



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

**DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES
GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA
AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**

José Roberto Gil Orellana

Asesorado por el MA. Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, agosto de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES
GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA
AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ROBERTO GIL ORELLANA

ASESORADO POR EL MA. ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES
GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA
AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 09 de septiembre de 2010.



José Roberto Gil Orellana



Guatemala, 08 de marzo de 2012.
REF.EPS.DOC.467.03.12.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director a.i. Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **José Roberto Gil Orellana**, Carné No. **200512247** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA”**.

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. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

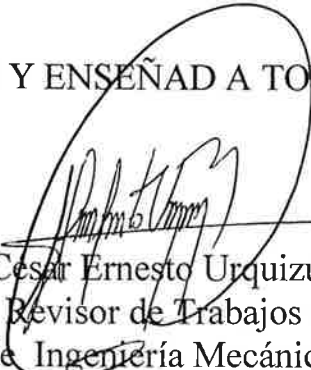


JHBE/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **José Roberto Gil Orellana**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2012.

/mgp



Guatemala, 08 de marzo de 2012.
REF.EPS.D.281.03.12

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

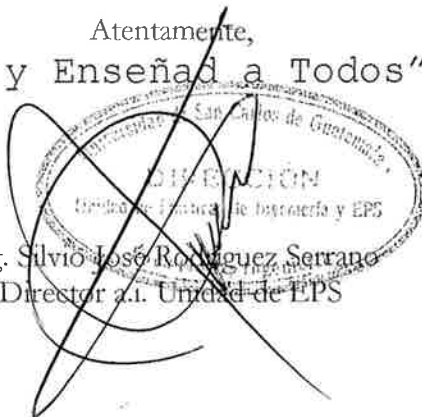
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **José Roberto Gil Orellana** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

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 Supervisor de EPS, en mi calidad de Director a.i. apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director a.i. Unidad de EPS



SJRS/ra



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **José Roberto Gil Orellana**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2012.

/mgp



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 Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO DE UNIDADES GENERADORAS EN CASA DE MÁQUINAS DE PLANTA HIDROELÉCTRICA AGUACAPA Y PLAN DE CONTINGENCIA, INDE, GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario: **José Roberto Gil Orellana**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Reginos
Decano



Guatemala, agosto de 2012

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por darme todo lo que soy.
- Mamá** Ruby, por apoyarme incondicionalmente, por ser mi apoyo, la persona que siempre me supo orientar, por ser un ejemplo de vida, por su inquebrantable espíritu y su determinación.
- Familia** A mi abuela Fluvia por ser mi mamá también, por estar allí todas esas veces que necesité ver de mejor forma la vida; a mis hermanas Lisbeth y Sofía por ser mis amigas y compañeras de vida; a mis tías Roxanda, Rosalind (Dios permita volvernos a reír nuevamente juntos allá donde estás), Ana Lucia y mi tío Roberto; a mi papá José Antonio por darme la oportunidad de ser una mejor persona.
- Universidad** A la tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente.
- INDE** Por permitir empezar mi carrera profesional y abrirme las puertas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1. Descripción de la institución.....	1
1.2. Origen, justificación y creación	1
1.3. Valores institucionales	2
1.3.1. Visión.....	3
1.3.2. Misión	3
1.4. Estructura organizacional.....	4
1.4.1. Organigrama	4
1.5. Ubicación de la planta.....	6
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE REFRIGERACIÓN DE LAS UNIDADES GENERADORAS.....	7
2.1. Diagnóstico de la situación actual.....	7
2.1.1. Diagrama de Pareto	7
2.1.2. Gráfica de decisiones programadas	9
2.1.3. Funcionamiento actual.....	10
2.1.3.1. Circuito primario de refrigeración	11
2.1.3.1.1. Equipo	12

	2.1.3.1.2.	Funcionamiento.....	13
	2.1.3.1.3.	Datos de funcionamiento ..	14
	2.1.3.2.	Circuito secundario de refrigeración.....	14
	2.1.3.2.1.	Equipo	14
	2.1.3.2.2.	Funcionamiento.....	16
	2.1.3.2.3.	Datos de funcionamiento ..	16
	2.1.3.2.4.	Costos de funcionamiento	17
2.1.4.		Información del personal.....	18
2.1.5.		Información del departamento de mantenimiento mecánico.....	19
2.2.		Propuesta de mejora.....	20
2.2.1.		Diseño del sistema auxiliar de refrigeración.....	20
	2.2.1.1.	Cálculos de diseño	20
	2.2.1.2.	Diagrama de instrumentación propuesto.....	25
2.2.2.		Área de instalación	27
2.2.3.		Manual operativo del sistema auxiliar de refrigeración	28
2.2.4.		Especificaciones del equipo del sistema auxiliar de refrigeración	32
2.2.5.		Funcionamiento del sistema auxiliar de refrigeración	33
2.2.6.		Seguridad personal.....	34
2.2.7.		Mantenimiento.....	35
	2.2.7.1.	Mantenimiento preventivo	35
	2.2.7.2.	Rutina de inspección	35
	2.2.7.3.	Mantenimiento predictivo.....	37
	2.2.7.4.	Insumos y repuestos	37

2.2.7.5.	Actividades y responsabilidades del personal de mantenimiento	37
2.2.8.	Análisis de costos	38
2.2.9.	Análisis de beneficio – costo.....	40
2.2.10.	Diagramas.....	42
2.3.	Planificación de ejecución e instalación del proyecto.....	45
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE CONTINGENCIA ANTE DESASTRES EN CASA DE MÁQUINAS.....	47
3.1.	Antecedentes de la hidroeléctrica	47
3.2.	Base legal.....	48
3.3.	Brigadas.	49
3.3.1.	Organigrama	49
3.3.2.	Funciones de las brigadas	50
3.4.	Ejecución del plan	57
3.5.	Procedimientos.....	58
3.5.1.	Descripción de alertas.....	67
3.6.	Brigadas y recursos.....	72
3.7.	Albergues	72
3.8.	Plano	73
3.8.1.	Rutas de evacuación.....	76
3.8.2.	Señalización.....	78
3.9.	Directorio de apoyo externo	81
3.10.	Guías básicas de acción de emergencias	82
3.11.	Identificación de riesgos.....	87
3.12.	Evaluación de riesgos	88
3.13.	Documentación	89
3.14.	Verificación del plan de contingencias.....	90
3.15.	Actualizaciones del plan.....	92

3.16.	Simulacros y procedimientos	92
4.	FASE APRENDIZAJE: CAPACITACIÓN DEL PERSONAL	95
4.1.	Planificación de reuniones	95
4.2.	Programación	95
4.3.	Capacitaciones.....	96
4.3.1.	Instructivos	96
4.4.	Evaluaciones	119
	CONCLUSIONES.....	121
	RECOMENDACIONES	123
	BIBLIOGRAFÍA.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del INDE.....	5
2.	Ubicación de la hidroeléctrica.....	6
3.	Diagrama de Pareto.....	8
4.	Gráfica de decisiones programadas.....	9
5.	Turbina Pelton de eje horizontal.....	11
6.	Esquema del circuito primario y secundario de refrigeración.....	17
7.	Datos de la instalación.....	22
8.	Diagrama de instrumentación del proyecto.....	26
9.	Área de ubicación del proyecto.....	28
10.	Gráfica de costos.....	40
11.	Diagrama de instrumentación (sistema auxiliar de refrigeración).....	43
12.	Diagrama de instrumentación (sistema completo de refrigeración).....	44
13.	Casa de máquinas.....	47
14.	Organigrama de brigadas.....	50
15.	Patio de transformadores y Río María Linda.....	70
16.	Croquis del primer nivel de casa de máquinas.....	73
17.	Croquis del segundo nivel de casa de máquinas.....	74
18.	Croquis sótano.....	75
19.	Rutas de evacuación.....	76
20.	Rutas de evacuación primer nivel.....	77
21.	Rutas de evacuación segundo nivel.....	78
22.	Verificación del plan de contingencias.....	91
23.	Organigrama brigadas.....	99

24.	Rutas de evacuación	107
25.	Entrega oficial de manuales y plan de contingencias	118

TABLAS

I.	Causas o razones para el desarrollo del proyecto	7
II.	Equipo del sistema primara de refrigeración	12
III.	Equipo del sistema secundario de refrigeración	15
IV.	Costos de funcionamiento	18
V.	Caudal medido	21
VI.	Manual operativo del sistema auxiliar de refrigeración	29
VII.	Especificaciones de los accesorios del sistema auxiliar de refrigeración	33
VIII.	Equipo de protección personal	34
IX.	Formato para rutina de inspección	36
X.	Actividades y responsabilidades del personal de mantenimiento	38
XI.	Costos de instalación	39
XII.	Gastos de operación anual	39
XIII.	Análisis beneficio – costo	41
XIV.	Beneficio/costo	42
XV.	Funciones y responsabilidades del coordinador general y el subcoordinador	51
XVI.	Funciones y responsabilidades de los coordinadores	52
XVII.	Funciones y responsabilidades de la brigada de primeros auxilios, rescate y evacuación	53
XVIII.	Funciones y responsabilidades de la brigada de seguridad	55
XIX.	Funciones y responsabilidades de la brigada antincendios	56
XX.	Procedimientos para contrarrestar siniestros: Casa de Máquinas	59
XXI.	Albergues	72

XXII.	Rótulos de señalización	79
XXIII.	Simulacros	93
XXIV.	Calendarización de actividades	96
XXV.	Funciones y responsabilidades del coordinador general y subcoordinador	100
XXVI.	Funciones y responsabilidades de los coordinadores.....	101
XXVII.	Funciones y responsabilidades de la brigada de primeros auxilios, rescate y evacuación	102
XXVIII.	Funciones y responsabilidades de la brigada de seguridad	103
XXIX.	Funciones y responsabilidades de la brigada antincendios	104
XXX.	Albergues	106

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Z	Altura piezométrica
Q	Caudal
D	Diámetro de la tubería
φ	Peso específico del agua
V	Velocidad

GLOSARIO

Cojinete	Pieza o conjunto de ellas sobre las que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina.
Intercambiador de calor	Dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto.
Mega Watt (MW)	Es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades.
Regulador de turbina	Es un conjunto de válvulas gobernadas hidráulica y electrónicamente que permiten arrancar y parar cada grupo de máquinas, regular el número de revoluciones en marcha, regular la frecuencia en servicio y regular la carga de servicio combinado.
Tubo en Y	Lo conforman las dos conexiones de los dos inyectores que empujan la turbina pelton.
Turbina	Es una máquina que transforma la energía cinética de la masa de agua en energía giratoria.

Unidad generadora	Es el conjunto de turbina - generador eléctrico.
Válvula	Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.
Válvula de compuerta	La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento.
Válvula de retención	Son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería.

RESUMEN

El Instituto Nacional de Electrificación – INDE – fue creado el 27 de mayo de 1959 mediante el Decreto Ley 1959. El objetivo de su fundación se encaminó a dar solución pronta y eficaz a la escasez de energía eléctrica en el país.

Es parte central de este trabajo de graduación el diseño de un sistema auxiliar de refrigeración de las unidades generadoras de la planta hidroeléctrica Aguacapa, está formado de cuatro capítulos, los que se describen a continuación.

El capítulo primero contiene la información general del Instituto Nacional de Electrificación – INDE – y su concepción como entidad semiestatal, una breve reseña de su historia y el organigrama jerárquico.

El capítulo segundo, fase técnico profesional, contiene toda la información recabada para el desarrollo de un sistema de refrigeración auxiliar, tomando en cuenta la situación en que trabaja el sistema de refrigeración que está en funcionamiento y las bases técnicas para plantear una mejora al dicho sistema; sea analizan los datos y costos, personal involucrado y los accesorios que serán empleados para la consecución del proyecto.

El capítulo tercero, fase de investigación, consiste en la elaboración de un plan de contingencias para la casa de máquinas de la planta hidroeléctrica Aguacapa, en el se plantea una serie de acciones para actuar en caso de emergencias que puedan suscitarse por las condiciones propias de la zona donde se ubica la planta hidroeléctrica

El capítulo cuarto, fase de docencia, como parte del programa del ejercicio profesional supervisado y luego del desarrollo de la formulación del proyecto se procede a realizar una capacitación, que consiste en trasladar todo el trabajo realizado a los trabajadores encargados del mantenimiento del sistema auxiliar de refrigeración, esto se hizo mediante una mesa redonda en la que participaron el feje del taller mecánico y algunos encargados del taller, en la que se discutió a cerca del diseño del sistema propuesto y se obtuvieron ciertas indicaciones para la mejora del mismo.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema auxiliar de refrigeración de las unidades generadoras de la planta hidroeléctrica Aguacapa, el mismo deberá ofrecer respaldo al sistema de refrigeración actual.

Específicos

1. Establecer las características de los equipos y accesorios que serán necesarios para el sistema auxiliar de refrigeración.
2. Elaborar un registro de inspecciones periódicas de mantenimiento para que los técnicos de mantenimiento sean capaces de prevenir desperfectos.
3. Desarrollar un plan de contingencia que sea funcional y sencillo de ejecutar.
4. Dar a conocer al personal del Departamento de Mantenimiento Mecánico los aspectos de funcionamiento y mantenimiento del sistema auxiliar de refrigeración.

INTRODUCCIÓN

A través de los años que la planta hidroeléctrica Aguacapa lleva funcionando se ha ido incrementando la necesidad por mejorar y optimizar procesos y sistemas de generación de energía eléctrica; uno de los sistemas que ha sido formalmente señalados para mejorar es el sistema de refrigeración actual de dicha planta, para mejorar las condiciones en las que trabajan las unidades generadoras para intentar mejorar su eficiencia y prevenir futuros imperfectos y/o fallas.

Se planea construir un sistema de captación de agua de los nacimientos de agua que se encuentran en las cercanías de casa de máquinas de la planta, el agua que se logre captar será primero almacenada en tanques que serán ubicados en un sitio sobre la peña aledaña a casa de máquinas, para poder aprovechar la fuerza de gravedad, de allí será dirigida hacia las tuberías de los sistemas de refrigeración primaria y secundaria.

Una de las dificultades que se presentan son la situación topográfica de la montaña de donde se planea obtener el agua, ya que la distancia hasta el área de los tanques y las elevaciones de los distintos puntos de captación y transporte del agua harán incrementar la cantidad de tubería que se necesite para lograr las conexiones, la mano de obra y el tiempo que se requiera para la construcción y el montaje de la tubería y la construcción de los tanques.

En trabajos anteriores se plantean análisis más exhaustivos de materiales de las tuberías, y uso de diferentes equipos de bombeo o incluso la construcción de cámaras que mediante desniveles logran desarenar el agua en cuestión, pero por tratar de que los costos sean mínimos se trató de simplificar el diseño, para así también minimizar el trabajo de mantenimiento del sistema de refrigeración auxiliar.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Descripción de la institución

El Instituto Nacional de Electrificación (INDE), es una entidad estatal, que desde 1959 se encaminó a dar solución pronta y eficaz a la escasez de energía eléctrica en el país, así como mantener la energía disponible a efecto de satisfacer la demanda normal e impulsar el desarrollo de nuevas industrias, incrementar el consumo doméstico y el uso de la electricidad en las áreas rurales.

