial de la Central Hidroeléctrica Chixoy)

Funciones: puede diseñar un plan de emergencia acorde al nivel de operaciones de la Planta, Si hubiera un plan de emergencia establecido puede actualizar el mismo, solicita apoyo técnico y científico a entidades paralelas o superiores, puede ordenar la ejecución del plan ante un evento suscitado, puede efectuar las funciones de coordinador general.

4.7 Plan de acción

Actualizar y fortalecer el “Plan de Contingencia” de La Planta Hidroeléctrica Chichaic, con el apoyo de CONRED, con la finalidad de darlo a conocer a todo el personal.

Objetivos generales

- Hacer un diagnóstico de vulnerabilidad estructural y funcional de la Planta Hidroeléctrica Chichaic.
- Detectar los riesgos y posibles consecuencias de los mismos en el personal,
- equipos, infraestructura y funciones de la empresa.
- Organizar simulacros de evacuación de forma periódica, dependiendo de la amenaza.
- Capacitar al personal de la Planta, en procedimientos y recomendaciones a situaciones de emergencias o desastres detectados.

Objetivos específicos

- Evaluar los riesgos inherentes a la actividad, a las instalaciones, al personal y a la organización en general, para determinar aquellos que puedan presentar incidentes y generar situaciones de emergencia.
- Determinar la potencialidad de las consecuencias en los casos en que llegasen a generar situaciones de emergencia con base en la ubicación de los riesgos.

- Evaluar y analizar todos los medios o recursos técnicos y humanos con que la empresa cuenta para enfrentar los eventos y situaciones de emergencia que puedan presentarse.
- Determinar las necesidades tecnológicas, organizacionales y operacionales que complementen los requerimientos mínimos necesarios de la empresa, para que el nivel de respuesta a emergencias sea acorde con su magnitud.
- Orientar el diseño y estructuración del Plan de Emergencia de la empresa, involucrando los factores técnicos, humanos, económicos y sociales con el Análisis de Vulnerabilidad, acorde con la organización y con la magnitud de las emergencias que se puedan generar.

4.8 Procedimiento de evaluación

4.8.1 Estacionalidad

El plan se activa por estacionalidad, se hace por medio de avisos a través de sistemas de monitoreo, eventos por causantes localizados como:

- Inundación Mayo a Octubre
- Temporada de Lluvias Mayo a Octubre
- Incendios Forestales Marzo a Junio

4.8.2 Ocurrencia súbita

Cuando de manera abrupta y sin existir avisos previos, exista incremento en actividad, caudal y/o volumen y el tiempo para monitoreo no fuera suficiente.

- Invasión de comunitarios

- Terremoto
- Explosiones
- Incendios

Considerar todos los riesgos que se pueden presentar y generar una eventual emergencia, sus posibles alcances o potenciales consecuencias, los medios que se disponen para enfrentarlos, controlarlos y minimizarlos, con el fin de apoyar el diseño, estructura e implementación de un plan de contingencias acorde a las necesidades de la Planta Hidroeléctrica Chichaic.

4.9 Programa de educación y divulgación

Con el apoyo del comité coordinador del plan y a partir de las características de la región, se diseñan los programas de divulgación y educación para los diferentes grupos del proyecto y la comunidad.

La principal herramienta de todo plan de contingencia es la prevención, de ella depende que la implementación de medidas de atención sean lo más eficiente posible y que los procesos de restauración lo menos traumáticos.

Para cumplir con los procesos preventivos, tanto los programas de educación como de divulgación deben dirigirse a dos grupos básicos, el personal adscrito al proyecto y las personas que habitan en el área de influencia. La diferencia fundamental radica en la profundidad con la que se realicen los procesos, es decir, se requiere una mayor atención sobre aquellas

personas que se encuentran expuestas a un mayor riesgo y para la cual la afectación estará por encima de la que está dispuesta a manejar.

Divulgación: los programas de divulgación del plan de contingencias, se dirigirán a las comunidades asentadas en las veredas, aguas arriba del sitio de presa y en las veredas, aguas abajo del sitio de presa. Este proceso se realizará mediante charlas previamente programadas por las Juntas de Acción Comunal y con material didáctico como volantes.

Es prioritario dejar claro para la comunidad, el tipo de acuerdos que el coordinador general llegó con las autoridades municipales, evitando así la creación de falsas expectativas.

El diseño de volantes, así como su distribución y las charlas a la comunidad, son aspectos relevantes para mantener una comunicación sobre aspectos de interés. Es sumamente importante que durante el primer trimestre de ejecución del plan de contingencia, llevar a cabo una serie de charlas mensuales aprovechando las reuniones que tiene el COCODE del lugar y programar otras hasta que el plan de contingencia entre en operación y cuya periodicidad se definirá de acuerdo con las necesidades expresadas por los habitantes de las zonas aledañas a la planta hidroeléctrica.

Educación: los programas de educación estarán dirigidos a personas cuya Capacitación asegure un mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y el buen desarrollo del proyecto.

Para el personal que labora en el proyecto, se dictarán charlas acerca de cómo se debe actuar en caso de una emergencia, comportamiento en los sitios de trabajo y procedimientos constructivos. Estas reuniones se harán

mensualmente con todo el personal del proyecto, durante el primer año de aplicación del plan y a partir de ese momento, se programarán semestralmente como mínimo

Capacitación: posterior a una selección del personal que realiza labores específicas y maneja maquinaria especializada, se implementará un programa, ya sea dentro de la zona del proyecto o fuera de ésta, que permitirá la capacitación dirigida a minimizar los riesgos de operación como consecuencia del desconocimiento del obrero de las verdaderas virtudes del equipo que tiene a su cargo.

Entrenamiento: tanto para los grupos y brigadas que conforman el Plan de Contingencia, como al personal de los hospitales y del sistema local de atención y prevención de desastres, se posibilitará, como una medida de compensación, la realización de procesos de autoevaluación mediante simulacros y charlas, que permitan mantener el plan de contingencia vigente.

Los coordinadores del plan, luego de la capacitación entregarán a los trabajadores operativos del sistema el material necesario para atender emergencias y realizar simulacros.

4.10 Procedimiento en caso de emergencia

Las acciones durante la emergencia se pueden resumir, sin pretender incluir todas, en la siguiente relación:

Ubicar el siniestro:

Accionar un sistema de alarma de emergencia tanto interno como externo, dependiendo de la gravedad de la situación.

Coordinar los frentes y grupos de apoyo logístico.

Dar prioridad y coordinar la búsqueda y rescate de personas en el lugar del siniestro, sacar los heridos, prestarles los primeros auxilios y ubicarlos en los puestos de atención o trasladarlos al hospital más cercano, si así se requiere.

Dar la orden de evacuación:

El proceso de evacuación consiste en el conjunto de detección de actividades y procedimientos pendientes a conservar la vida y la integridad física de las personas, mediante el desplazamiento a través y hasta lugares de menor riesgo, al igual que el rescate y traslado al centro asistencial de las personas lesionadas y el salvamento de bienes de la empresa. En el proceso de evacuación se tiene tres etapas o fases.

Detección del peligro: es el tiempo transcurrido desde que se origina el peligro hasta que alguien lo reconozca.

Alarma: la señal audiovisual que alerte la existencia de peligro.

Preparación para la salida:

Tiempo transcurrido desde que se comunica la decisión de evacuar, hasta que empieza a salir la primera persona y la salida de la totalidad del personal.

Desarrollar medidas de protección a las instalaciones y bienes (Evitar posibles robos o saqueos).

Establecer y mantener el servicio de comunicaciones, después de dada la alarma controlando las llamadas al exterior.

Controlar el ingreso de personas y vehículos, el cual se suspenderá hasta nueva orden, exceptuando el ingreso de los integrantes del sistema de apoyo, debidamente identificados.

Determinar que ha pasado el peligro; ésta responsabilidad está a cargo del director del comité coordinador del plan

Dar aviso a la CONRED correspondiente para evaluar la situación.

Limpiar y restaurar el área, edificios e instalaciones afectadas.

Determinar el código de la emergencia

Código Rojo: para quienes requieran atención médica urgente entre los que incluyen problemas cardiorespiratorios, shock, quemaduras mayores del 20% de la superficie corporal, signos de asfixia, heridas penetrantes en el tórax o abdomen.

Código Azul: la atención médica puede esperar. Se presenta cuando hay heridas en tronco y extremidades cuyas lesiones se pueden mantener con vendajes compresivos.

Código Verde: son aquellos que pueden ser atendidos por el grupo de primeros auxilios.

4.11 Planes de contingencias para la atención de emergencias

4.11.1 En caso de sismos

Medidas preventivas

Debido a la amplia distribución y diversidad que pueden tener los efectos de un terremoto, la protección de las vidas humanas y de la infraestructura de la Planta como tarea de prevención, debe estar enfocada hacia la disminución de la vulnerabilidad, educando a los trabajadores y comunidad hacia un comportamiento defensivo durante y después del terremoto y preparar sistemas de comunicación de emergencias, que permitan solicitar el apoyo de las entidades de socorro.

Medidas de atención

Ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, el coordinador general del plan, evaluará el estado de las comunicaciones, a través de llamadas a cada uno de los frentes de la Planta determinando las causas de la interrupción de estas en algún sitio, e iniciará las actividades que permitan restablecimiento inmediato.

El coordinador del plan convocará a los subcoordinadores para que realicen una rápida evaluación de los daños y active el plan de atención de emergencias en caso de que el evento involucre vidas humanas.

Si la situación lo amerita, el comité de emergencias solicitará apoyo de las entidades externas y articulará la atención de las consecuencias del sismo a un programa regional de este tipo.

Una vez atendida la emergencia se convocará a la coordinadora de Seguridad e Higiene Industrial para evaluar los daños en cada uno de los frentes.

4.11.2 Por crecientes e inundaciones

Los mayores riesgos están relacionados con la ocurrencia de una creciente que supere el caudal máximo probable con el cual se diseñaron las obras, así como las zonas aledañas al río aguas abajo del sitio de la presa.

Medidas preventivas

Como medida preventiva en caso de la destrucción parcial del dique se deberán tener almacenados materiales con las características exigidas para su rápida reconstrucción; la ocurrencia de una creciente que no pueda ser amortiguada, podrá ser detectada con anterioridad, previniendo la exposición innecesaria de equipos y personas.

Medida de atención

En caso de detectarse que el caudal del río sobrepasara la altura del dique, se deberán activar las alarmas.

Se informará a los frentes de obra expuestos, mediante la activación de las alarmas de evacuación. En caso de no ser oportuna la evacuación, se desplazará el comité de emergencias con las brigadas de apoyo para poner en marcha el plan de emergencias.

4.11.3 Por desprendimientos de bloques, deslizamientos y derrumbes

Medidas preventivas

El detallado conocimiento de las características geológicas y geotécnicas es la mejor manera de prevenir accidentes provocados por deslizamientos.

La utilización de equipos, explosivos y maquinaria en zonas cercanas a sitios inestables deberá realizarse contemplando todas las precauciones que ello amerite.

Adelantar la operación de los llenos de acuerdo con los diseños (corte, altura de taludes, construcción de obras de drenaje, etc.).

Verificar continuamente que los diseños estén acordes con la realidad encontrada en campo, con el fin de adelantar las modificaciones que sean del caso.

Adelantar el mantenimiento preventivo de toda la infraestructura asociada a la planta hidroeléctrica (canales interceptores de aguas pluviales, drenajes, vías, cobertura vegetal, sistema de tratamiento, etc.).

Medidas de atención

En caso de taponamiento de filtros de evacuación de agua en llenos, se adelantará su lavado inmediato para garantizar las condiciones de flujo contempladas en el diseño.

En caso de deslizamientos, este se comunicará a las autoridades del caso (CONRED) y se impedirá el paso de personas y la circulación de vehículos por la zona afectada, mediante su adecuada delimitación y señalización. En caso de ser necesario, se evacuarán a las personas que se encuentren en el lugar del peligro; posteriormente se iniciarán las obras de reconstrucción cuidando de no causar un mayor deslizamiento.

En caso que el deslizamiento sea de grandes proporciones, se dará aviso inmediato a las entidades de apoyo externo para coordinar las actividades del caso, las cuales debe incluir como mínimo: des taponamiento inmediato de cantidades de aguas y vías para tránsito vehicular, y evacuación de comunidades presentes en el área de influencia del deslizamiento.

El manejo de deslizamientos en los frentes de obras superficiales, que traigan como consecuencia la pérdida de vidas humanas o heridos, debe incluir

la activación del plan de emergencias de la planta, evacuando a las personas afectadas.

Si el evento no involucra vidas humanas se debe retirar la infraestructura afectada y se procede a la limpieza y restauración de la zona.

Una vez realizada la evacuación de heridos, la coordinadora de seguridad e higiene industrial evaluará los daños causados, la posibilidad de un riesgo remanente y las medidas técnicas de restauración necesarias.

Elaboración de un informe del evento.

4.11.4 Por deforestación

Los procesos de deforestación que sufren las diferentes puntos de la zona de influencia del proyecto, podría generar problemas como cambios en el microclima, reducción de la humedad y aumento de la temperatura y de procesos erosivos; reducción de la capacidad del suelo de retener humedad, pérdida de regulación del régimen hídrico, conllevando a un aumento de la sedimentación y riesgos de inundación.

Medidas preventivas

Vigilar permanentemente los puntos altos al embalse, en la zona de influencia directa de la planta.

Cercar las zonas que serán declaradas como de protección de las cuencas, de acuerdo a lo establecido en el plan de manejo ambiental.

Realizar programas de educación en temas relacionados con la conservación de recursos.

Medidas de atención

En caso de que se detecten actividades de deforestación, se debe dar aviso inmediato a la autoridad ambiental para que esta implemente las medidas requeridas como verificación de tenencia del respectivo permiso ambiental para la tala, decomiso del material extraído, entre otros

Hacer un inventario de las especies arbóreas extraídas y áreas afectadas, con el fin de planificar posteriores labores de reforestación.

Realizar un informe del evento

4.11.5 De orden social

Medidas preventivas

Manejo social adecuado, se constituye en la principal medida preventiva para evitar la ocurrencia de emergencias por terrorismo y paros.

El plan de manejo social del proyecto, deberá contemplar la aplicación de un programa de comunicación, participación comunitaria y educación cuyo objetivo es buscar la convivencia planta hidroeléctrica-región, a través de la aplicación de estrategias concretas.

Algunas medidas preventivas complementarias son:

- Encerramiento del sitio del proyecto.
- Dotar de carné a cada trabajador de la planta hidroeléctrica.
- Realización de rondas de vigilancia por el área de la planta hidroeléctrica.
- Revisión permanente de la señalización y delimitación de las instalaciones de la planta hidroeléctrica.

- Revisión permanente de las condiciones de seguridad de las instalaciones y de los equipos que compone la sala de máquinas.

Medidas de atención

Actos terroristas:

Una vez ocurrido el atentado terrorista, se informará a la oficina del coordinador del plan, quien convocará al seguridad.