1.2. Origen, justificación y creación

El Instituto Nacional de Electrificación (INDE), fue creado el 27 de mayo de 1959 mediante el Decreto Ley 1959. Cuando el INDE se tomó el cargo de la electrificación del país, existía apenas 54 kilowatt instalados, por ese entonces se trabajaba en la construcción de la hidroeléctrica Río Hondo.

Posteriormente y ante la situación deficitaria de generación que había en 1961, el INDE instaló en forma emergente, mientras se desarrollaban los planes de expansión, la central diesel de San Felipe Retalhuleu con 2,44 megawatt y en 1965 una turbina de gas en Escuintla con una capacidad de 12,5 megawatt. Además en ese período amplió la capacidad de la hidroeléctrica de Santa María a 6,88 megawatt en 1966.

Actualmente el INDE está regido por su Ley Orgánica del Decreto 64-94, la cual establece que es una entidad estatal autónoma y autofinanciable, que

goza de autonomía funcional, patrimonio propio, personalidad jurídica y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones en materia de su competencia.

La historia de la generación de energía eléctrica en Guatemala, inicia en 1884 al instalarse la primera hidroeléctrica en la finca el Zapote, al norte de la capital. Al año siguiente se forma la Empresa Eléctrica del Sur, fundada por empresarios alemanes que instalaron la hidroeléctrica Palín de 732 kilowatt, esta instalación brindó servicio de energía eléctrica a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla.

Posteriormente, en 1927 se construye la hidroeléctrica Santa María, con el fin de proveer de energía al Ferrocarril de los Altos. Cuando este medio de transporte desaparece, las autoridades de gobierno deciden que dicha planta se convierte en la Hidroeléctrica del Estado, con el fin de llevar la electricidad al interior del país.

1.3. Valores institucionales

- Lealtad
Compromiso individual con el INDE, trabajo en equipo y sentido de pertenencia al INDE.
- Eficiencia
Mantener la capacidad de producir el máximo de resultados con el mínimo de recursos.

- **Integridad**

Actuar con honradez, transparencia, respeto, lealtad, justicia y confiabilidad, en respuesta a la confianza depositada por nuestros clientes.

- **Transparencia**

Hacer cumplir la conducta individual asociada a la dignidad, honestidad, rectitud y responsabilidad.

1.3.1. Visión

Ser la Empresa Eléctrica Nacional líder e impulsora del desarrollo del mercado eléctrico nacional y regional, cumpliendo con estándares de calidad mundial, a través de la actualización tecnológica y excelencia de su recurso humano.

1.3.2. Misión

Contribuir al desarrollo del mercado eléctrico nacional y regional, a través de la producción, transporte y comercialización de electricidad, permitiendo como Empresa Nacional cumplir con su función social, incrementar la electrificación rural, suministrar un servicio eficiente y de calidad, desarrollar su recurso humano y procurar la disponibilidad de electricidad para el progreso de Guatemala.

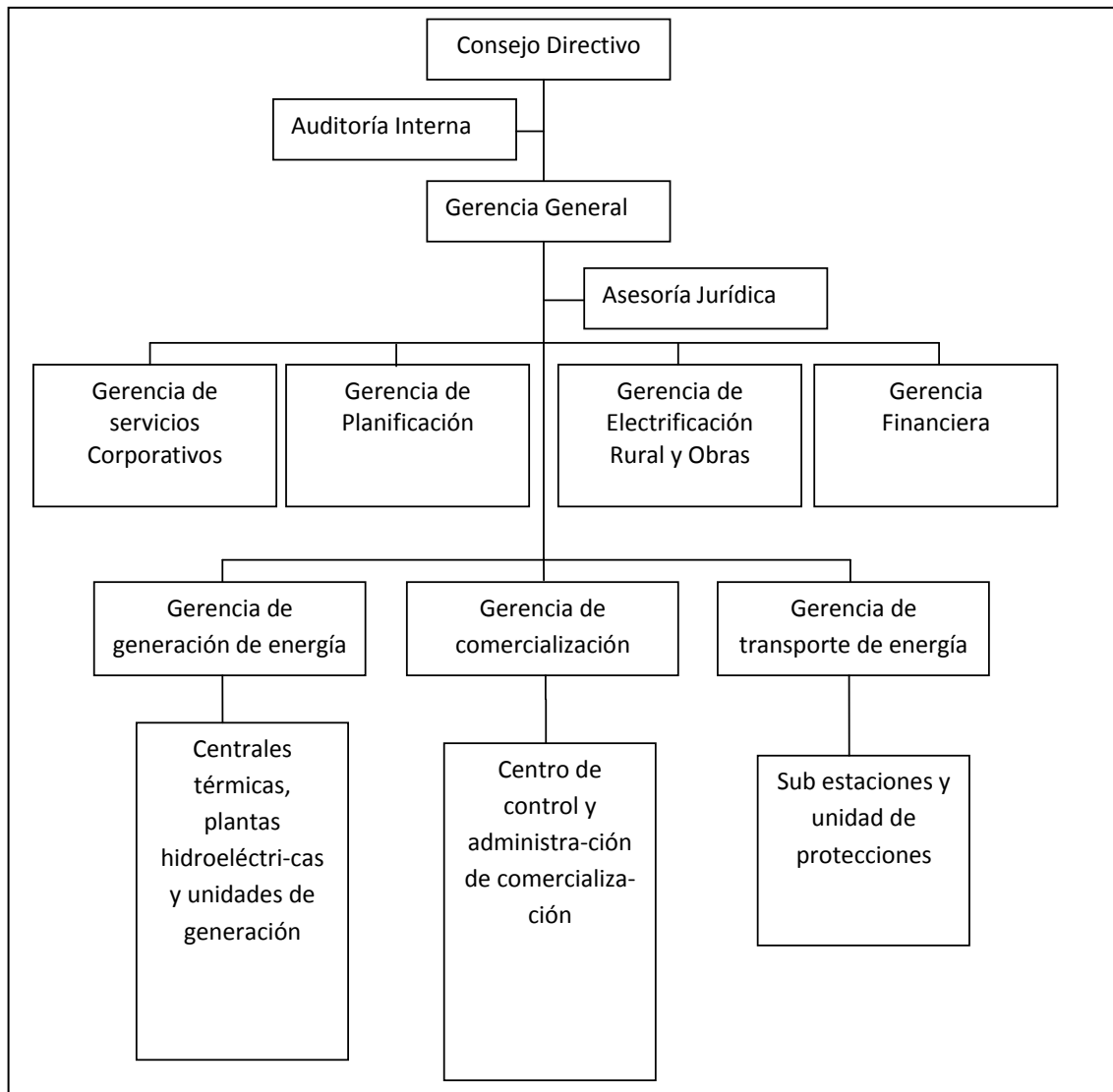
1.4. Estructura organizacional

El Consejo Directivo es el órgano superior de la administración del INDE, el cual está integrado por representantes del Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Economía, la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, la Asociación Nacional de Municipalidades, la Cámara de Asociaciones Empresariales, y Asociaciones y/o Sindicatos de los Trabajadores del país. Se puede observar que el tipo de estructura es funcional, debido a la división de las actividades de la entidad.

1.4.1. Organigrama

El INDE como institución semiestatal forma parte del Ministerio de Energía y Minas del Estado de la República de Guatemala, en la figura 1 se presenta el organigrama jerárquico del mismo. El organigrama de la institución por ser parte de la iniciativa pública y por su ámbito tiene una estructura de tipo general.

Figura 1. Organigrama del INDE

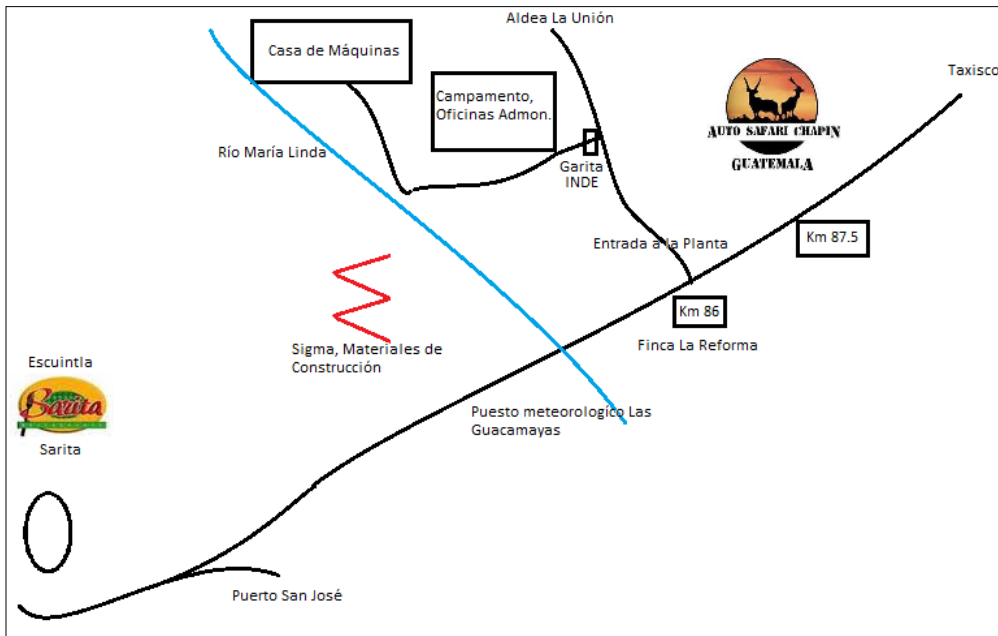


Fuente: Manual de inducción INDE, 2010.

1.5. Ubicación de la planta

Aldea la Unión, Guanagazapa, Escuintla, kilómetro 86,5 carretera a Taxisco. En la figura 2 se muestran indicaciones para llegar a la hidroeléctrica Aguacapa.

Figura 2. Ubicación de la hidroeléctrica



Fuente: elaboración propia.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR DE REFRIGERACIÓN DE LAS UNIDADES GENERADORAS

2.1. Diagnóstico de la situación actual

En este apartado se establecen las razones que dan sentido a la realización del proyecto. Se hacen uso de herramientas de diagnóstico; como el diagrama de Pareto y la gráfica de decisiones programadas.

2.1.1. Diagrama de Pareto

En entrevistas con el personal técnico de la hidroeléctrica se pudo establecer las siguientes causas del por qué efectuar las mejoras al sistema de refrigeración de agua de las unidades de generación:

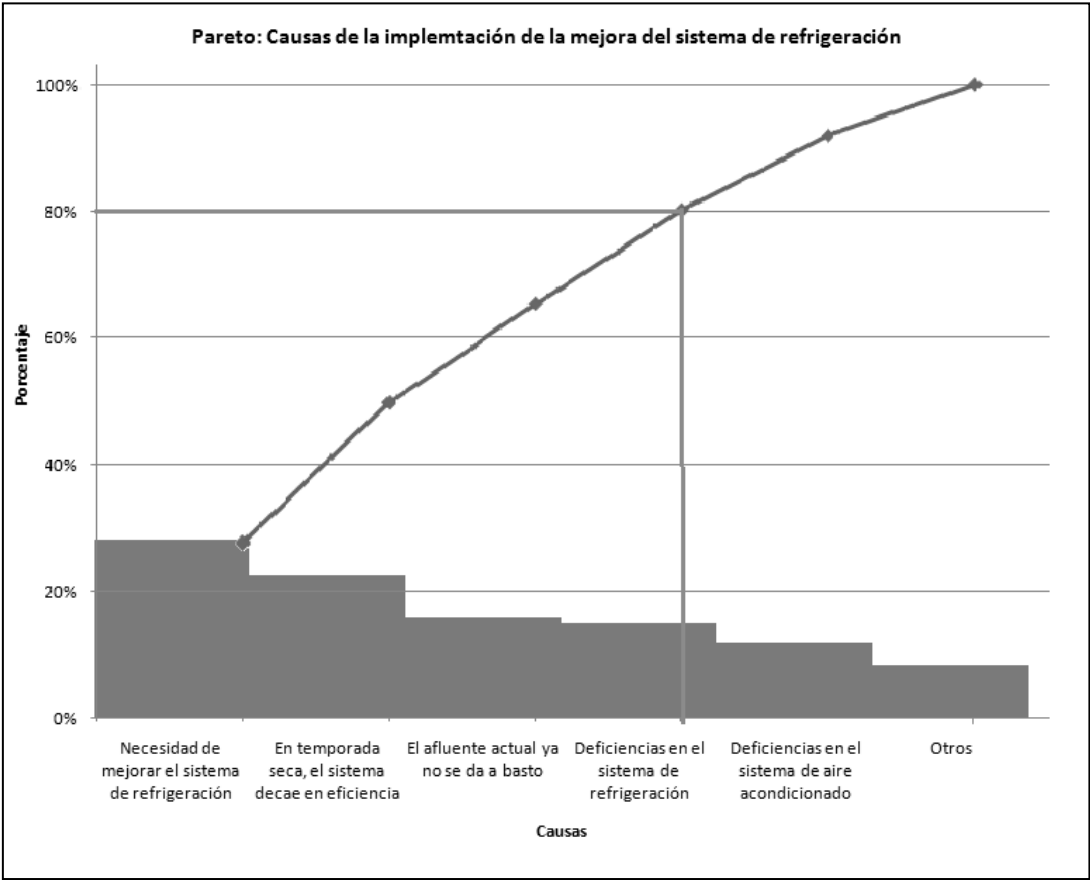
Tabla I. **Causas o razones para el desarrollo del proyecto**

Causa	frecuencia	%frecuencia	%fa
Necesidad de mejorar el sistema de refrigeración	9	28%	28%
En temporada seca, el sistema decae en eficiencia	7	22%	50%
El afluente actual ya no se da abasto	5	15%	65%
Deficiencias en el sistema de refrigeración	5	15%	80%
Deficiencias en el sistema de aire acondicionado	4	12%	92%
Otros (escasez de agua en época seca, fugas no identificadas, etc.)	2	8%	100%
TOTAL	32		

Fuente: elaboración propia.

Con lo que se pudo elaborar el diagrama de Pareto que se muestra en la figura 3.

Figura 3. Diagrama de Pareto



Fuente: tabla I.

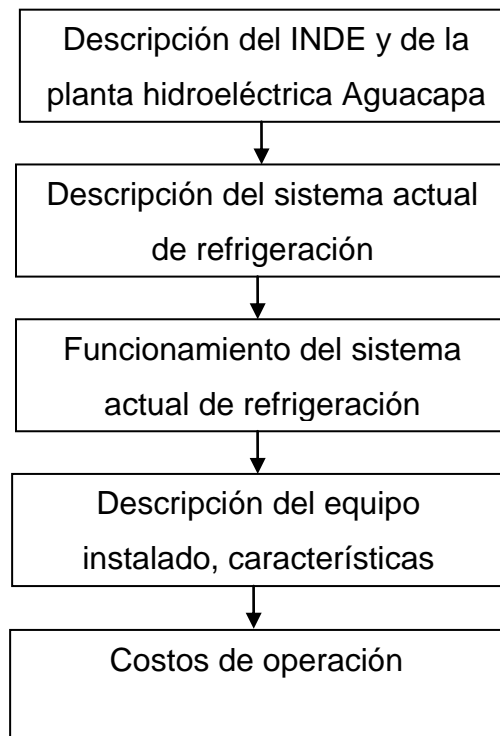
De esta manera se puede establecer que acerca de la situación actual, la necesidad de la implementación de un sistema auxiliar de refrigeración se basa primordialmente en la necesidad de mejorar y modernizar los sistemas operativos de la planta, para poder enfrentar de mejor forma los cambios estacionales y diversos fenómenos climáticos. Actualmente el sistema de

refrigeración que opera en casa de máquinas es capaz de mantener un rango de temperaturas, en los diferentes componentes de generación, que al menos se mantiene dentro de los parámetros de operación; aunque no es exento de alarmas ocasionadas por temperaturas que sobrepasan dichos parámetros.

2.1.2. Gráfica de decisiones programadas

Mediante la gráfica de proceso de decisiones programadas (figura 4), se prevén las estrategias a seguir para determinar los puntos críticos sobre los cuales se basará la finalidad del proyecto.

Figura 4. Gráfica de decisiones programadas



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Funcionamiento actual

En este apartado se establecen las razones que dan sentido a la realización del proyecto.

Sistema de refrigeración actual

La planta hidroeléctrica Aguacapa cuenta con tres unidades de turbinas pelton de eje horizontal (figura 5) y tres generadores acoplados a las mismas; las turbinas transforman la energía cinética del agua en energía mecánica.

Aproximadamente cada turbina pelton de la planta produce 29 MEGAWATTS, pasando por ellas un caudal de 7,33 metros cúbicos sobre segundo, logrando 400 revoluciones por minuto. Esta cantidad de presión que se ejerce sobre los ejes y sobre las chumaceras ocasiona grandes cantidades de fricción de rozamiento, entre otras formas de pérdidas de energía generan calor.

Para el enfriamiento de las unidades generadoras, se emplea un sistema de agua de refrigeración, alimentado con agua de los nacimientos de las cercanías a la casa de máquinas y agua del mismo río María Linda. Para evitar daños causados por suciedad en el sistema de agua de enfriamiento, cada unidad de generación ha sido equipado de un sistema separado en dos partes; un circuito primario abierto y el secundario es un circuito cerrado de agua. El agua del circuito primario es extraída del pozo de la turbina, empleando agua de la salida de la turbina, esta es transportada por bombas hasta el intercambiador de calor agua/agua donde es enfriada el agua del circuito secundario o circuito cerrado.

Actualmente es común observar alarmas que indican temperaturas de operación en los cojinetes que sobrepasan los 75°C, siendo este dato un valor que sobrepasa el rango normal de diseño, también en las temperaturas normales de los generadores se logra observar, en menor frecuencia, que se activan alarmas cuando la temperatura del aire que se enfría mediante el agua del circuito de refrigeración sobrepasa en ocasiones los 80°C.

Figura 5. **Turbina Pelton de eje horizontal**



Fuente: Turbina Pelton de eje horizontal de planta hidroeléctrica Aguacapa.

2.1.3.1. Circuito primario de refrigeración

Los tres circuitos son alimentados con agua de la salida de las turbinas mediante bombas situadas en los pozos de colección de las turbinas. Esto quiere decir que para eliminar el calor que aún existe en los diferentes sistemas, luego de generar energía, no se puede utilizar este circuito, debido a que al dejar de funcionar las turbinas se vacía el foso de agua del que se alimenta, es apropiado proveer de otra fuente de agua al circuito para que pueda seguir

trabajando, independientemente al trabajo de las turbinas y demás sistemas que eliminan calor mediante este sistema.

El agua de refrigeración que circula en el circuito primario sirve para refrigerar el agua del circuito secundario de refrigeración a través del intercambiador de calor agua/agua y fluye arrastrando el calor a través de la tubería colectora hasta el desagüe.

Cada circuito primario está formado por dos motobombas verticales, un interruptor de nivel colocado en el pozo de las bombas, válvulas de retención, válvulas de estilo compuerta correspondientes a las bombas, un intercambiador de calor.

2.1.3.1.1. Equipo

Cada uno de los tres sistemas de refrigeración primarios cuenta con los siguientes equipos:

Tabla II. **Equipo del sistema primario de refrigeración**

Cantidad	Equipo	Datos		
		2	Motobombas de ejes verticales	Caudal
		Revoluciones	1750	rev/min
		Altura de bomba	35-25	m ³ /h

Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo	Vida útil
Revisiones diarias, control de presiones y control de lubricación	Cambio de rodets, empaques, bujes	5 años

Continuación de la tabla II.

Cantidad	Equipo	Datos			
1	Intercambiador de calor Agua/Agua		Tubos	Carcasa	
		Medio	Agua	Agua	
		P. Máxima	6	9	BAR
		P. Prueba	9	13,5	BAR
		T. Máxima	100	100	°C
		Volumen	39,5	565	Lts.
	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo		Vida útil	
	Pintura de carcasa, limpieza de tubería	Cambio total, cambio de tubería interna		25 años	

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.1.2. Funcionamiento

El agua que es empleada por la turbina, sale directamente al pozo colector que está ubicado justo debajo de dicha turbina, esta agua es bombeada por las bombas motorizadas de eje vertical hacia la tubería del circuito primario, hasta el intercambiador de calor agua/agua, donde absorbe el calor que arrastra el agua del circuito secundario de refrigeración, por último el agua que alimenta el circuito primario es devuelta al río por medio de la tubería de desagüe.

2.1.3.1.3. Datos de funcionamiento

Datos de diseño proporcionados por el fabricante AEG con sede en Alemania, caudal de agua de refrigeración del circuito primario deberá estar comprendido entre los 260 y 350 metros cúbicos sobre hora y la temperatura del agua en el intercambiador de calor deberá de estar comprendida entre 25 y 29°C, lo cual es a penas cumplido, porque los instrumentos indican generalmente 30°C, lo cual no supone grandes problemas para el sistema y el funcionamiento del mismo.

2.1.3.2. Circuito secundario de refrigeración

El circuito cerrado, funciona con agua filtrada por la montaña y es constantemente regulada por medio de tres tanques de compensación (Figura 6, punto 1). Esta agua circula por el refrigerador de los cojinetes de las turbinas y de los generadores (Figura 6, puntos 3 y 6), el radiador del aire de los generadores y el refrigerador del aceite del regulador, luego el agua que ya arrastra el calor de los equipos es transportada al intercambiador de calor.

Las pérdidas de agua de refrigeración del circuito secundario son reemplazadas por el agua de los tanques de compensación (figura 6, punto 1), que están situados dentro de la casa de máquinas.

2.1.3.2.1. Equipo

Cada circuito de refrigeración secundario de agua de refrigeración consta de una motobomba horizontal, válvulas de compuerta e indicadores de temperatura y presión en todos los equipos del circuito.

Tabla III. **Equipo del sistema secundario de refrigeración**

Cantidad	Equipo	Datos		
1	Motobomba horizontal	Caudal	44.4	m3/h
	Sistema Secundario	Revoluciones	3500	rev/min
		Altura de presión	38	m3/h
Mantenimiento Preventivo		Mantenimiento Correctivo		Vida útil
Revisiones diarias, control de presiones y control de lubricación		Cambio de rodetes, empaques, bujes		5 años

Cantidad	Equipo	Datos			
1	Intercambiador de calor Agua/Aceite		Tubos	Carcasa	
	Tanque de aceite de lubricación de cojinetes	Medio	Agua	Aceite	
		P. Máxima	6	16	BAR
		P. Prueba	7,8	20,8	BAR
		T. Máxima	80	90	°C
		Volumen	0,0201	0.0515	m3
Mantenimiento Preventivo		Mantenimiento Correctivo		Vida útil	
Pintura de carcasa, limpieza de tubería		Cambio total, cambio de tubería interna		25 años	

Cantidad	Equipo	Datos			
1	Intercambiador de calor Agua/aceite		Tubos	Carcasa	
	Tanque de aceite de regulación	Medio	Agua	Aceite	
		P. Máxima	6	16	BAR
		P. Prueba	7,8	20.8	BAR
		T. Máxima	80	80	°C
		Volumen	0,0201	0,0201	m3
Mantenimiento Preventivo		Mantenimiento Correctivo		Vida útil	

Continuación de la tabla III.

Pintura de carcasa, limpieza de tubería		Cambio total, cambio de tubería interna		25 años	
Cantidad	Equipo	Datos			
2	Radiadores de calor		Tubos	Carcasa	
	Compartimento del generador	Medio	Agua	Agua	
		P. Máxima	6		BAR
		T. Máxima	85	85	°C
		Volumen	125		m3
Mantenimiento Preventivo		Mantenimiento Correctivo		Vida útil	
Pintura de carcasa, limpieza de tubería		Cambio total, cambio de tubería interna		25 años	

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.2.2. Funcionamiento

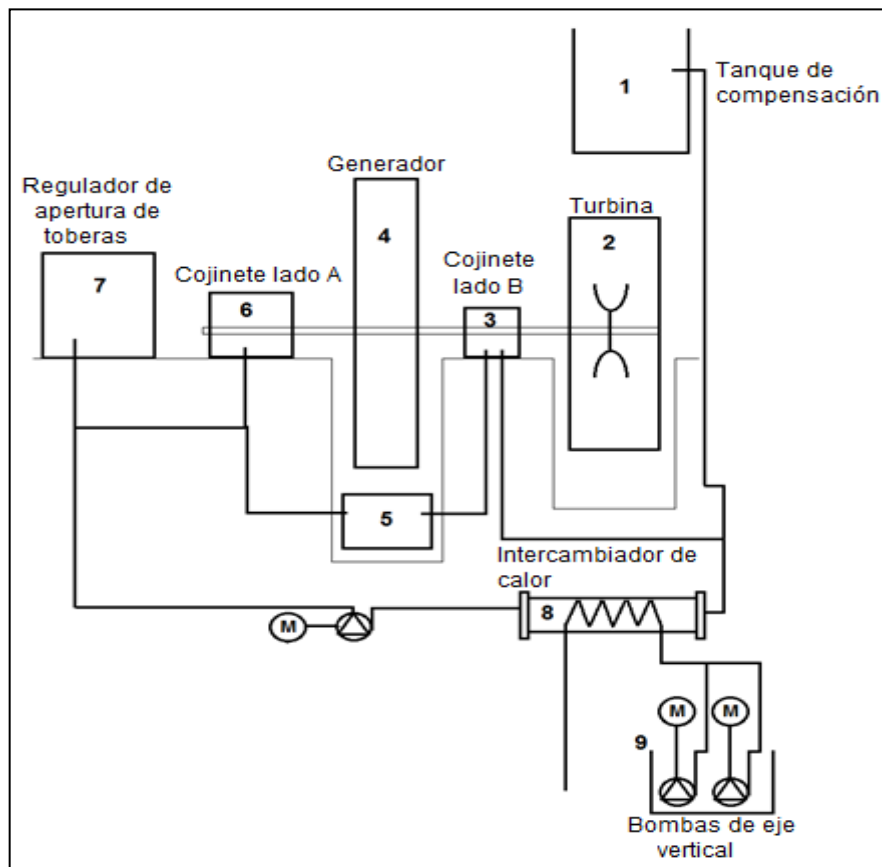
El agua de refrigeración del circuito secundario entra en contacto con los cojinetes, el refrigerador del aceite del generador y el aceite del refrigerador del aceite del regulador, de los cuales el calor es absorbido por dicha agua, es dirigida al intercambiador de calor y es refrescada por el circuito primario de refrigeración.

2.1.3.2.3. Datos de funcionamiento

Datos de diseño proporcionados por el fabricante AEG con sede en Alemania, caudal de agua de refrigeración del circuito secundario deberá estar comprendido entre los 160 y 210 metros cúbicos sobre hora y la temperatura del agua en el intercambiador de calor deberá de estar comprendida entre 30 y

36°C, lo cual es a penas cumplido, porque los instrumentos indican generalmente entre 30 y 35°C.

Figura 6. **Esquema del circuito primario y secundario de refrigeración**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3.2.4. **Costos de funcionamiento**

Al sistema de refrigeración de agua de los generadores y de las turbinas se le efectúa mantenimiento una vez por mes en invierno y dos veces por mes en verano, dependiendo de la calidad de agua que circula por el mismo y que viene del río; de acuerdo a los gastos de insumos para su mantenimiento y el

costo de hora trabajada por cada taller en dicho sistema se hace la siguiente estimación anual:

Tabla IV. **Costos de funcionamiento**

Mano de obra		Q3 640,00
Salarios Taller mecánico (horas productivas)	Q3 640,00	
Repuestos		Q5 500,00
Tubería	Q2 000,00	
Válvulas y filtros	Q1 500,00	
Insumos	Q2 000,00	
		Q14 640,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Información del personal

El Departamento de Mantenimiento Mecánico está formado por dos supervisores encargados del mantenimiento en casa de máquinas y el supervisor de seguridad e higiene industrial de casa de máquinas y embalse; además de un jefe de taller encargado de coordinar todas las actividades de los técnicos y los técnicos que conforman el taller.

Los técnicos están clasificados según grado académico y experiencia, actualmente existen dos plazas para técnico profesional I, mecánico industrial y un soldador/mecánico industrial; dos mecánicos de planta III, que son torneros; y tres mecánicos de planta II que son mecánicos automotrices, todos los responsables de estos puestos son egresados del Tecnológico de Mazatenango

o del INTECAP y poseen experiencia de más de 15 años laborando para la planta.

Los supervisores de taller son capacitados semestralmente en el uso, mantenimiento e instalación de nuevos equipos, mientras que los técnicos son capacitados, semestralmente también, en asuntos de seguridad personal e industrial y en temas complementarios al trabajo y mantenimiento de los equipos.

2.1.5. Información del departamento de mantenimiento mecánico

El Taller de Mantenimiento Mecánico es el encargado de programar y llevar a cabo todos los mantenimientos de rutina y atender toda emergencia que pueda suscitarse en la operación de las turbinas, generadores y demás equipos de control de los mismos.

El Departamento de Mantenimiento Mecánico , es el encargado del mantenimiento de las unidades generadoras de la planta, dispone para esto de colaboradores técnicos, asesoría y recursos económicos, así también es el encargado de coordinar y negociar con los proveedores los servicios de mantenimiento que sean requeridos, así como supervisar estos mismos.

En cuanto a las normas de higiene y seguridad industrial, el departamento es el encargado de la correcta instalación de equipos, guardas, dispositivos de seguridad, etc. en los diferentes sitios donde es identificado algún riesgo o situación insegura.