El seguridad informará a las fuerzas armadas en la zona (CREOMPAZ y Policía Nacional Civil), las cuales se encargarán de atender el evento hasta que se restablezca el orden público en el área afectada. Estas dos instituciones están autorizadas para atender este tipo de eventos.

Controlado el evento, el coordinador general del plan evaluará las consecuencias y de acuerdo con lo sucedido procederá de la siguiente manera.

En caso de presentarse víctimas, se activará el plan de atención de emergencias; en caso contrario el comité de seguridad evaluará el sistema de seguridad y recomendará las correcciones para futuros eventos de este tipo.

El coordinador del plan, en coordinación con el coordinador general, evaluará los daños sobre las obras.

El plan de atención debe exponerse a todo el personal de la planta hidroeléctrica, a través de un programa de divulgación, el cual deberá hacer énfasis en el comportamiento y actitud que el personal debe tomar en caso de presentarse este tipo de eventos.

Paro de labores en el área:

Iniciado el paro, el coordinador del plan, el coordinador y el seguridad, se comunicarán con las autoridades civiles y militares de la zona, con el fin de reforzar la vigilancia en los frentes de trabajo de la planta hidroeléctrica e

iniciará el proceso de negociación con los implicados. El coordinador general del plan convocará a estas instituciones.

En caso de que el movimiento no sea violento, se iniciará el proceso de negociación con las partes involucradas; el coordinador del plan elaborará un informe incluyendo los acuerdos y se encargará de la vigilancia de su cumplimiento.

Durante la atención del evento, se deberá verificar la identidad de las personas dentro de la Planta Hidroeléctrica, chequear que no se esté portando armas.

4.11.6 Por incendios y explosiones

Medidas preventivas

La principal forma de prevenir accidentes de este tipo es el conocimiento detallado de las normas de seguridad industrial, que se relacionan con el uso de explosivos. Por lo tanto, la medida preventiva obligatoria es la permanente capacitación y entrenamiento del personal encargado del manejo de explosivos.

Supervisión permanente por parte de personal experto en el manejo de explosivos.

Capacitación del personal para el control incendios relacionadas con el almacenamiento de combustibles, mediante la implementación del programa de salud ocupacional y seguridad industrial, el cual incluirá la señalización de las zonas de peligro, las precauciones que se deben tener durante el suministro a los vehículos.

Dotación de equipos para el control de incendios en áreas cercanas, lo mismo que la instalación de alarmas de incendio

Verificar de manera periódica las condiciones bajo las cuales se almacenan las sustancias comburentes, con el fin de determinar necesidades de ventilación.

Verificar periódicamente el adecuado mantenimiento de equipo y maquinaria.

Monitorear periódicamente la presencia de gases en el ambiente, con el fin de evitar concentraciones excesivas.

Medidas de atención

En caso de determinarse concentraciones de gases por encima de los umbrales permitidos, se deberá comunicar inmediatamente a los organismos de apoyo presentes en la zona de la planta y a evacuar el personal.

Posteriormente a la evacuación de personas, se procederá a determinar los métodos para disipar el gas sin que estos puedan causar problemas a las comunidades asentadas en cercanías al proyecto.

En caso de presentarse una explosión que genere incendio en la planta física, se deberá aislar las posibles fuentes de conflagración o propagación, mediante el retiro de material comburente, activar las alarmas de evacuación e iniciar labores de extinción.

Si el proceso de evacuación es oportuno y no hay víctimas (heridos o muertos), se aísla la zona del evento y se continúa con las labores de extinción.

Si se logra extinguir el fuego, se evalúan los daños y se inician las labores de reconstrucción y elaboración de un informe del evento.

Si el proceso de evacuación no fue oportuno o si no fue posible controlar el fuego, y se presentan víctimas, se activa el plan de atención de emergencias.

Una vez controlada la emergencia, el coordinador general evaluará los daños y el estado final de la infraestructura afectada con el fin de determinar las necesidades de reparaciones y restricciones.

El equipo evaluará la ejecución de las medidas constructivas correctivas y programará las acciones para su aplicación.

4.11.7 Por incendios forestales

Medidas preventivas

La información y señalización de las áreas vulnerables a incendios forestales es una medida de prevención importante de este evento.

La dotación de equipos para el control de incendios en áreas cercanas es otra medida de prevención, lo mismo que la instalación de alarmas de incendio y tener una brigada contra incendios, conformada por el personal que labora permanentemente en dicho centro.

Implementar y ejecutar de manera periódica un programa de mantenimiento de los equipos de riesgo.

Inspeccionar con frecuencia el estado de la cobertura vegetal implantada.

Sembrar especies resistentes a largos periodos secos.

Evitar quemas de bosques en los alrededores. Dado el caso programar jornadas de riego con equipo portátil, mediante el suministro de agua a las instalaciones de la planta hidroeléctrica por medio de mangueras de riego.

Medidas de atención

En caso de presentarse un incendio forestal en la zona de influencia directa de la planta hidroeléctrica se procede a aislar la zona del evento y se

inician labores de extinción con el apoyo del personal que labora en la misma, y los bomberos voluntarios de Cobán Alta Verapaz.

Si se logra controlar el incendio, se procede a la limpieza y recuperación de la zona y posteriormente se evalúan los daños y se elabora un informe Si no fue posible controlar el incendio, el comité de coordinación del plan informa a las autoridades locales para que apoyen la atención del evento.

Una vez controlada la emergencia, el coordinador general y el coordinador evaluarán los daños y el estado final de la zona afectada, con el fin de determinar las necesidades de reparaciones y restricciones.

El equipo evaluará la ejecución de las medidas constructivas correctivas y programará las acciones para su aplicación.

Para la extinción de incendios existen varias técnicas dependiendo de las condiciones del terreno, el tipo de bosque y de los recursos disponibles.

4.11.8 Por accidentes laborales

Medidas preventivas

Capacitar continuamente al personal vinculado al proyecto en las normas de higiene y seguridad industrial.

Suministrar la dotación de seguridad de trabajadores, guantes, botas de con puntera de acero, overoles de tela gruesa, casco.

Capacitar a la totalidad de los operarios del proyecto, administrador y jefes de sección en técnicas de primeros auxilios.

Medidas de atención

Retiro del operario o persona del sitio del accidente, si la naturaleza de este lo permite.

Suministro de primeros auxilios de acuerdo con el programa adoptado para el proyecto.

Determinación del estado de conciencia del operario.

En caso de considerarlo necesario, se deberá remitir el operario al hospital del municipio de la zona de influencia indirecta

4.11.9 Por emergencias sanitarias

Medidas preventivas

La manifestación masiva de una alteración de la salud en el área del proyecto, puede estar relacionada con enfermedades endémicas (fiebre amarilla, dengue, malaria), enfermedades epidémicas (de transmisión sexual, hepatitis B, SIDA) e intoxicaciones.

La prevención de las enfermedades endémicas se basa en la adopción de medidas personales de protección, dirigidas a reducir la exposición a los vectores transmisores de la enfermedad. Las medidas generales de protección anti-mosquito son:

- Dormir en cuartos con telas metálicas (o similares) en las aberturas.
- Usar insecticidas para eliminar mosquitos de las habitaciones.
- Usar mosquiteros en las camas
- Usar prendas de vestir que protejan el cuerpo, brazos y piernas (mangas largas, pantalón largo, etc.) al aire libre, sobre todo luego de la puesta del sol y al amanecer.
- Usar en zonas expuestas del cuerpo sustancias para repeler los mosquitos.

- Evitar las actividades fuera de la vivienda durante la noche (en especial entre las 6 y 8 pm), cuando los mosquitos transmisores son más abundantes y activos.
- Evitar o eliminar los focos de proliferación de los mosquitos como aguas estancadas.

Para el caso de la fiebre amarilla, la vacunación es la medida más eficaz contra el contagio, por lo que la OMS la recomienda para cualquier persona que viva fuera de áreas urbanas. En países situados en zonas de América Central y del Sur y parte del África, como es el caso de la zona de influencia de la planta hidroeléctrica Chichaic que está situada en Centroamérica.

Una dosis proporciona inmunidad durante diez años a partir del décimo día de Administración; por lo que se recomienda vacunarse 10 días antes de ingresar a zonas de riesgo.

La prevención de enfermedades epidémicas es la implementación de campañas de educación con el fin de controlar el contagio. Para el caso de la hepatitis B, la vacuna es la medida más eficaz.

La prevención de intoxicaciones masivas se logra mediante el seguimiento de normas de higiene en la preparación de alimentos.

Medidas de atención

En caso de que se evidencie la aparición de enfermedades endémicas, epidémicas o intoxicaciones entre la comunidad y el personal vinculado con la Planta Hidroeléctrica, se tomarán las siguientes medidas:

Enfermedades endémicas (fiebre amarilla, dengue, malaria):

El médico de la planta deberá informar al comité coordinador del plan, Quién se encargará de dar aviso al Hospital Regional de Cobán.

Se identificará en el área de la planta hidroeléctrica, el sitio donde se localizan los focos de generación de vectores, como aguas estancadas.

Se realizará una fumigación de los centros poblados del área de influencia (Caseríos, campamentos, talleres, oficinas).

Se intensificarán las campañas de prevención y educación con el fin de evitar la propagación de la enfermedad.

Enfermedades epidémicas (de transmisión sexual, hepatitis B, SIDA):

Intensificar campañas de educación, con el fin de controlar la propagación de la enfermedad.

Acorde con el tipo de enfermedad, realizar campañas de vacunación, tanto para los empleados de la planta hidroeléctrica, como para los habitantes de la población en la zona.

Intoxicación: en caso de intoxicación masiva, se activará el plan de atención de emergencias, para proceder a la atención y remisión de los afectados, de ser necesario, a los hospitales.

Evaluar las causas de la intoxicación y realizar las medidas correctivas.

5. MÉTODOS DE CAPACITACIÓN

Cuando hablamos de métodos de capacitación nos referimos a las aptitudes y habilidades que tenemos que aplicar para la satisfacción del tener como resultado un trabajo técnicamente bien elaborado cumpliendo las normas y requerimientos que establecen las reglas del trabajo.

La capacitación puede efectuarse de manera informal o formal. La manera informal consta de un conjunto de instrucciones que se dan sobre la marcha, por ejemplo: un supervisor indica a un empleado la utilización correcta de las herramientas o enseña a un técnico como llevar a cabo un control de registros del mantenimiento de un sistema. Muchas de las funciones de un supervisor incluyen algún tipo de capacitación. Una retroalimentación constructiva puede mejorar el desempeño de un empleado de una manera más efectiva que la capacitación formal. El administrador debe decidir el tiempo de duración de un curso de capacitación después de determinar que un trabajador necesita capacitación formal. Estos cursos pueden durar desde un día hasta varios meses, según sea la complejidad de las técnicas que se enseñen.

5.1 Objetivos de los métodos de capacitación

5.1.1 Productividad

Las actividades de capacitación de desarrollo no solo deberían aplicarse a los empleados nuevos sino también a los trabajadores con experiencia. La instrucción puede ayudarle a los empleados a incrementar su rendimiento y desempeño en sus asignaciones laborales actuales.

5.1.2 Calidad

Los programas de capacitación y desarrollo apropiadamente diseñados e implantados también contribuyen a elevar la calidad de la producción de la fuerza de trabajo. Cuando los trabajadores están mejor informados acerca de los deberes y responsabilidades de sus trabajos y cuando tienen los conocimientos y habilidades laborales necesarios son menos propensas a cometer errores costosos en el trabajo.

5.1.3 Planeación de los recursos humanos

La capacitación y desarrollo del empleado puede ayudar a la Planta Hidroeléctrica Chichaic y a sus necesidades futuras de personal.

5.1.4 Salud y seguridad

La salud mental y la seguridad física de un empleado suelen estar directamente relacionados con los esfuerzos de capacitación y desarrollo de una organización. La capacitación adecuada puede ayudar a prevenir accidentes industriales, mientras que en un ambiente laboral seguro puede conducir actividades más estables por parte del empleado.

5.1.5 Prevención de la obsolescencia

Los esfuerzos continuos de capacitación del empleado son necesarios para mantener actualizados a los trabajadores de los avances actuales en sus

campos laborales respectivos. La obsolescencia del empleado puede definirse como la discrepancia existente entre la destreza de un trabajador y la exigencia de su trabajo. Puede controlarse mediante una atención constante al pronóstico de las necesidades de recursos humanos, el control de cambios tecnológicos y la adaptación de los individuos a las oportunidades así como los peligros del cambio tecnológico.

5.1.6 Desarrollo personal

No todos de los beneficios de capacitación se reflejan en esta misma. En el ámbito personal los empleados también se benefician de los programas de desarrollo administrativos, les dan a los participantes una gama más amplia de conocimientos, una mayor sensación de competencia y un sentido de conciencia, un repertorio más grande de habilidades y otras consideraciones, son indicativas del mayor desarrollo personal.

5.2 Método de presentaciones audiovisuales

Los materiales de computación y audiovisuales se han vuelto necesarios en los procesos de enseñanza capacitiva de los centros educativos y actualmente tienen un papel cada vez más destacado en la educación. El material audiovisual favorece el aprendizaje ya que renueva la capacidad de atención y actúa como catalizador del proceso de enseñanza aprendizaje, logrando captar la atención de cada individuo de manera proyectiva. Tiene una aplicación muy versátil y posibilita toda clase de combinaciones.

Entre los medios audiovisuales más utilizados podemos mencionar los siguientes:

- Los de comunicación visual: las ilustraciones, fotos, dibujos, gráficos, pizarra magnética, franelógrafo, proyecciones de diapositivas, cine y retroproyector.
- Los de comunicación auditiva: los instrumentos de registro y reproducción, radiofonía.
- Los de comunicación audiovisual: montajes audiovisuales, cine sonoro y video interactivo.

El material de computación ha avanzado mucho en poco tiempo, haciendo que las computadoras sean cada vez más pequeñas y potentes y consumen cada vez menos energía, pero el cambio más espectacular se ha producido en los sistemas ópticos de almacenamiento de información (CD-ROM) y sobre todo en los programas (software), a los que se unen el desarrollo de inteligencia artificial y los lenguajes de autor que han supuesto un gran avance en el diseño de programas educativos.

En los métodos de capacitación audiovisual se pueden usar carteles pues resultan más efectivos en la presentación a pequeños grupos de personas. Las diapositivas se utilizan mejor para grupos grandes haciendo un mejor trabajo para mostrar ciertos detalles reales, son de 2X2 pulgadas y se archivan muy fácilmente. En formatos de 20X30 centímetros para presentación es suficiente, utilizan un fondo de color que es mejor que un fondo blanco, pues resulta más cómodo para la vista, también la combinación de colores en las proyecciones hacen que se mantenga más el interés de parte de quienes reciben la capacitación. También se puede fotografiar para luego hacer diapositivas de colores y proyectarlas con el fin de hacer una presentación más técnica.

Al utilizar el método de presentación audiovisual es importante preparar un libreto en papel común con las diapositivas, colocarle un comentario al lado de cada fotografía, lo cual servirá de guión para la presentación.