El ambiente laboral dentro del taller mecánico es bastante tranquilo, debido a la forma casi automática de la generación de energía eléctrica todo

mantenimiento se puede planificar y calendarizar con exactitud y casi sin contratiempos, además de que la experiencia de los encargados resulta en que toda tarea se tiene estimada en un tiempo conveniente para la ejecución de la misma; actualmente se está intentando implementar un programa de control de ordenes de trabajo, tiempo de desarrollo de la tarea y observaciones acerca de la ejecución de la misma, el inconveniente del mismo es que solo el jefe de taller tiene acceso a computadora y no es capaz de controlar todas la tareas que se llevan a cabo por el taller. Entre los mecánicos de taller se encuentran dos que además de sus atribuciones como técnicos, son los encargados de la limpieza de diferentes áreas de casa de máquinas.

2.2. Propuesta de mejora

A continuación se presenta la propuesta realizada para el diseño del sistema auxiliar de enfriamiento de las unidades generadoras.

2.2.1. Diseño del sistema auxiliar de refrigeración

El diseño que se plantea en el numeral 2.2.1.1. tendrá como finalidad mejorar las condiciones con las que se desempeña el sistema actual de refrigeración de agua de las unidades generadoras, para esto se plantea como solución aumentar la cantidad de agua que en dado caso el sistema podría llegar a emplear.

2.2.1.1. Cálculos de diseño

En base a las consideraciones previas y con el objeto de mejorar la disponibilidad de agua en el sistema, se plantea la ejecución de un sistema auxiliar de refrigeración que abastezca las descompensaciones del sistema

secundario y sea un soporte al sistema primario de refrigeración de los generadores y de los cojinetes de las unidades generadoras.

Se planea la ubicación y construcción de dos tomas de agua y un tanque de almacenamiento subterráneo, los cuales son alimentados por dos nacimientos de agua que se encuentran en la montaña adyacente a casa de máquinas, y del cual se pudo obtener el siguiente caudal promedio:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

Tabla V. **Caudal medido**

Volumen (gal)	Tiempo (s)	Q (m ³ /s)
5	12,555	0,001508
5	13,725	0,001379
5	12,650	0,001496
5	13,280	0,001425
5	13,095	0,001445
		0,001451

Fuente: elaboración propia.

Los requerimientos del sistema de refrigeración actual son:

Circuito primario:

$$Q. \text{ teórico: } Q.t = 260 \frac{m^3}{s} = 0,072 \frac{m^3}{s} \text{ (según manual)}$$

$$Q. \text{ real: } Q.r = 600 \frac{l}{min} = 0,060 \frac{m^3}{s} \text{ (obtenido de medición en planta)}$$

Circuito secundario:

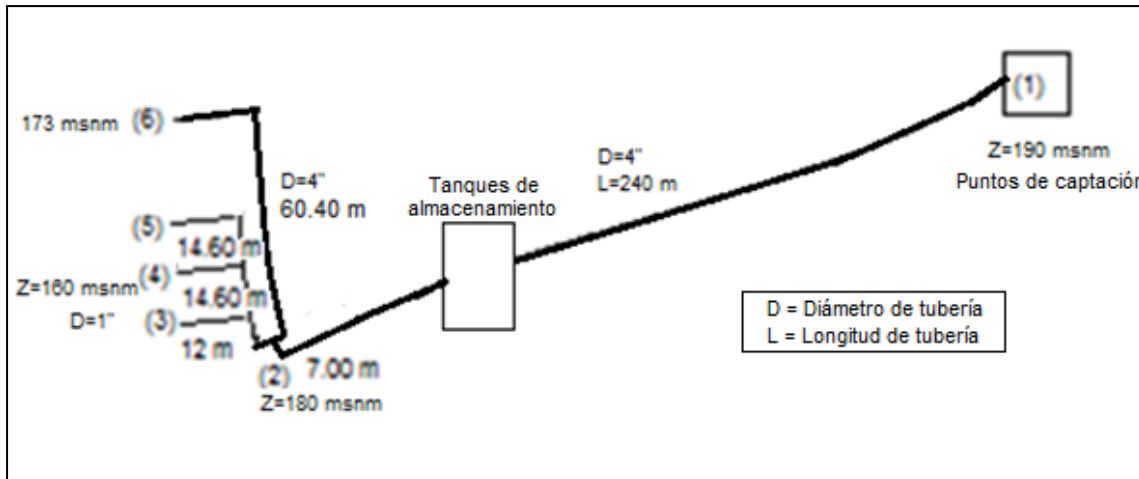
$$Q. \text{ teórico: } Q \cdot t = 160 \frac{m^3}{s} = 0,044 \frac{m^3}{s} \text{ (según manual)}$$

$$Q. \text{ real: } Q \cdot r = 600 \frac{l}{min} = 0,010 \frac{m^3}{s} \text{ (obtenido de medición en planta)}$$

Aunque para el circuito secundario solo servirá para mantener el nivel de agua de los tanques de compensación.

Considerando que este caudal fue calculado en plena temporada seca, se puede prever que este dato no varíe mucho conforme las estaciones vayan cambiando durante el año. De esto y el consumo de agua de los sistemas primarios de refrigeración se calcula lo siguiente:

Figura 7. Datos de la instalación



Fuente: elaboración propia.

Por la ecuación de la continuidad en los puntos 1 y 2 se tiene:

$$Q_1 = Q_2$$

Y

$$A_1 = A_2$$

Se emplea una tubería de hierro negro de 4" de diámetro, entonces:

$$V_1 = V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0,001451 \text{ m}^3/\text{s}}{0,079796 \text{ m}^2} = 0,1790 \text{ m/s}$$

Por la ecuación de cargas piezométricas:

$$z_1 + \frac{Q_1}{\varphi} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{Q_2}{\varphi} + \frac{v_2^2}{2g} + H_{f1-2} + H_f$$

Ecuación 1

$$\begin{aligned} 190 \text{ m} + \frac{101,325 \text{ m}^3/\text{s}}{\varphi} + \frac{(0,1790 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \\ = 180 \text{ m} + \frac{Q_2}{\varphi} + \frac{(0,1790 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} + H_{f1-2} + H_f \end{aligned}$$

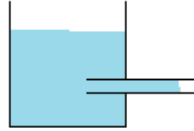
Pérdidas por fricción se calculan mediante la ecuación de Hazen-Williams, con un coeficiente de rozamiento C=120:

$$H_{f1-2} = 10,674 * L * \left[\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,871}} \right]$$

Ecuación 2

$$H_{f1-2} = 10,674 * 240 \text{ m} * \left[\frac{(0,001451 \text{ m}^3/\text{s})^{1,852}}{120^{1,852} * (0,1016 \text{ m}^2)^{4,871}} \right] = 0,1376 \text{ m}$$

Pérdidas localizadas, debido a la conexión de los tanques:



$$H_f = 0,78 \left[\frac{v^2}{2g} \right] = 0,78 \left[\frac{(0,1790 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \right] = 0,0013 \text{ m}$$

Ecuación 3



$$H_f = 0,78 \left[\frac{v^2}{2g} \right] = \left[\frac{(0,1790 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \right] = 0,0016 \text{ m}$$

$$H_f = 0,78 \left[\frac{v^2}{2g} \right] = \left[\frac{(0,1790 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \right] = 0,0016 \text{ m}$$

Substituyendo las pérdidas en la ecuación de cargas piezométricas:

$$\begin{aligned} 190 \text{ m} + \frac{101,325 \text{ m}^3/\text{s}}{9800} + \frac{(0,1790 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \\ = 160 \text{ m} + \frac{Q_2}{9800} + \frac{(0,1790 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} + 0,1376 \text{ m} + ,0046 \text{ m} \end{aligned}$$

Se obtiene una presión en el punto 2 de:

$$P_2 = 29,8681 \text{ Kg/m}^2$$

Asumiendo un caudal uniforme en las tuberías sería:

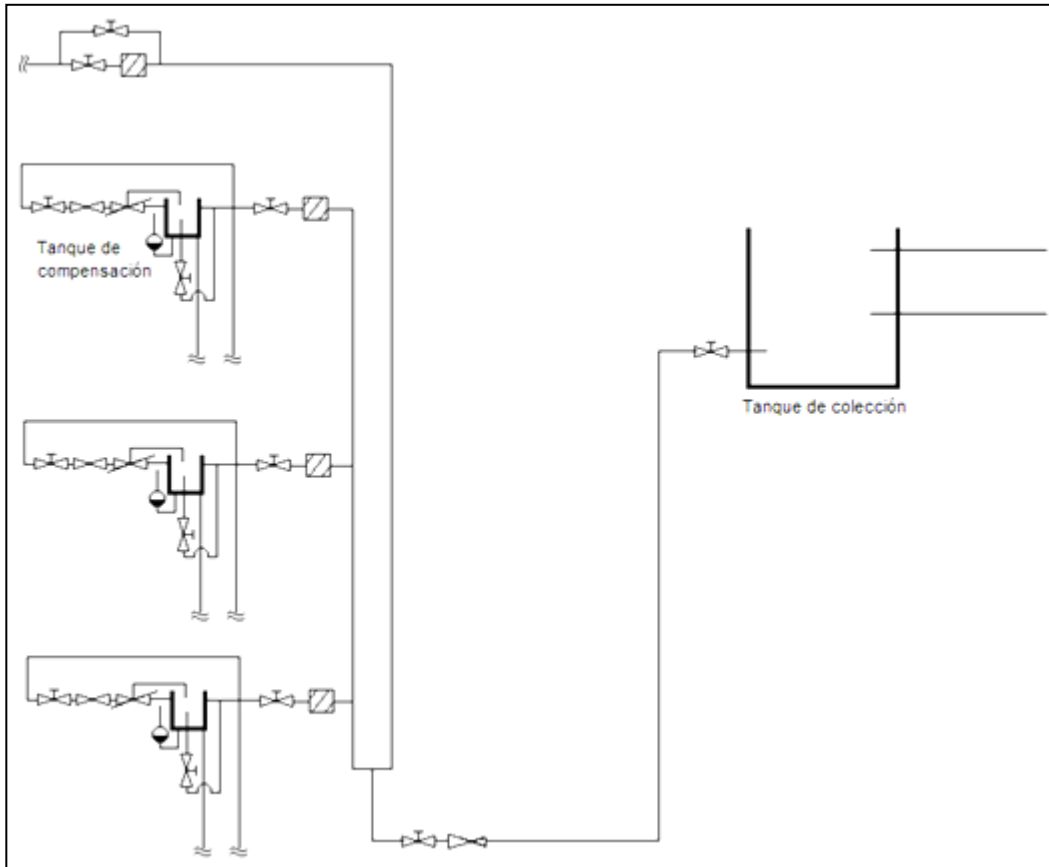
$$Q_1 = 0,001451 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_2 = 0,001451 \text{ m}^3/\text{s} \left(\frac{4}{5}\right) = 0,0012 \text{ m}^3/\text{s}$ para el circuito primario de refrigeración y $Q_3 = 0,001451 \text{ m}^3/\text{s} \left(\frac{1}{5}\right) = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$ para el circuito secundario de refrigeración. Para lograr el caudal $Q_{req} = 0,060 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ es necesario hacer una toma más de agua en las cercanías de los ya existentes, es necesario únicamente construir dicha toma y adicionar 10 metros de tubería de PVC.

2.2.1.2. Diagrama de instrumentación propuesto







Este es el plano de instrumentación que se propone para alimentar el sistema de refrigeración actual.

Figura 8. Diagrama de instrumentación del proyecto



Fuente: elaboración propia.

Simbología

-  Válvula manual
-  Filtro
-  Válvula reductora de presión
-  Monitor de nivel
-  Válvula de regulación
-  Válvula de flotador

Los equipos se especifican en numeral 2.2.4.

2.2.2. Área de instalación

La casa de máquinas de la Hidroeléctrica Aguacapa, colinda con una montaña que funciona como filtro natural para el agua de las precipitaciones que ocurren en el transcurso del año, y en especial durante la época de lluvia, de esto que en varias ubicaciones en dicha montaña existen varios nacimientos de agua, dos de estos nacimientos de agua es que se encausa el agua que servirá para alimentar el sistema de refrigeración auxiliar, que es transportada mediante tuberías hacia la sala de máquinas es el área donde además están ubicados los sistemas primarios y secundarios de refrigeración de las turbinas y de los generadores, además en esta área se encuentra la parte final de la tubería de presión, tres válvulas esféricas que sirven como cierre de la alimentación de agua de la turbina, separando la tubería de presión de la turbina.

Figura 9. **Área de ubicación del proyecto**




Fuente: Google Maps. Consultado el 09 de octubre de 2011.

2.2.3. Manual operativo del sistema auxiliar de refrigeración

A continuación se muestra un pequeño manual operativo del sistema auxiliar de refrigeración que se plantea como mejora al sistema actual.

Tabla VI. **Manual operativo del sistema auxiliar de refrigeración**

<p>Instituto Nacional de Electrificación</p> <p>Manual operativo</p> <p>Sistema auxiliar de refrigeración</p> <p>Hidroeléctrica Aguacapa</p> 
<p style="text-align: center;">Contenido</p> <p>Introducción</p> <p>Objetivo</p> <p>Responsables</p> <p>Seguridad personal</p> <p>Procedimientos</p>
<p style="text-align: center;">Introducción</p> <p>El presente manual operativo contiene la información básica acerca de la instalación y operación del sistema de refrigeración auxiliar de las unidades generadoras de la planta hidroeléctrica Aguacapa.</p>
<p style="text-align: center;">Objetivo</p> <p>El objetivo del manual es la de establecer los procedimientos de operación del sistema auxiliar de refrigeración.</p>
<p style="text-align: center;">Responsables</p> <p>El taller de mantenimiento mecánico será el encargado de velar por el funcionamiento del sistema auxiliar de refrigeración.</p>
<p style="text-align: center;">Seguridad personal</p>

Continuación Tabla VI.

El Instituto Nacional de Electrificación – INDE – será el encargado de proporcionar a todo el personal el equipo básico de seguridad personal, el cual se lista a continuación:

- Casco de color azul para operadores.
- Uniforme: camisa de gabardina color celeste y pantalón de lona azul.
- Botas de cuero negro y punta de acero.
- Guantes de hule.
- Gafas de protección.

Equipo

- Válvula manual
- Filtro doble conmutable
- Válvula reductora de presión
- Monitor de nivel

Las especificaciones de los equipos se muestran en la sección 2.2.4.

Procedimientos

Antes de realizar cualquier tipo de trabajo en el sistema de refrigeración auxiliar, el personal encargado de la operación deberá estar capacitado para la operación del mismo y debe conocer los lineamientos de seguridad personal que se explican en el apartado 2.2.6. Seguridad personal.

Los lineamientos de la operación del sistema auxiliar de refrigeración se basan en una rutina de inspección que se muestra en el apartado 2.2.7.2. junto con las siguientes procedimientos:

Continuación Tabla VI.