Con la ayuda y facilidades que ofrece un sistema por medio de computadoras, existen métodos de presentación de “data Show”, “power point” que dan además de una buena presentación, gran agilidad y claridad a las presentaciones.

5.3 Método magistral

Parte del proceso de enseñanza aprendizaje se desenvuelve mediante la transmisión oral de conocimientos, a partir de este modelo se conciben tanto las lecciones magistrales como la conferencia.

La conducción magistral de la clase implica una situación unilateral de comunicación, es decir, que el docente realiza una síntesis en forma oral de un contenido específico del programa.

Una de las acciones principales que cumplen los estudiantes cuando se desarrolla una clase de enseñanza por el método magistral es tomar apuntes, algunos muestran más importancia a estos apuntes que a los textos mismos que originaron la lección.

Lo que se pretende es que el profesor resuma los aspectos más importantes del programa y los transmita en forma oral, para luego ser repetidos por los estudiantes.

Si bien es cierto, este es un método sumamente utilizado y de alguna manera eficaz a la hora de afrontar ciertos temas que requieren en mayor medida la memorización de reglas, conceptos o fórmulas, también es cierto que el abuso de su aplicación es peligroso, en cuanto se puede perder la atención del alumno si no se cuidan algunos aspectos tales como:

- Tiempo de exposición
- Adecuada utilización de otros recursos como: diapositivas, transparencias, etcétera
- Ignorar “los mensajes” de los estudiantes como cansancio, aburrimiento, sueño, etcétera.

Según el profesor MENA “para que la clase magistral sea realmente útil debe de ser una lección integral, es decir, una especie de síntesis entre la exigencia lógica y la exigencia psicológica, su contenido debe aspirar a ser un término medio entre ambas partes: la exigencia lógica, que corresponde al tema, y la exigencia psicológica, que corresponde al binomio profesor-alumno (MENA 1,996:136 lea métodos didácticos).

Cuando MENA se refiere a la exigencia lógica, se refiere a que claramente, el docente posee mayor cúmulo de experiencia y conocimientos, por lo que es lógico esperar que él se refiera con mayor propiedad al tema en particular. Sin embargo, también existe una exigencia psicológica y es que el docente tiene al frente personas que también poseen experiencias y opiniones, por lo que es importante considerar la intervención de los alumnos.

Para proporcionar una óptima clase magistral se debe introducir el tema, explicar con claridad y fluidez sus aspectos más relevantes y finalmente realizar un contenido sintético detallado de la manera más sencilla y breve.

5.4 Método autodidáctico

Cuando hablamos de un método de aprendizaje nos enfocamos a la capacidad que tiene el ser humano para abrirse y adquirir nuevos conocimientos mediante técnicas que hagan más susceptible la capacidad de registrar la información más fácilmente en su memoria, para luego conformar una base de datos mental.

Cuando hablamos de educación autodidáctica o autoaprendizaje nos referimos al proceso de incorporar nuevos conocimientos donde uno mismo selecciona la información y se evalúa así mismo haciendo prácticas o experimentos.

El autoaprendizaje forma parte del instinto del ser humano, este se empieza a desarrollar desde muy temprana edad mediante los juegos, lo cual tiene la función principal de descubrir y aprender nuevas habilidades o mejorar las que ya se poseen.

Lo que se propone con éste método es darle libertad de aprendizaje al estudiante y adquirir los conocimientos que realmente interesan conocer logrando un rendimiento eficaz, donde el principal estímulo no sea una

calificación positiva o aprobar una materia, sino la realización personal e incremento del potencial de sus habilidades.

Basados en el concepto de que la educación a distancia es una modalidad mediante la cual se transfieren informaciones cognoscitivas y mensajes formativos a través de vías que no requieren una relación de contigüidad presencial en una locación determinada, podemos ver realizados los beneficios del método de educación autodidacta, sumando a la libertad (en tiempo y espacio) de cada estudiante.

Normalmente en el aprendizaje presencial el instructor brinda información y el alumno la memoriza, en cambio cuando una persona se enfrenta al reto de seleccionar la información que quiere procesar en base a sus propios objetivos y no a los de un grupo o institución, estará desarrollando su capacidad de aprender sin depender de otros, cualidad muy valorada por los buscadores de talentos en las empresas.

Las nuevas tendencias del mercado laboral buscan saber lo que la persona está haciendo actualmente, quieren saber lo que ella puede ser a partir de lo que pretende (de sus objetivos) y no lo que ella es como continuidad de lo que fue (de la repetición de su pasado), entonces lo que es necesario evaluar es su capacidad para aprender materias, investigar y resolver problemas diferentes cada vez.

El concepto de información libre se va difundiendo cada vez más y va ganando más adeptos por lo que un gran volumen creciente de información está disponible para ser utilizado, entonces la clave de aquellas personas que progresen estará basado en desarrollar su intelecto no para absorber la mayor cantidad de información sino desarrollar su intelecto para saber cómo y poder

acceder a la información, así como por su capacidad analítica, investigadora y solucionadora de problemas.

5.5 Método interactivo de enseñanza

El acto de comunicarse y el ciclo de enseñanza-aprendizaje tienen en común un rango esencial, la interacción entre interlocutores que comparten la forma y el contenido del mensaje, así como su intencionalidad y su funcionalidad. La intención y los efectos de la comunicación no se limitan a la transmisión de datos; la información que se transmite suele ser matizada mente rica en su formulación de intenciones. En los procesos de comunicación no solo se dice, también se hace, se proyectan intenciones, se consideran supuestos, se analizan las reacciones, se ofrece y se espera una determinada actitud, se ordena o se sugiere y se pretenden modificaciones intelectivas afectivas, con el interlocutor.

El paralelismo entre los procesos de interacción comunicativa y de interacción pedagógica cobra especial relevancia en la didáctica a utilizar en la fase de enseñanza-aprendizaje no es solo un acto de transmisión de contenidos sino un proceso de seguimiento, apreciación y valoración de los efectos de la actividad que realiza el docente y los discentes. Por ello, cuando en el proceso de interacción didáctica el contenido del mensaje presentado al alumno no resulta comprensible, significativo o motivador, hay que revisar los condicionantes didácticos para optimizar el fondo y la forma de los contenidos y procedimientos de la enseñanza.

La lengua se convierte en objeto, medio y fin de un conocimiento funcional válido para la interacción. Esta coincidencia de elementos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, más que una dificultad añadida, puede considerarse una ventaja metodológica, que ha de ser analizada en sus distintos aspectos desde la perspectiva del aula.

El aula es un espacio de interacción lingüística, pedagógica e intelectual. Entre los docentes y los discentes se produce un constante flujo de estímulos y respuestas; verbales, operativas o cognitivas que dinamiza la actividad. Si bien esa interacción se da en cualquiera de las materias del currículum escolar, en el aula la lengua es el distintivo de la concepción metodológica.

Es el aula o recinto, el espacio en el que se integran modelos, contenidos y procedimientos para desarrollar habilidades, actitudes y conocimientos para fines de capacitación.

5.6 Períodos de capacitaciones

En el proceso de capacitación se buscaron alternativas de enseñanza-aprendizaje, durante el cual se promovió la concientización del personal técnico humano para maximizar sus capacidades y aptitudes. Se logró cambios favorables en lo que actitud empresarial se refiere, se llamó la atención con la finalidad de atender la información y consecuentemente la adquisición de conocimientos para el bien de la empresa hidroeléctrica y porque no decirlo para el bien personal del desarrollo de cada elemento técnico de la empresa.

Para todo esto se estableció la base creativa basada en el principio de intercambio de información veraz y concreta no saliendo de marco esencial en lo que concierne al contenido del programa a exponer.