INDE - Instituto Nacional de Electrificación - Planta hidroeléctrica		
Aguacapa		
Procedimiento de inspección		Departamento de Mantenimiento Mecánico
Paso No.	Encargado	Actividad
1	Jefe de taller Mecánico	Crear la orden de trabajo
2	Bodeguero	Provee herramienta para inspección
3	Mecánico de planta I	Revisar daños visibles: Revisar la estructura y todos los soportes de la estructura, rajaduras o fisuras, abolladuras, dobleces, torceduras.
4	Mecánico de planta I	Revisar indicadores de temperatura y de presión.
5	Mecánico de planta I	En tanques: Revisar estructura, fisuras, estado de las conexiones con las tuberías, compartimientos desarenadores y niveles de agua
6	Mecánico de planta I	En tuberías: Tuberías, fugas, acoples, codos, tee's.
7	Mecánico de planta I	En válvulas: Asegurarse del funcionamiento de: Empaques, bridas
8	Mecánico de planta I	Elaborar informe de inspección.
9	Jefe de taller Mecánico	Reportar en vitacora, si los hubiera, notas de mecánico de planta I

El proceso del funcionamiento del sistema auxiliar de refrigeración empieza con el agua que nace en la montaña y que es llevada a casa de máquinas mediante largos segmentos de tubería, pasando por un tanque subterráneo que también

Continuación Tabla VI.

sirve como desarenador, luego llega a otro tanque ubicado en las cercanías de casa de máquinas y que de allí, es donde se lleva el agua a las conexiones con los circuitos primarios y secundarios de agua del sistema de refrigeración en casa de máquinas.

Para controlar el flujo de agua dentro de las tuberías del sistema auxiliar de alimentación de agua de refrigeración se ubica una válvula de compuerta de accionamiento manual después del tanque de almacenamiento que se ubica justo a un costado de casa de máquinas. Así mismo los tres tanques de compensación cuentan con válvulas de flote lo que controla la entrada de agua a los mismos; y la conexión al circuito primario de agua de refrigeración cuenta con un filtro y una válvula de accionamiento manual de estilo compuerta y un *bypass* sobre esta misma para poderle dar mantenimiento al filtro sin que se interrumpa el flujo de agua que llega al circuito primario de agua de refrigeración.

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Especificaciones del equipo del sistema auxiliar de refrigeración

La función del sistema auxiliar de refrigeración de agua, es la de mantener los tres sistemas de agua de refrigeración en caso de que alguno de estos falle. Este está en función durante todo el tiempo, media vez, los nacimientos escogido tengan agua, además de que mantendrá el nivel adecuado de los circuitos primarios y secundarios de refrigeración.

Tabla VII. **Especificaciones de los accesorios del sistema auxiliar de refrigeración**

Ítem	Características de diseño
Válvula manual	Válvula de compuerta de cuerpo ovalado. Diámetro nominal = 100 mm, Presión Nominal < 45 kg/m ² , para medio líquido < 100°C
Filtro	Filtro doble con conexión segmentaria por palanca y filtro de camisa, P. Nominal < 40 kg/m ²
Válvula reductora de presión	Diámetro nominal = 100 mm, forma angular = 175 mm, brida. Presión Nominal < 45 kg/m ² , para medio líquido < 100°C
Monitor de nivel	Brida cuadrada, alarma, mando neumático. P. Nominal < 45 kg/m ² , T. Agua < 100°C

Fuente: catálogos: Hydro-Stop, Armaturen- Ring, Filtros Boll, Interruptores de nivel Besta.

Se determinan estas características en base a la presión que se maneja en el sistema de refrigeración actual y sobrepasando las presiones que se obtuvieron de los cálculos de la sección 2.2.1.1., de temperaturas de trabajo actuales y dimensiones de tubería actual de 4 pulgadas = 101,6 milímetros.

2.2.5. Funcionamiento del sistema auxiliar de refrigeración

La función principal del sistema de refrigeración auxiliar deberá ser la de mantener el caudal de agua justo requerido por los sistemas primarios y secundarios de agua de refrigeración de las unidades generadoras, también podrá entrar en funcionamiento en caso de emergencia.

En cuanto a la calidad del agua para el circuito primario no resulta un factor importante, mientras que para el circuito secundario resulta de relevancia que sea libre de la mayor parte de partículas como sea posible, por lo tanto se deberá de emplear algún tipo de filtro o desarenador para el agua que sea empleada. De los nacimientos de agua que se encuentran en la montaña aledaña a casa de máquinas, se hace uso de esta agua captándola directamente hacia un tanque desarenador, de donde mediante tuberías, el agua es dirigida hacia la sala de máquinas, donde existirá una conexión para alimentar el bypass que sirve de alimentación de emergencia para el sistema primario; otra conexión que suplirá las perdidas en los tanques de compensación del sistema secundario de refrigeración.

2.2.6. Seguridad personal

Comprende los siguientes puntos:

Tabla VIII. Equipo de protección personal

Casco de color azul para operadores.	De materiales termoplásticos (policarbonatos, ABS, polietileno y policarbonato con fibra de vidrio), de por lo menos 3 mm de grosor, con un buen arnés, sin orificio de ventilación.
Uniforme: camisa de gabardina color celeste y pantalón de lona azul.	100 % de algodón, de a cuerdo a las disposición de gerencia.
Botas de cuero negro y punta de acero.	De materiales impermeables y transpirables, de puntera de plástico, suela antideslizante y de horma ancha.
Guantes	De cuero y elástico.
Gafas de protección.	de plástico transparente y tratamiento anti ralladura.

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Mantenimiento

A continuación se describe el tipo de mantenimiento que se recomienda para el sistema de refrigeración auxiliar de refrigeración.

2.2.7.1. Mantenimiento preventivo


La actividad primordial del taller de mantenimiento mecánico es la de efectuar rutinas de inspección al sistema auxiliar de refrigeración, para prevenir suspensiones del flujo de agua que alimenta al sistema de refrigeración.

La rutina de inspección se detalla en el inciso 2.2.7.2., y se presenta como una lista paso a paso de todos los elementos que conforman el sistema auxiliar de refrigeración para determinar futuras fallas.

2.2.7.2. Rutina de inspección

Se deben considerar los siguientes puntos de referencia en el sistema auxiliar, y en la tabla VII se muestra una lista para efectuar la inspección en campo.

Tabla IX. Formato para rutina de inspección

 Instituto Nacional de Electrificación – INDE – Planta hidroeléctrica Aguacapa Rutina de inspección				
Sistema auxiliar de refrigeración	Fecha : _____			
	Buenas condiciones	Reparación	Cambio	Observaciones
<input type="checkbox"/> Condiciones generales del sistema auxiliar de alimentación de agua de refrigeración				
Revisar la estructura				
Soportes y anclajes				
Rajaduras o fisuras				
<input type="checkbox"/> Tanques				
Revisar la estructura				
Soportes y anclajes				
Rajaduras o fisuras				
Conexiones con las tuberías				
Compartimientos desarenadores				
<input type="checkbox"/> Sistema de tuberías				
Tuberías				
Fugas				
Acoples				
Codos				
Tee's				
<input type="checkbox"/> Válvulas y accesorios: (Fugas, bridas, etc.)				
Válvula manual				
Filtro				
Válvula reductora de presión				
Monitor de nivel				

Mecánico de Planta II				

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en inspeccionar rápidamente la totalidad de la longitud de la tubería del sistema auxiliar de alimentación de agua de refrigeración. Se podrá determinar el estado de las tuberías mediante el color de las mismas, para determinar si existe rigidez y fragilidad; estado de las válvulas, estado de los anclajes de las tuberías.

2.2.7.4. Insumos y repuestos


Los insumos y herramientas que se emplean en el mantenimiento del sistema auxiliar de alimentación de refrigeración son detallados a continuación:

- Tubería PVC de 4" y de 1"
- Codos, tees, coplas de 4" y 1"
- Cemento de contacto para PVC
- Cinta de teflón
- Juego de empaques para válvulas de compuerta, válvulas reductoras de presión, válvulas de flote y válvulas de respaldo en caso sea necesario sustituir alguna válvula.
- Filtro de partículas
- Caja de herramientas: llaves, sierra, etc.

2.2.7.5. Actividades y responsabilidades del personal de mantenimiento

El personal del taller de mantenimiento mecánico será el encargado de velar por el correcto funcionamiento del sistema auxiliar de alimentación de agua de refrigeración, las actividades se detallan en la tabla X.

Tabla X. **Actividades y responsabilidades del personal de mantenimiento**

Instituto Nacional de Electrificación - INDE –  INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN		
Actividades		Periodicidad
1	Rutina de inspección	Mensual
2	Mantenimiento preventivo	Mensual
Responsabilidades		
1	Efectuar pruebas de funcionamiento a los equipos	Anual
2	Reportar cualquier desperfecto del sistema de refrigeración auxiliar a la supervisión de mantenimiento mecánico	Eventual
<hr/> Mecánico de Planta II		

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Análisis de costos

Se hace una estimación de costos de construcción del sistema auxiliar de refrigeración, costos de mantenimiento anual y un análisis de beneficio sobre costos para definir la viabilidad de la ejecución del proyecto.

Tabla XI. **Costos de instalación**

Construcción e instalación sistema auxiliar		Q34200,00
Tubo PVC 4" 300 m	Q4500,00	
Tubo PVC 1" 90 m	Q700,00	
Válvulas	Q12000,00	
Acoples	Q5000,00	
Construcción tanque	Q2000,00	
Contrato mano de obra civil	Q10000,00	
		Q34200,00

Fuente: elaboración propia.

Con los gastos de operación anuales, aproximados.

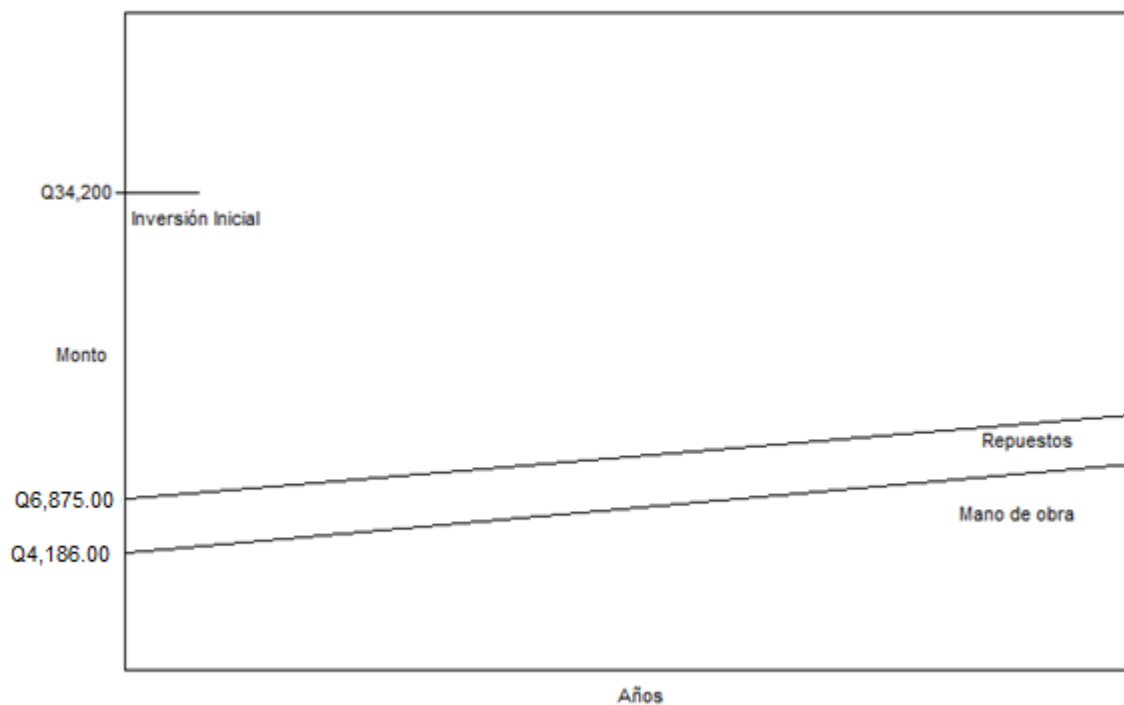
Tabla XII. **Gastos de operación anual**

Mano de obra		
Salarios Taller mecánico (horas productivas)	Q4186,00	Q4186,00
Repuestos		
Tubería	Q2500,00	
Válvulas y filtros	Q1875,00	
Insumos	Q2500,00	Q6875,00
		Q11 061,00

Fuente: elaboración propia.

Se espera que con la ejecución del sistema auxiliar de alimentación de agua de refrigeración se disminuya el tiempo del mantenimiento, por lo menos en un 15% menos, y los costos de mantenimiento y limpieza de las válvulas, filtros e intercambiadores de calor se disminuyan en un 25%.

Figura 10. **Gráfica de costos**



Fuente: tabla IX.

2.2.9. **Análisis de beneficio - costo**

En base al ahorro esperado en cuanto a los gastos de operación del sistema actual de refrigeración y los gastos de mantenimiento del sistema auxiliar de refrigeración se obtiene lo siguiente:

Tabla XIII. **Análisis de beneficio – costo**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión inicial	Saldo anual	Saldo anual	Saldo anual	Saldo anual	Saldo anual	Saldo anual	Saldo anual	Saldo anual
	14640,00	16836,00	19361,40	22265,61	25605,45	29446,27	33863,21	38942,69
	11061,00	12720,15	14628,17	16822,40	19345,76	22247,62	25584,77	29422,48
34 200,00	3579,00	4115,85	4733,23	5443,21	6259,69	7198,65	8278,44	9520,21

Fuente: elaboración propia.

Con los valores de la tabla XIII y mediante el análisis de beneficio/costo y del de la Tasa Interna de Retorno se obtiene la tabla XII.