Mediante el conocimiento de las metodologías, como base para despertar el interés del trabajador para alcanzar la meta de la capacitación, se pudo observar la existencia de muchos métodos y estrategias aplicables a las actividades de capacitación, lo esencial es que se establezca un método que sea creativo, tanto si las actividades son puntuales, como si se deben emplear varias sesiones. Lo que cambia es la cantidad de estrategias según sea los procesos que se buscan para realizar.

Algo muy especial que se observa durante el proceso de capacitación es ser cuidadosos con el clima del recinto donde se llevará a cabo dicha sesión, es importante utilizar durante la exposición algún comentario de las experiencias operativas del expositor y lograr mediante esto atraer más la atención de los trabajadores, se ha visto que atrae más la participación y por ende un canal abierto de comunicación.

Entonces la cuestión es estimular la competitividad personal de cada elemento humano que trabaje en la empresa, fomentando así el desarrollo un programa de alternativas en lo que a modernización se refiere, utilizando medios creativos que deben de caracterizarse por ser flexibles en cuanto a la orientación, la indicación de alternativas y la autonomía; la motivación, las preguntas y las sugerencias; así como el descubrimiento y la capacidad de asociar. La combinación y los medios que hacen posible estos procesos de

capacitación exigen una organización que contribuya a crear ese ambiente de cooperación en un intercambio cordial de experiencias y conocimientos.

Podemos referir uno de los métodos alternativos es el de exposición de alternativas que permite al expositor introducir contenidos y conceptos lo cual constituye una vía de transmisión de conocimientos de manera eficaz logrando presentar como introducción temas ya sean generales o específicos de presentación.

5.7 Generalidades

Según las investigaciones y experiencias, para que una sesión expositiva alcance los objetivos deseados se deben de tener en cuenta lo siguiente:

- Una cuidadosa preparación, lo que implica dedicar un tiempo necesario a pensar y proyectar que es conveniente hacer, porqué y como.
- La organización de la sesión requiere establecer a priori la secuenciación de fases que forman parte de las actividades según sea el tema a proyectar.
- La claridad expositiva, es decir plantear el tema y las actividades del modo más conveniente.
- La utilización de medios audiovisuales, donde la preparación o realización de diapositivas, transparencias y la utilización de videos son fundamentales a la hora de exponer los temas.

- Las distintas fases que se requiere para la realización del trabajo o proyecto deben estar combinados con distintos tipos de ejercicios o experiencias.
- La realización de comparaciones y contrastes, para facilitar las vías en la exposición de datos e información de la documentación acerca del tema a exponer.
- Mostrar interés propio y compromiso serio durante la exposición, puesto que si se demuestra estima y sensibilidad hacia el tema entonces se estará transmitiendo hacia los participantes, experiencias propias con resultados exitosos.
- La utilización de formas y estilos variados para la exposición despiertan mucho interés, mostrando materiales llamativos por su presentación estética y por su originalidad se logra soluciones gráficamente.

Entonces cabe señalar que el diseño del sistema de capacitación debe estar enmarcado con objetividad dentro el concepto de enseñanza-aprendizaje, utilizando según sea la exposición, métodos flexibles y abiertos adaptados al trabajador como elemento útil dentro de la empresa. Entonces se concluye que la finalidad de los métodos radica en que los trabajadores de una empresa consigan desarrollar sus capacidades, aptitudes, habilidades y procedimientos que deben de ser un conjunto de acciones que van a estar ordenadas y orientadas para conseguir que la tecnificación sea adaptable para establecerlo como modelo de organización.

CONCLUSIONES

1. Anteriormente, todos los dispositivos estaban basados en componentes electromagnéticos y sistemas analógicos. Hoy en día, la tecnología de punta, se basa en conceptos digitales, como microprocesadores con amplias capacidades de comunicación y herramientas de ingeniería fáciles de maniobrar. Por lo que todo producto seleccionado de un portafolio moderno tiene que cumplir con los requerimientos básicos de aplicación.
2. La propuesta de modernización está basada en la implementación de dispositivos electrónicos nuevos y también en la rehabilitación de los elementos del sistema.
3. Con la propuesta de sustituir el regulador de voltaje dinámico por un regulador automático de voltaje estático a base de tiristores, se espera como resultado una mayor eficiencia y fácil lectura de datos en los generadores.
4. Por ser los generadores elementos eléctricos de alto costo, se necesita una protección adecuada, que le dé un amplio margen de vida útil, utilizando relevadores digitales de múltiples funciones.
5. Los niveles de calidad en lo que respecta al servicio y la seguridad en la Planta Hidroeléctrica son parámetros que tienen gran importancia al momento de elegir los dispositivos que sustituirán los instalados actualmente.

RECOMENDACIONES

1. Realizar todos los estudios con base al proceso de la sustitución de los dispositivos que se encuentran actualmente operando en la Planta Hidroeléctrica.
2. Es importante realizar actualizaciones técnicas en lo que respecta a los diagramas eléctricos que constituye la base que proporciona el enlace directo para el diseño de los mecanismos de automatización.
3. Realizar trabajos periódicos de inspección y mantenimiento preventivo y/o correctivo.
4. Optimizar la respuesta de toda la Planta Hidroeléctrica ante los cambios de frecuencia que resultan en la red, lo cual significan que las unidades de generación en su operación tomarán automáticamente esta variación mediante el regulador automático de voltaje.
5. Apoyar actividades relacionadas con la modernización y capacitación del personal de mantenimiento y operadores, pues la formación y la actualización se consideran elementos claves para la automatización de la Planta Hidroeléctrica Chichaic.
6. Asignar presupuesto correspondiente para la modernización de las instalaciones y del equipo en general, pues la infraestructura actual ya está trabajando con niveles de fatiga.

7. Desarrollar un plan de contingencia que esté a la mano del personal que trabaja en la Planta, así como un programa de Seguridad e Higiene Industrial con el fin de proteger o resguardar la vida de los trabajadores de la Planta Hidroeléctrica Chichaic.

BIBLIOGRAFÍA

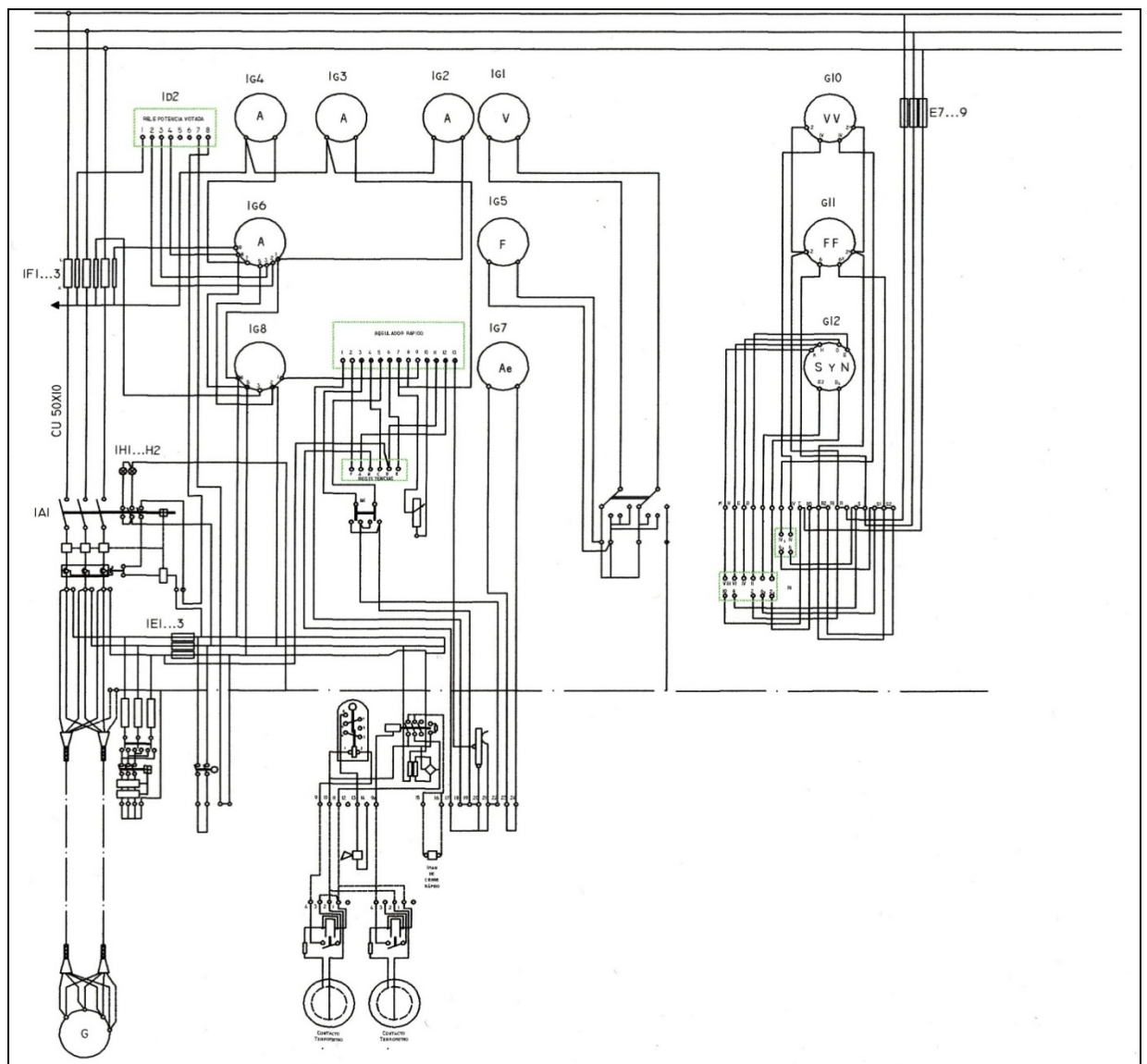
1. Kuo, Benjamín C. **Sistemas de Control Automático**. Séptima edición, Ed. Pearson Educación.
2. Romeral, José Luís; Basells Joseph. **Autómatas Programables**. 1997. Ediciones Técnicas Marcombo.
3. Mozina, Charles J. **Protección de Interconexión de Generadores** Ipp Usando Tecnología Digital.
4. Protección de Generadores Eléctricos, www.productoselectricosSEL.com (Febrero 2010).
5. Apuntes de Capacitación para operación y mantenimiento Empresa de Generación de Energía Eléctrica EGEE Instituto Nacional de Electrificación INDE Planta Hidroeléctrica Chixoy Consultoria LAMI Guatemala, noviembre 1987.

6. Manual de operación Regulador de Tensión RAV IIII 2P 550 K/220 Curso de capacitación Planta Hidroeléctrica Chixoy. Servicio Profesional de Automatización y comunicaciones, S.A. de C.V.

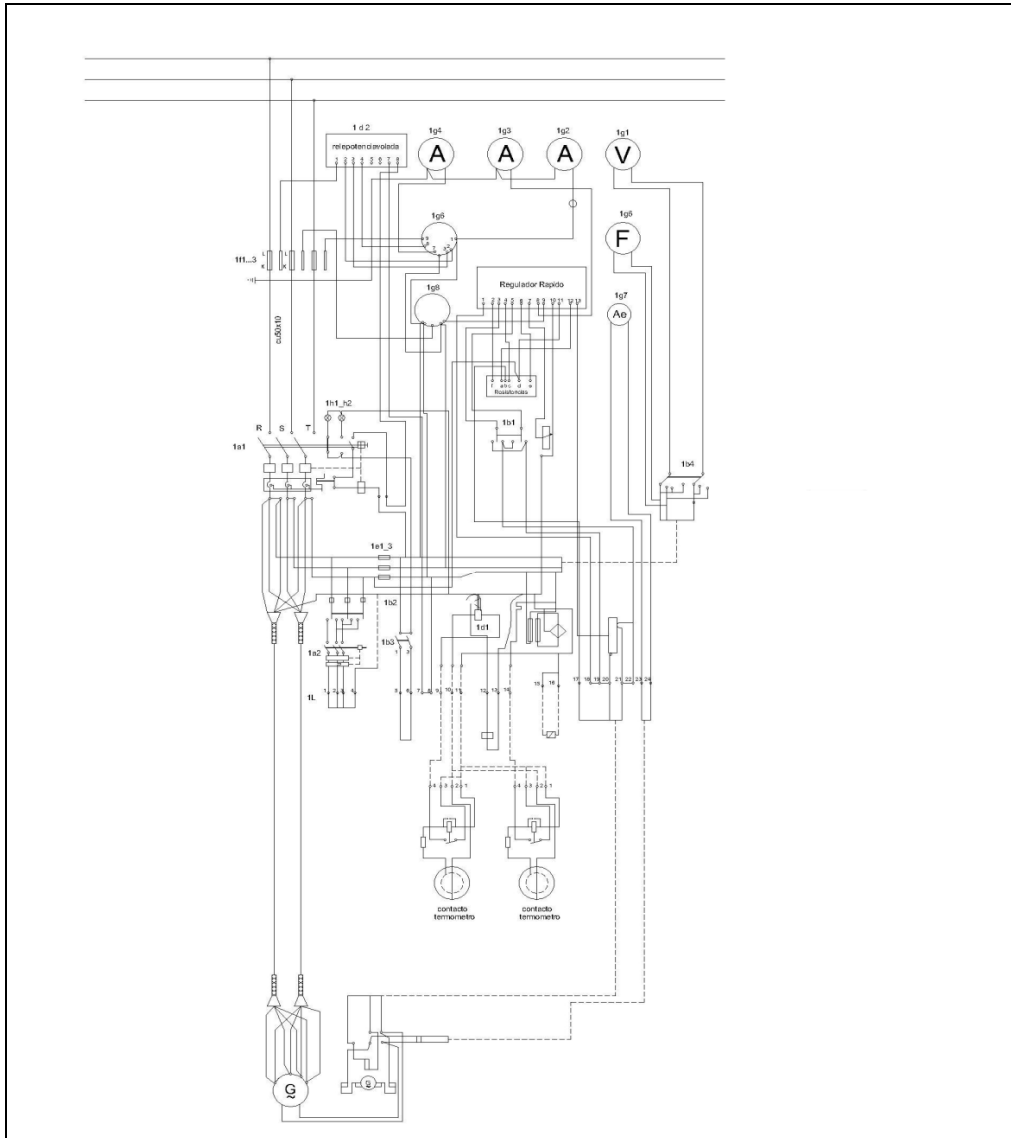
7. Información recopilado por medio de análisis y entrevistas a los operadores de mantenimiento de la Planta Hidroeléctrica Chichaic.