El Valor Actual Neto se calculó de la siguiente manera:

$$\text{VAN} = 3579,00 / (1 + 0,07)^1 + 4115,85 / (1 + 0,07)^2 + 4733,23 / (1 + 0,07)^3 + 5443,21 / (1 + 0,07)^4 + 6259,69 / (1 + 0,07)^5 + 7198,65 / (1 + 0,07)^6 + 8278,44 / (1 + 0,07)^7 + 9 520,21 / (1 + 0,07)^8 - 34 200$$

$$\text{VAN} = - 34 200$$

$$\text{VAN} = \text{Q } 712,21$$

La Tasa Interna de Retorno se obtuvo:

$$\text{VAN} = \text{Q } 0,00, i=7,45\%; \text{ TIR} = 7,45\%$$

La relación de beneficio – costo se calculó así:

$$\text{B/C} = 34 912,21 / 34 200,00 = 1,0208$$

Tabla XIV. **Beneficio/costo**

i	7,00%
Beneficios Actuales Netos	Q 34 912,21
Costos Actuales Netos	Q 34 200,00
B/C	1,0208
TIR	7,45%
Valor Actual Neto	Q 712,21

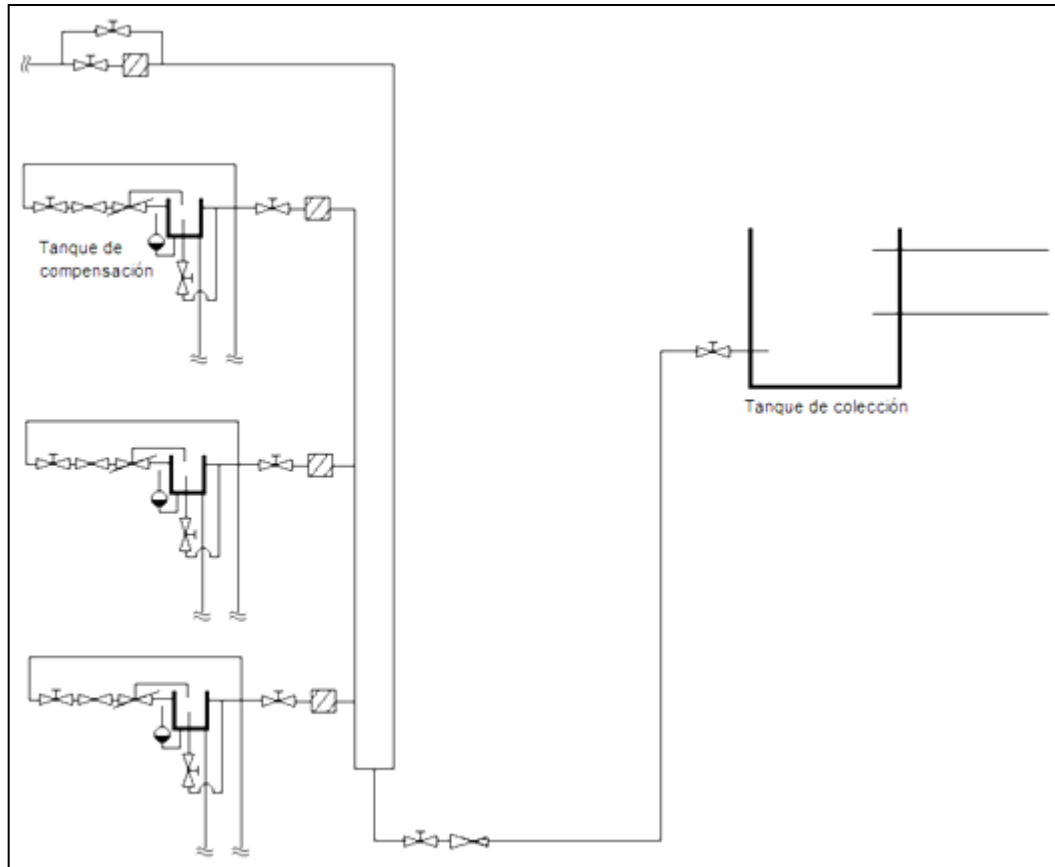
Fuente: elaboración propia.

De los datos obtenidos en la tabla XIII se puede establecer que la ejecución del proyecto, en base la estimación que se hizo de inversión inicial y el ahorro que se espera lograr en los gastos de operación del sistema actual, contra los que se pretenden obtener con la ejecución del sistema auxiliar de refrigeración, es viable y mostrará ganancias económicas a partir del año 8 de su implementación.

2.2.10. Diagramas

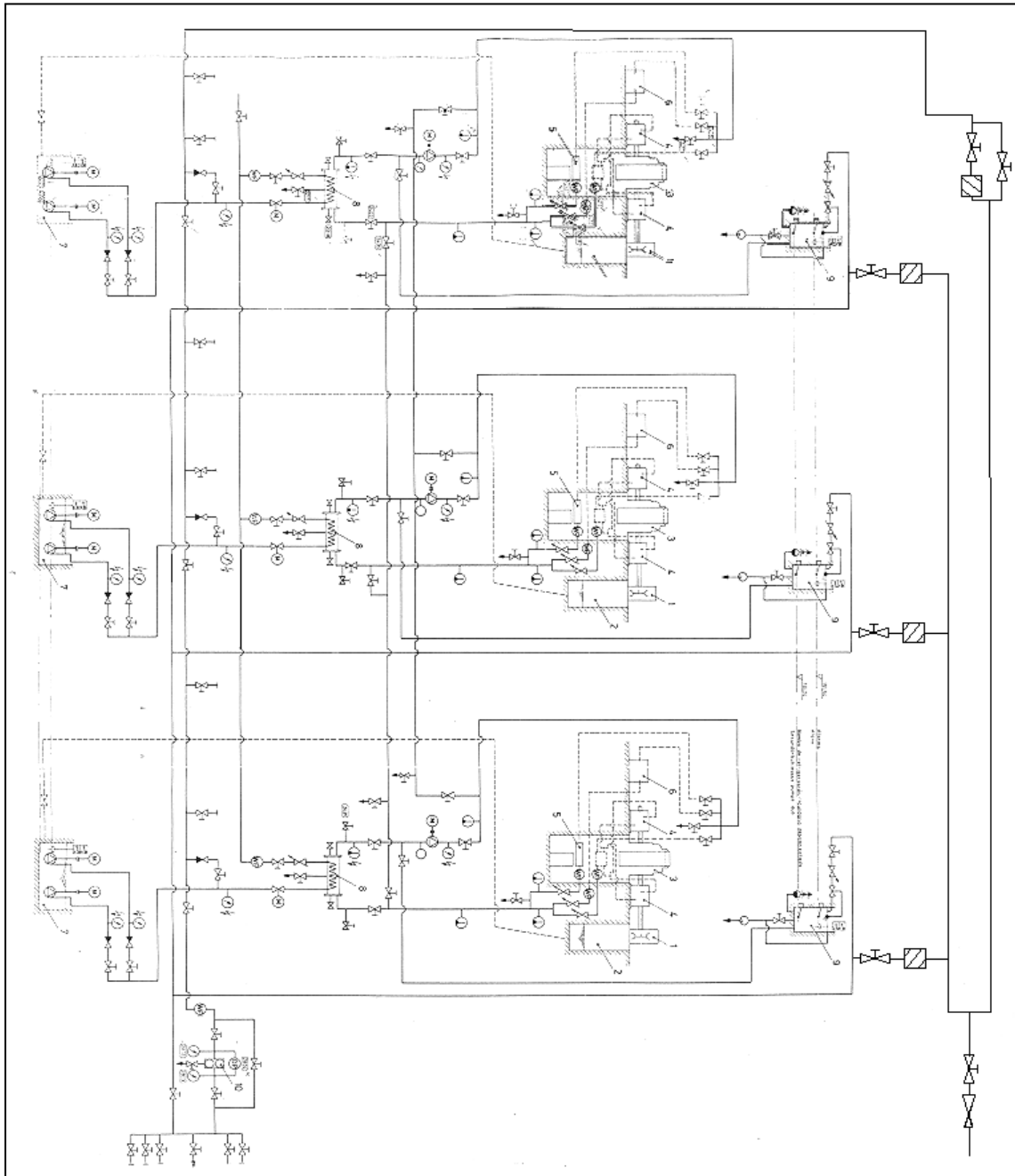
De acuerdo a las especificaciones que se determinan en este trabajo, se logra hacer el siguiente plano de instrumentación de los equipos.

Figura 11. Diagrama de instrumentación (sistema auxiliar de refrigeración)









Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Diagrama de instrumentación (sistema completo de refrigeración)



Fuente: Klein, Schanzlin & Becker. Proyecto Aguacapa Salto María Linda.

Simbología

	Válvula manual
	Filtro
	Válvula reductora de presión
	Monitor de nivel
	Válvula de regulación
	Válvula de flotador

2.3. Planificación de ejecución e instalación del proyecto

Estrategias que se plantean:

- Por la naturaleza del proyecto y por el área donde se va a instalar, se debe primero preparar el terreno de la montaña, para lo cual se debe contratar mano de obra de albañilería.
- Instalar soportes para la tubería.
- Alistar cotizaciones para posteriormente recurrir al departamento de compras.
- Efectuar el pedido de materiales y equipos con un año de anticipación.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE CONTINGENCIA ANTE DESASTRES EN CASA DE MÁQUINAS

3.1. Antecedentes de la hidroeléctrica

Primero se establece la situación actual y se hace un breve resumen de las situaciones de peligro que ha sufrido la hidroeléctrica.

Figura 13. **Casa de máquinas**



Fuente: Planta hidroeléctrica Aguacapa, vista desde sub estación.

Servicios propios:

- Electricidad
- Agua Potable

3.2. Base legal

Con base al decreto Ley No. 109-96, 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:

Por tanto decreta la siguiente: Ley de la coordinadora nacional para la reducción de desastres de origen natural o provocado.

- Constitución Política de la República de Guatemala
- Declaración universal de los derechos humanos
- Acuerdo gubernativo No. 961-90
- Ley Forestal, Decreto No. 101-96

Código Municipal artículo 53: Atribuciones y obligaciones del alcalde inciso J, adoptara personalmente, bajo su responsabilidad en caso de catástrofe o desastre o grave riesgo de los mismos las medidas necesarias. (CONRED)

Propósito del plan de contingencias:

Ser instrumento que regirá todas las acciones que conlleven a la respuesta de manera objetiva de una emergencia y/o desastre.

Fin principal del plan:

Salvaguardar las vidas humanas y los bienes de la empresa.

Objetivos:

General: actualizar y fortalecer el Plan de Emergencia de la Planta Hidroeléctrica Aguacapa, INDE. Con la finalidad de darlo a conocer ante todo el personal de la planta Aguacapa.

Específicos:

- Hacer un diagnóstico de vulnerabilidad estructural y funcional de la planta.
- 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.

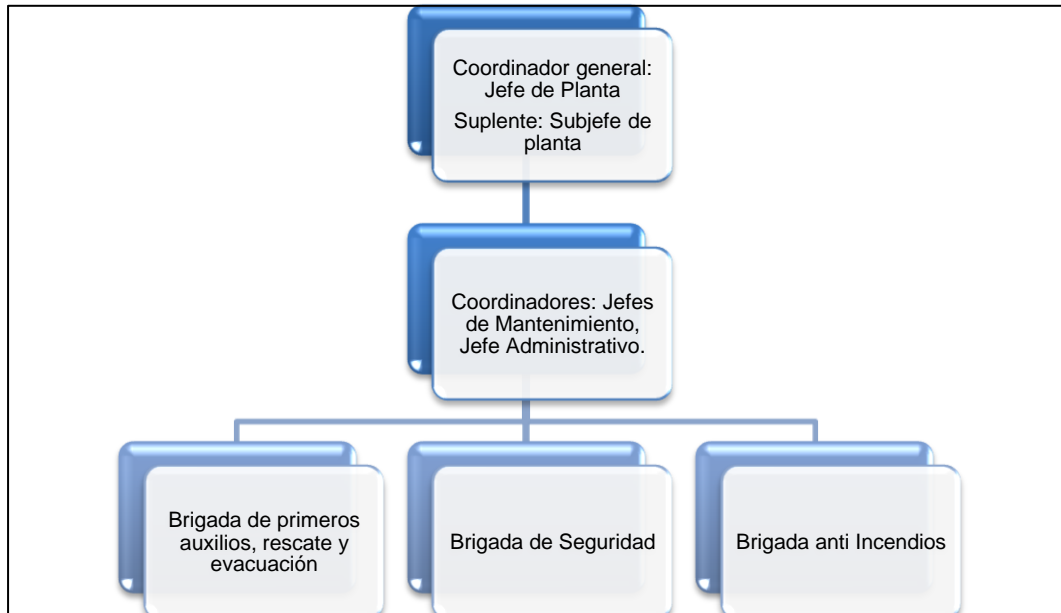
3.3. Brigadas

A continuación se plantean las brigadas que serán necesarias para la realización del plan de contingencias.

3.3.1. Organigrama

A continuación se muestra el organigrama de las brigadas creadas para el plan de contingencias.

Figura 14. **Organigrama de brigadas**




Fuente: elaboración propia.

3.3.2. **Funciones de las brigadas**

En las siguientes tablas se plantean las funciones y las responsabilidades de cada brigada.

Tabla XV. **Funciones y responsabilidades del coordinador general y el subcoordinador**

Funciones y Responsabilidades del Coordinador General y Sub Coordinador	
Coordinador General:	<u>Jefe Planta</u>
Sub Coordinador:	<u>Sub Jefe Planta</u>



- 1 Instituir el plan de contingencia.
- 2 Velar por que todos los recursos requeridos pro las comisiones se faciliten antes de que ocurra una emergencia.
- 3 Dar respuesta a los requerimientos de las brigadas antes, durante y después de un evento adverso.
- 4 Tomar decisiones.
- 5 Solicitar ayuda a niveles paralelos o superiores.
- 6 Autoriza las capacitaciones y los simulacros necesarios a realizar para preparación de atención a una emergencia.
- 7 Coordina la activación y la desactivación del plan de emergencias.
- 8 Autoriza la divulgación de información oficial del evento.
- 9 Incentivan a que se actualice el plan de emergencias.
- 10 Efectúan todas las funciones de los gerentes a la ausencia de los mismos manteniéndolos informados.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Funciones y responsabilidades de los coordinadores**

Funciones y Responsabilidades de los Coordinadores

Coordinadores: Supervisor de Mantenimiento Mecánico

Supervisor de Mantenimiento Mecánico

Supervisor de Mantenimiento Eléctrico


Jefe Administrativo



- 1 Actualizan el plan de emergencias.
- 2 Solicitar apoyo técnico y científico para la ejecución de las capacitaciones para el fortalecimiento de las brigadas.
- 3 Solicitar apoyo a niveles paralelos o superiores.
- 4 Ejecutar el plan de contingencia ante un evento suscitado.
- 5 Tomar decisiones bajo la autorización directa del coordinador general.
- 6 Efectuar todas las funciones de los coordinadores generales en la ausencia de los mismos manteniéndolos informados.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Funciones y responsabilidades de la brigada de primeros auxilios, rescate y evacuación**

 <p>INDE INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN</p> <p>Funciones y Responsabilidades de la Brigada de Primeros Auxilios, rescate y evacuación</p>	
<p>Coordinadores:</p>	<p>Jefe de sección II (Mantto. Mec.)</p> <hr/> <p>Operador V y Operador III de turno</p> <hr/>

<p>Antes:</p> <p>Tener listo el equipo de primeros auxilios, conteniendo todo lo necesario para una atención de emergencia.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 2 3 4 5 <p>1 Tener listo el equipo de primeros auxilios, conteniendo todo lo necesario para una atención de emergencia.</p> <p>2 Chequear con periodicidad el contenido del botiquín.</p> <p>3 Realizar reuniones periódicas con los brigadistas.</p> <p>4 Realizar simulacros de actuación.</p> <p>5 Velar porque las vías de evacuación estén siempre sin obstáculos.</p>

Continuación de la tabla XVII.

Durante:

- 1 Activar el sistema de alerta.
- 2 Evacuar al personal.
- 3 Actuar lo más rápido posible en el lugar del accidente, si no retirar al paciente a una zona segura.
- 4 Actuar si se cuenta con los medios de protección y atención
- 5 Verificar la hora del accidente y la hora en que empiezan a dar atención a la(s) víctima(s)
- 6 Luego de la evaluación preliminar, atender al que más posibilidades tenga de sobrevivir.
- 7 Se debe priorizar a los pacientes de acuerdo a la gravedad de sus lesiones, atendiendo primero a los que tengan más posibilidades de sobrevivir.