ANEXOS

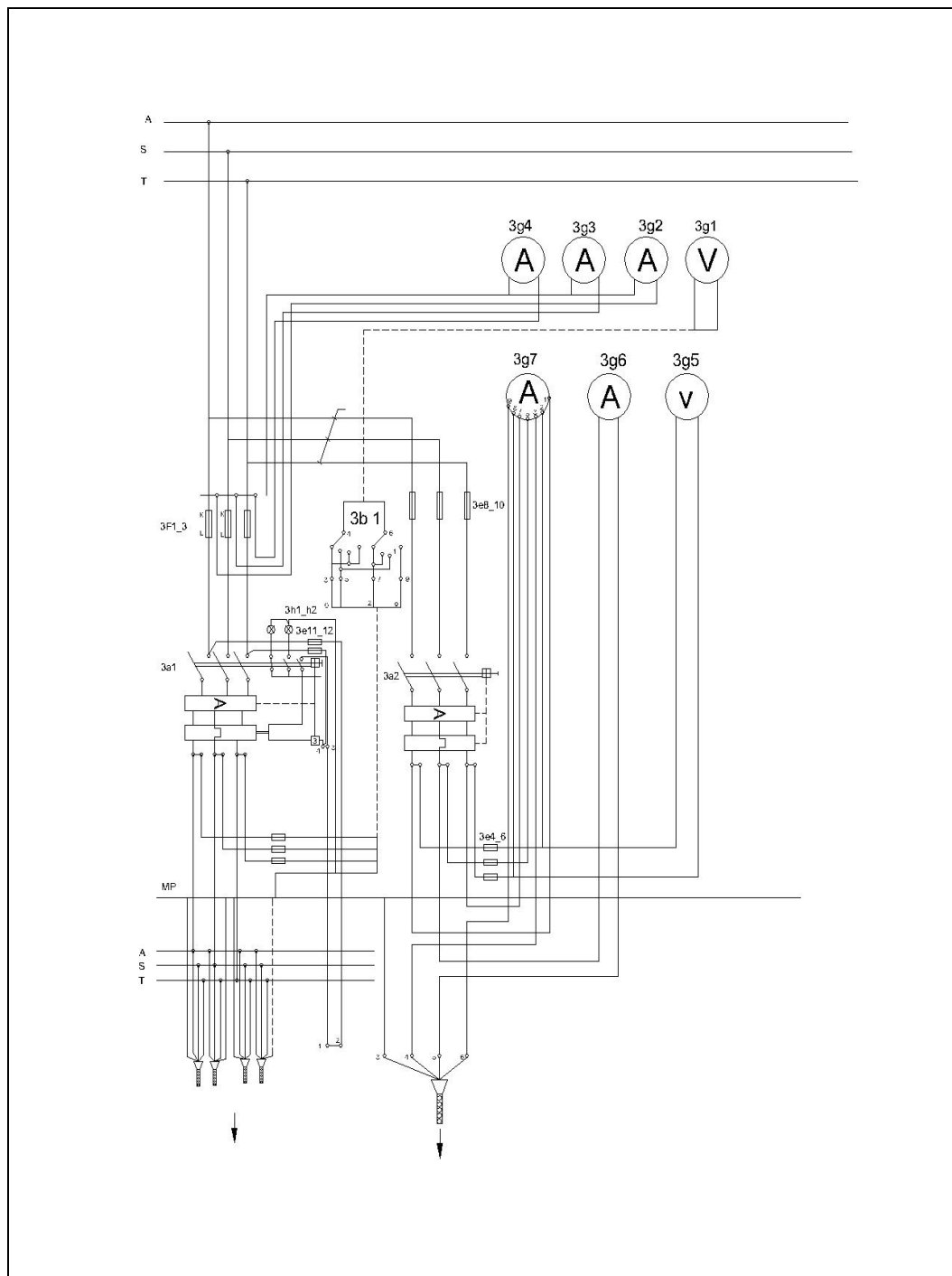
Anexo 1. Diagrama eléctrico del panel de control y mando 1



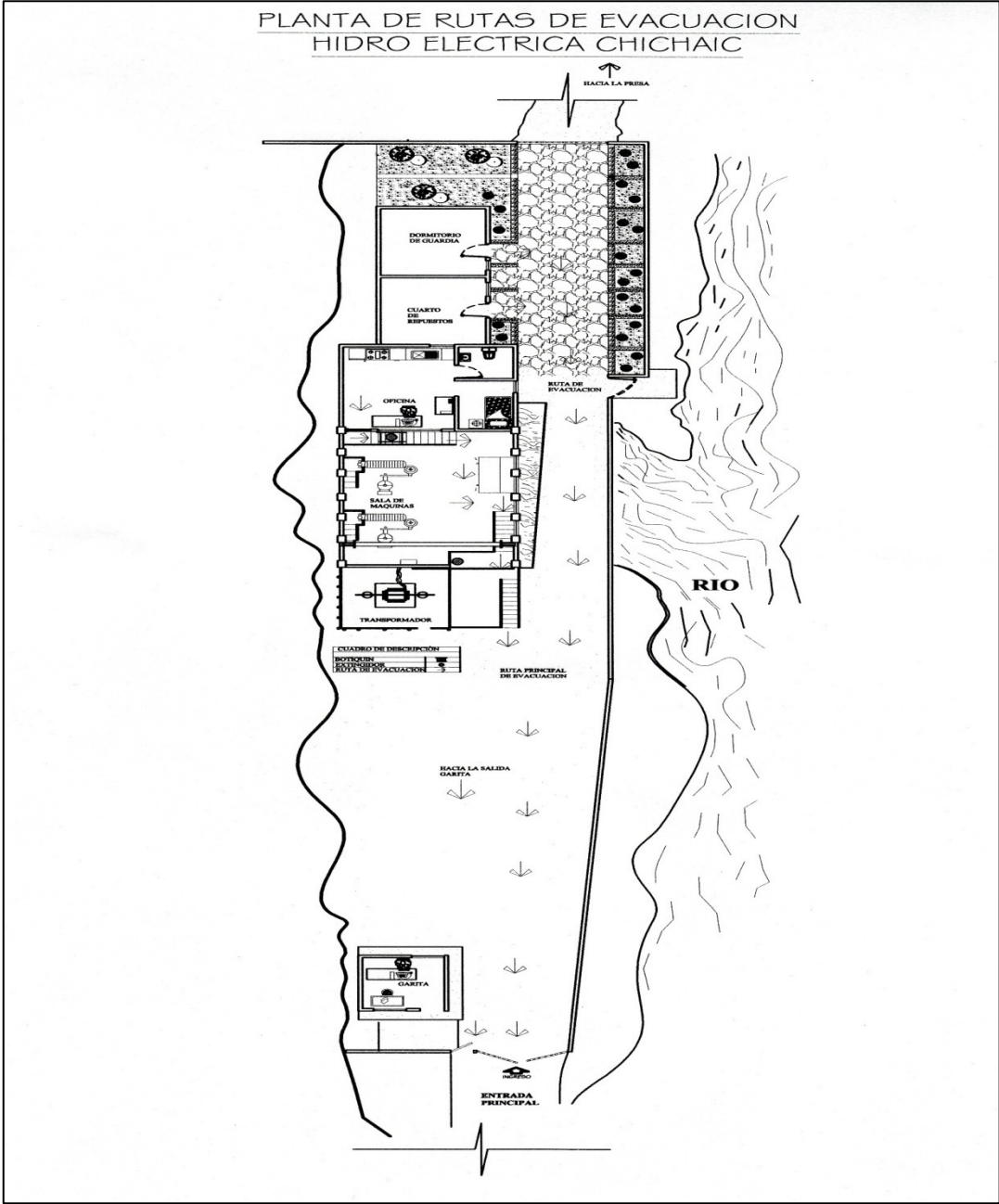
Anexo 2. Diagrama eléctrico del panel de control y mando 2



Anexo 3. Diagrama eléctrico del panel de control y mando 3



Anexo 4: Diagrama de rutas de evacuación



Anexo 5. Diagrama general de la planta