Después:

- 1 Realizar la evaluación de la atención brindada
- 2 Equipara nuevamente el botiquín de primeros auxilios
- 3 Realizar un reconocimiento del área afectada

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Funciones y responsabilidades de la brigada de seguridad**

Funciones y Responsabilidades de la Brigada de Seguridad	
Coordinadores:	<u>Jefe de Sección II (Mantto. Mec.)</u> <u>Técnico profesional V</u>
Suplentes:	<u>Técnico profesional III</u> <u>Técnico profesional I</u> <u>Técnico profesional I</u>

ANTES:

- 1 Capacitar y dar charlas informativas al personal.
- 2 Marcar zonas de peligro.

DURANTE:

- 1 Salvaguardar a las personas que estén dentro de casa de máquinas.
- 2 Recopilar datos sobre el evento.

DESPUÉS

Comunicar al personal sobre la seguridad de las estructuras físicas de la

- 1 casa de máquinas.



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Funciones y responsabilidades de la brigada antincendios**

Funciones y Responsabilidades de la Brigada Anti Incendios	
Coordinadores:	<u>Jefe de Sección II (Mantto. Elec.)</u> <u>Técnico profesional III</u>
Suplentes:	<u>Operador especializado V</u> <u>Operador especializado V</u> <u>Operador especializado V</u>
Personal de Apoyo:	<u>Operador especializado II</u> <u>Operador especializado II</u>
ANTES:	
1 Capacitar a todo el personal de casa de máquinas.	
2 Verificar que haya combustibles expuestos en casa de máquinas.	
3 Verificar conexiones eléctricas.	
4 Verificar que los circuitos eléctricos no estén sobrecargados.	
5 Dar avisos inmediatos de fugas de combustibles, aceites, etc.	
6 Verificar el estado de los extintores.	
7 Contar con equipo de bombeo.	
8 Verificar sistemas de alarma de incendios.	



Continuación de la tabla XIX.

<p>DURANTE:</p> <p>Activar el sistema de alerta.</p> <p>Determinar la fuente del incendio (electricidad, fugas de combustibles, etc.).</p> <p>Hacer uso de los extintores.</p> <p>Retirar heridos.</p> <p>Lamar al cuerpo de bomberos más cercano.</p> <p>Evitar la propagación del fuego aislando todos los combustibles que estén en las cercanías.</p>
<p>DESPUÉS:</p> <p>Evaluar destrucción de los equipos destruidos por el fuego.</p> <p>Dar mantenimiento a los sistemas de alarma y prevención de incendios.</p>

Fuente: elaboración propia.

3.4. Ejecución del plan

El responsable de activar la alerta según monitoreo realizado será el Ing. supervisor de mantenimiento en turno o su suplente.

Criterio de activación

a. Estacionalidad:

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

- Inundaciones de mayo a octubre
- Temporada de lluvias de mayo a octubre

- Incendios forestales de noviembre a febrero

b. 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:

- Incendios
- Explosiones
- Terremoto

3.5. Procedimientos

Primero se procede a mostrar una lista de procedimientos que se muestran en la tabla XVII, que en base a las guías de acción ante desastres de la - CONRED – son adaptadas según la situación de casa de máquinas de la planta; más adelante se establecen criterios de activación de alarmas.

Tabla XX. **Procedimientos para contrarrestar siniestros**
Instituto Nacional de Electrificación - INDE -
Planta Hidroeléctrica Aguacapa

Procedimientos para contrarrestar siniestros: Casa de Máquinas



Tipo/Nombre del siniestro:	Deslizamientos	Encargado
Procedimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer evaluaciones periódicas del estado de la montaña que está al costado de la casa de máquinas, tomando en cuenta las anteriores características de identificación. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar el lugar inmediatamente. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Concienciar a los empleados acerca del peligro de un deslave. 	Coordinador de brigada de seguridad
Tipo/Nombre del siniestro:	Sismos	Encargado
Procedimientos:	Tener al alcance	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Radio portátil de baterías. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Linterna con baterías. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Botiquín de Primeros Auxilios. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de Primeros auxilios. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Extinguidor de incendios. 	

Continuación de la tabla XX.

	<ul style="list-style-type: none">• Herramientas variadas, para desconectar agua o gas en caso necesario.	
	<ul style="list-style-type: none">• Agua embotellada suficiente.	
	<ul style="list-style-type: none">• Comida enlatada y abrelatas.	
	<ul style="list-style-type: none">• Pitos para pedir ayuda en caso de quedar atrapados.	
	<ul style="list-style-type: none">• Números telefónicos de bomberos, policía, Cruz Roja y médicos.	
	<ul style="list-style-type: none">• Copias de las llaves de puertas, candados.	

Continuación de la tabla XX.

Tipo/Nombre del siniestro:	Huracanes	Encargado
Procedimientos:	Antes	
	<ul style="list-style-type: none"> • Revise y repare techos, ventanas y paredes para evitar mayores daños, proteja ventanas con cinta adhesiva. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Asegure todos los objetos que se encuentran fuera de la casa de máquinas. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Cubra con plástico los equipos que puedan deteriorarse con agua. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenga a mano una linterna y radio de baterías, con baterías. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Almacene suficiente agua potable, alimentos enlatados y un abrelatas. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Tenga a mano un botiquín de primeros auxilios. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Tenga a mano ropa abrigada e impermeable. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Identifique refugios temporales en caso de emergencias. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Pregunte y conozca el mapa de las áreas de riesgo. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios

Continuación de la tabla XX.

	<ul style="list-style-type: none"> • Guarde sus documentos personales, cédula, pasaporte, y otros en bolsa plástica. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenga el vehículo en condiciones óptimas. 	Coordinador de brigada de primeros auxilios
Tipo/Nombre del siniestro:	Inundación	Encargado
Procedimientos:	Antes	
	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las rutas de salida rápidas desde casa de máquinas hacia zonas altas o refugios temporales. 	Coordinador de brigada de evacuación
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenga una reserva de agua potable y alimentos en los meses lluviosos. 	Coordinador de brigada de evacuación
	<ul style="list-style-type: none"> • Empaque sus documentos personales en bolsas de plástico bien cerradas. 	Coordinador de brigada de evacuación
	<ul style="list-style-type: none"> • Tenga disponible un radio portátil, lámpara de pilas y un botiquín de primeros auxilios. 	Coordinador de brigada de evacuación
	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilar siempre el cauce del río María Linda 	Coordinador de brigada de evacuación
Tipo/Nombre del siniestro:	Incendios	Encargado
Procedimientos:	Incendios forestales	Coordinador de brigada anti incendios
	<ul style="list-style-type: none"> • Si el día es seco y con mucho viento, evitar hacer fogatas y evitar cualquier tipo de combustión de combustibles fuera del perímetro de casa de máquinas. 	Coordinador de brigada anti incendios

Continuación de la tabla XX.

	<ul style="list-style-type: none"> • Al trasladarse por cualquier medio dentro de las áreas forestales, evitar arrojar cerillos o colillas de cigarro encendidos a la vegetación. 	Coordinador de brigada anti incendios
	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a técnicos forestales, capacitación en materia de protección contra incendios forestales. 	Coordinador de brigada anti incendios
	Incendios en casa de máquinas	Encargado
	Antes	
	<ul style="list-style-type: none"> • Al trasladarse por cualquier medio dentro de las áreas forestales, evitar arrojar cerillos o colillas de cigarro encendidos a la vegetación. 	Coordinador de brigada anti incendios
	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a técnicos forestales, capacitación en materia de protección contra incendios forestales. 	Coordinador de brigada anti incendios

Continuación de la tabla XX.

	Incendios en casa de máquinas	Encargado
	Antes	
	• Revise periódicamente las instalaciones y conexiones eléctricas de los generadores, transformadores y demás equipos de casa de máquinas.	Coordinador de brigada anti incendios
	• Recuerde que todo contacto o interruptor eléctrico debe tener su tapa debidamente aislada.	Coordinador de brigada anti incendios
	• Evite improvisar empalmes en las conexiones y cuide que los cables de los aparatos eléctricos se encuentren en buenas condiciones.	Coordinador de brigada anti incendios
	• No conecte aparatos que se hayan humedecido.	Coordinador de brigada anti incendios
	• Procure contar conocer la ubicación de todos los extinguidores de casa de máquinas. Asegúrese de saber cómo usarlos y verifique que funcionen correctamente.	Coordinador de brigada anti incendios

Continuación de la tabla XX.

	<ul style="list-style-type: none"> • No conecte aparatos que se hayan humedecido. 	Coordinador de brigada anti incendios
	<ul style="list-style-type: none"> • Procure contar con conocer la ubicación de todos los extinguidores de casa de máquinas. Asegúrese de saber cómo usarlos y verifique que funcionen correctamente. 	Coordinador de brigada anti incendios
Tipo/Nombre del siniestro:	Tormentas Eléctricas	Encargado
Procedimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Quedarse a resguardo en casa de máquinas. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Manténgase alejado de las ventanas y puertas abiertas, radiadores de calefacción, estufas, tuberías o cañerías, sumideros, piletas de lavar y artefactos eléctricos que se encuentren enchufados. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Durante una tormenta no use artefactos eléctricos. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • No use el teléfono. Los rayos pueden alcanzar la línea telefónica exterior durante la tormenta. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Evite todo contacto con el exterior. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • No trabaje en cercas, alambrados, líneas telefónicas, cañerías y estructuras de acero. 	Coordinador de brigada de seguridad

Continuación de la tabla XX.

	<ul style="list-style-type: none"> • No use objetos metálicos, porque son particularmente buenos blancos para ser alcanzados por un rayo. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • No trabaje materiales inflamables en recipientes abiertos. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Los pick ups o cualquier otro tipo de vehículo sirve como aislante de los rayos eléctricos. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Busque refugio en el interior de casa de máquinas. Si se encuentra en campo abierto, patio de casa de máquinas o en cualquier otro lugar desprotegido, la mejor protección es una cueva, zanja o cañada o bajo grupos de árboles altos situados en los claros de las cercanías. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando no encuentre ningún refugio, evite los objetos altos del área. Si hay un solo árbol en el lugar, la mejor protección es permanecer agachado, al aire libre, manteniéndose alejado a una distancia igual a dos veces la altura del árbol. 	Coordinador de brigada de seguridad
	<ul style="list-style-type: none"> • Evite permanecer en lo alto de las colinas, sierras, rejas de metal, galpones, silos, molinos de viento o cualquier otro objeto elevado que sea buen conductor de electricidad. 	Coordinador de brigada de seguridad

Continuación de la tabla XX.

	<ul style="list-style-type: none">• Las personas alcanzadas por un rayo reciben una poderosa descarga eléctrica que puede llegar a quemarlas. No tema tocarlas y auxiliarlas, porque no retienen carga alguna. Una persona alcanzada por un rayo puede ser revivida mediante una inmediata respiración boca a boca y masaje cardiaco	Coordinador de brigada de seguridad
--	--	-------------------------------------

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Descripción de alertas

Estas alertas serán decretadas por el coordinador general y los coordinadores, sugerida por las instancias responsables de monitoreo, apoyado por sistemas de alerta temprana de la CONRED u otras instancias.

Interpretación de alerta:

- Verde: actividades normales.
- Amarillo: cuando se tenga el conocimiento de la posible afectación por un fenómeno a la casa de máquinas y al personal susceptible que no tengan capacidad de respuesta (Prevención o precaución).
- Naranja: primero se movilizan los recursos existentes y si es necesario evacuar al personal, cuando un fenómeno ha empezado a afectar a la instalación; las brigadas deben estar en constante comunicación con los coordinadores.

- Rojo: cuando por la afectación de un fenómeno no existan recursos propios, o a pesar de haber utilizado los existentes, se hace necesario coordinar apoyo a nivel paralelo, superior o apoyo externo.

Incendios

- Incendios estructurales
Incendios localizados dentro de las instalaciones de casa de máquinas, causados por explosiones de los equipos hidráulicos, eléctricos, etc.
- Incendios forestales
Incendios localizados en las áreas de vegetación circundantes a casa de máquinas; en época seca esta situación se agrava debido a los vientos que se ven incrementados en esta época, especialmente de noviembre a febrero. Se debe recordar que se trata de siniestros de prolongada duración, a veces durante varios días, lo que agota al personal, desgasta las máquinas y exige el empleo de muchos recursos.

Deslizamientos

Movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formada por materiales naturales, roca, suelo, vegetación o bien rellenos artificiales.

En casa de máquinas, solamente se tienen evidencias de una oportunidad en que del corte que se efectuó en la montaña en la que está recostada la planta hidroeléctrica se desprendió una roca de gran tamaño, que por suerte no cobró ninguna vida humana, más que el trabajo de remoción de los escombros provocados por la caída de la roca.

Características de identificación

- Agrietamientos del terreno.

- Grietas o fracturas muy anchas (indicador del desplazamiento de la masa del terreno).
- Si hay árboles, estos muestran una inclinación anormal (no poseen verticalidad).
- Cambio en coloración de agua clara a café de las corrientadas de agua que descienden de las partes altas.
- Corrientes de agua cargadas con lodo y fragmentos sólidos.
- Desprendimientos de pequeñas cantidades de suelos o rocas.
- Hundimiento del suelo.
- Relación entre cantidad de precipitación y el tiempo que tarda.

Sismos

Un sismo, es una vibración de las diferentes capas de la tierra, que se produce por la liberación de energía que se da al rozarse o quebrarse un bloque de la corteza terrestre.

Huracanes

Son manifestaciones violentas del clima y cuyos síntomas son lluvias intensas, vientos de fuertes a fuertísimos y posteriormente problemas de precipitación lenta.

El aviso en caso de tormenta ó huracán, consiste en izar una bandera de color rojo con un cuadro color negro en el centro.

La alerta en caso de tormenta ó huracán, consiste en izar dos banderas de color rojo con un cuadro color negro en el centro.

Pasado el evento se emite a la población una señal de calma, la cual consiste en izar una bandera color verde que indica condición segura.

Inundaciones

La inundación es el fenómeno por el cual una parte de la superficie terrestre queda cubierta temporalmente por el agua, ante una subida extraordinaria del nivel de ésta.

Figura 15. **Patio de transformadores y Río María Linda**



Fuente: vista del patio de transformadores y el Río María Linda.

Las causas más probables de que ocurra una inundación en casa de máquinas:

- Las fuertes lluvias en un período relativamente corto.
- La persistencia de precipitaciones, que rápidamente provocan aumentos considerables en el nivel del Río María Linda y torrentes hasta causar el desbordamiento.
- El represamiento del Río María Linda por derrumbes, originados por fuertes lluvias o sismos. Esto ya sucedió una vez, recién inaugurada la

planta, no fue considerada en el diseño de encause del Río María Linda una roca de gran tamaño que a la postre, funcionó como represa y esta, al ceder liberó una correntada de lodo que afectó todo el sótano y el primer nivel de casa de máquinas. Los trabajos de limpieza y puesta en marcha significaron una inversión similar a la que demandó la construcción de la planta hidroeléctrica.

- La repentina destrucción de una presa, por causas naturales, humanas o ambas.
- La expansión de un lago o laguna por fuertes o continuas precipitaciones o por represamiento del desagüe.
- El ascenso del nivel del mar causado por fenómenos meteorológicos como temporales, tormentas, marejadas o por tsunamis.

Tormentas eléctricas

El efecto dual de un rayo, portador de una muy elevada corriente eléctrica e iniciador de un destructivo efecto térmico, lo hacen doblemente peligroso. Por otra parte, la corriente produce calor y es responsable de los numerosos incendios que se pueden originar.

De los estudios realizados en la materia, en los últimos doscientos años, surgen dos conclusiones fundamentales:

- El rayo no alcanzará a un objeto si este se encuentra ubicado dentro de una caja metálica conectada a tierra.
- El rayo tiende a alcanzar, generalmente, los objetos más elevados.

El método de protección para casa de máquinas y las torres del tendido eléctrico están todas conectadas a tierra, para evitar grandes sobrecargas en el sistema.

3.6. Brigadas y recursos

- Brigada de primeros auxilios, rescate y evacuación
 - Botiquín de primeros auxilios
 - Pick ups, para transporte
 - Cuerdas

3.7. Albergues

En la tabla XX se muestran los sitios que pueden ser utilizados como albergues temporales, y que estarán a cargo del jefe de sección II de la planta.

Tabla XXI. **Albergues**

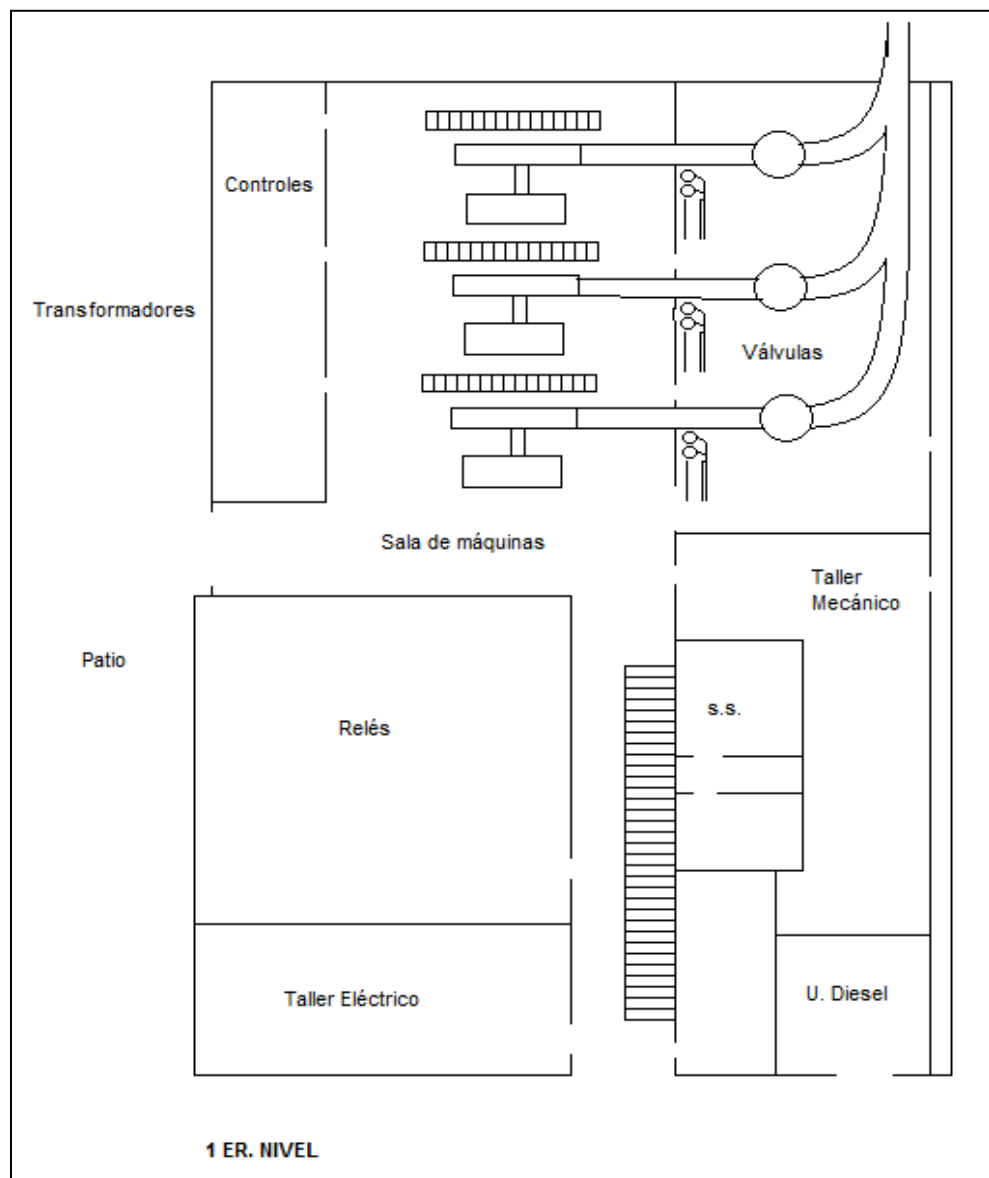
Nombre	Capacidad	Ubicación	Responsable(s)
Parqueo de jefatura	15 personas tendidas	Patio frontal de casa de máquinas	Jefe de sección II
Hasta del patio delantero	5 personas tendidas	Patio frontal de casa de máquinas	Jefe de sección II
Garita de vigilancia	5 Personas tendidas	Entrada a Casa de máquinas	Jefe de sección II

Fuente: elaboración propia.

3.8. Plano

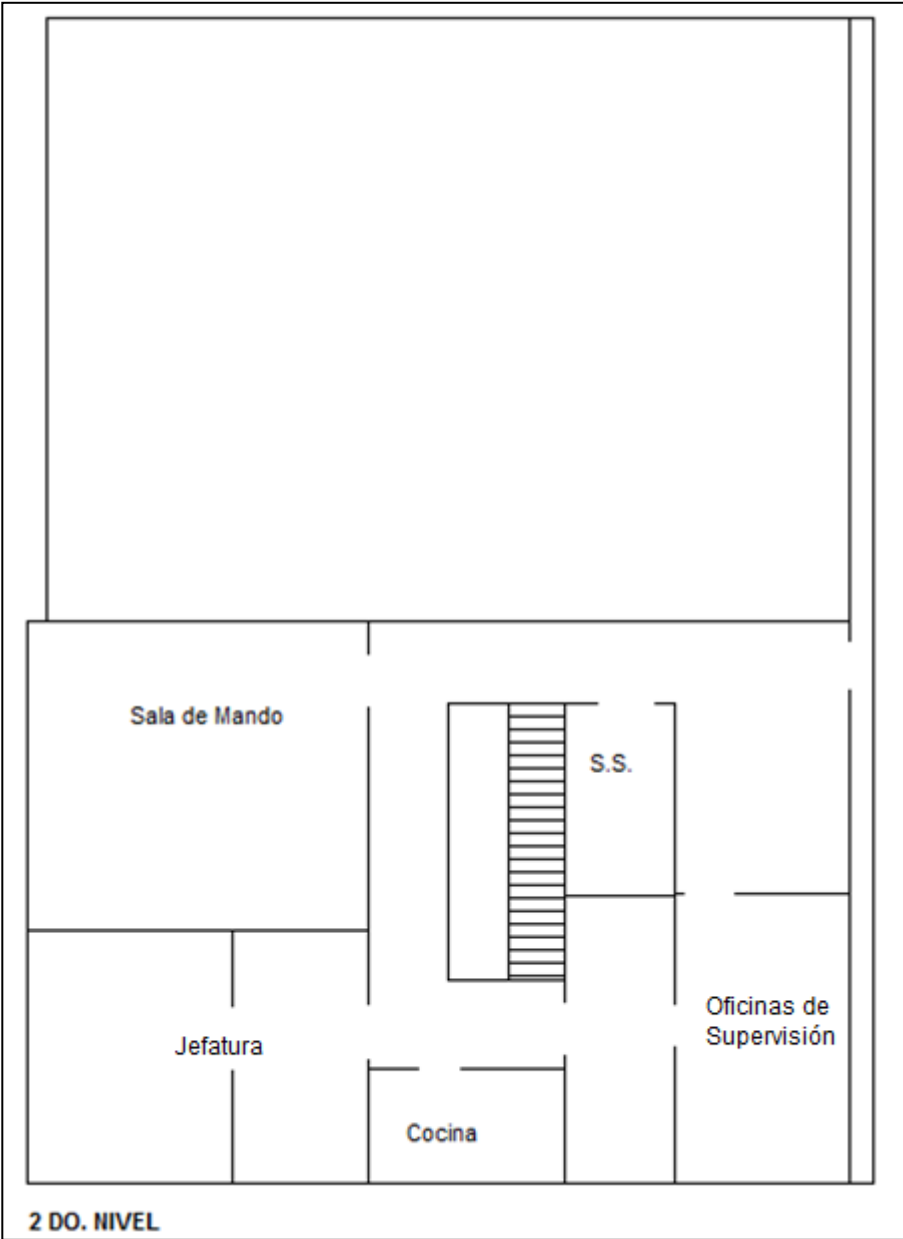
Las figuras 16, 17 y 18 muestran un croquis de los niveles de casa de máquinas.

Figura 16. **Croquis del primer nivel de casa de máquinas**



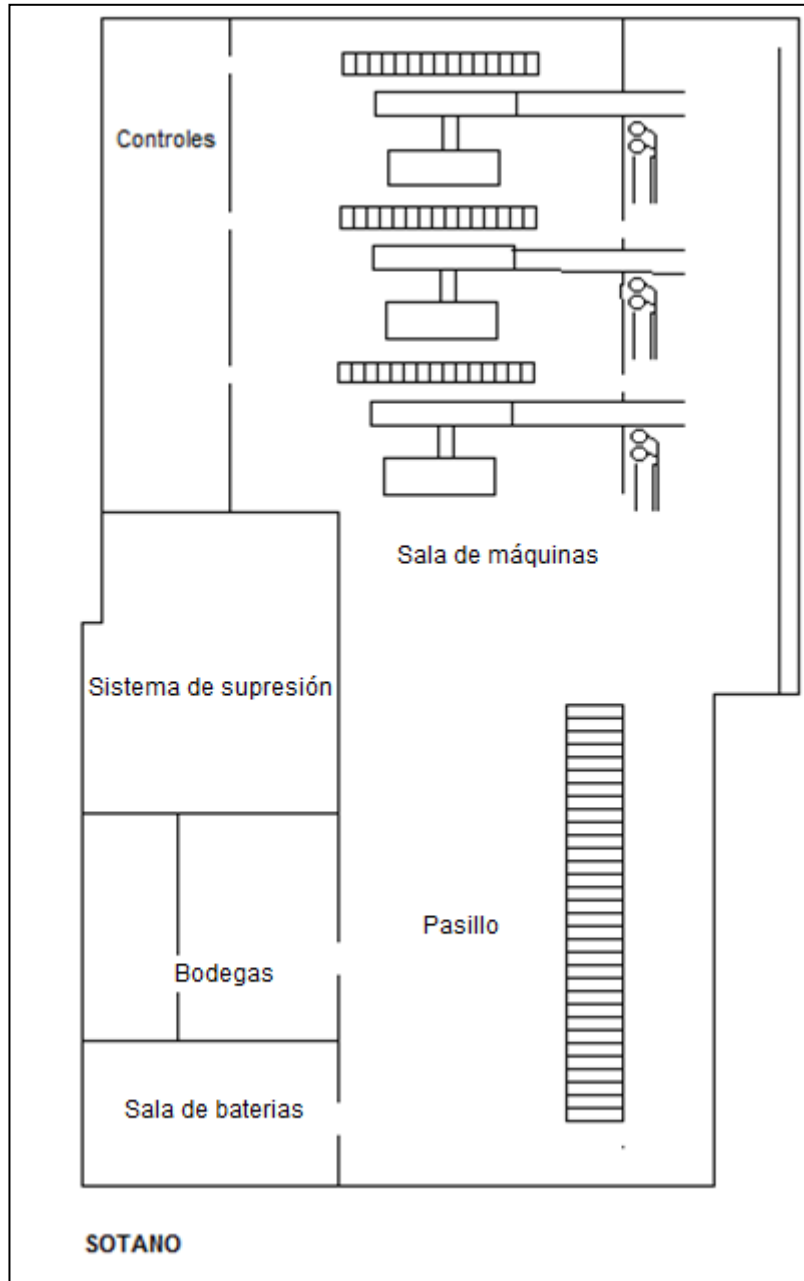
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Croquis del segundo nivel de casa de máquinas



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Croquis sótano**

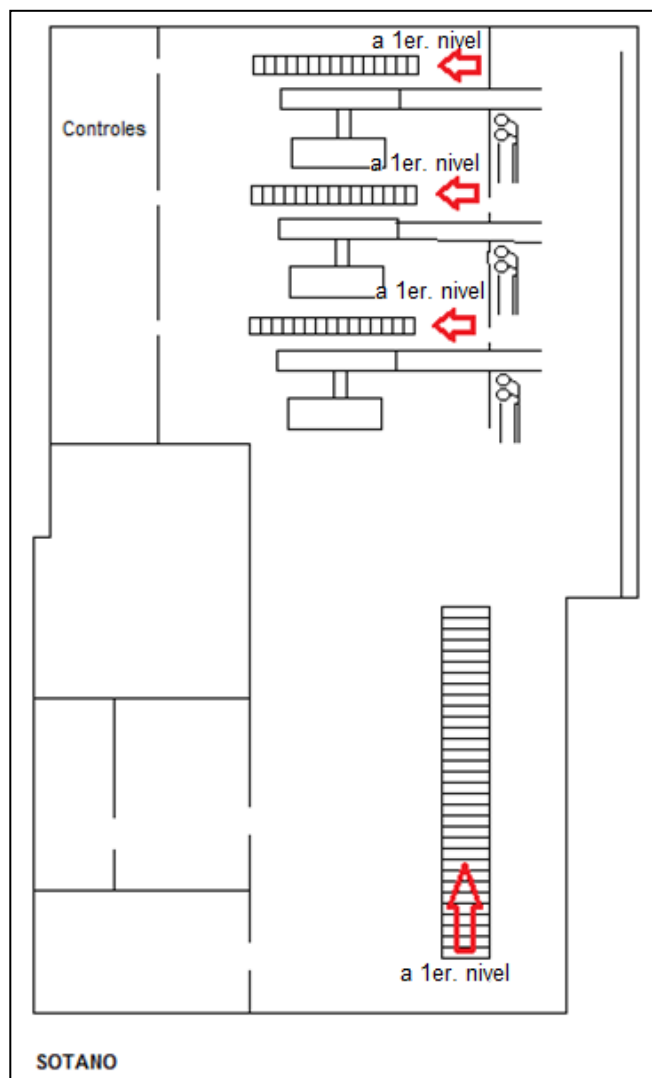


Fuente: elaboración propia.

3.8.1. Rutas de evacuación

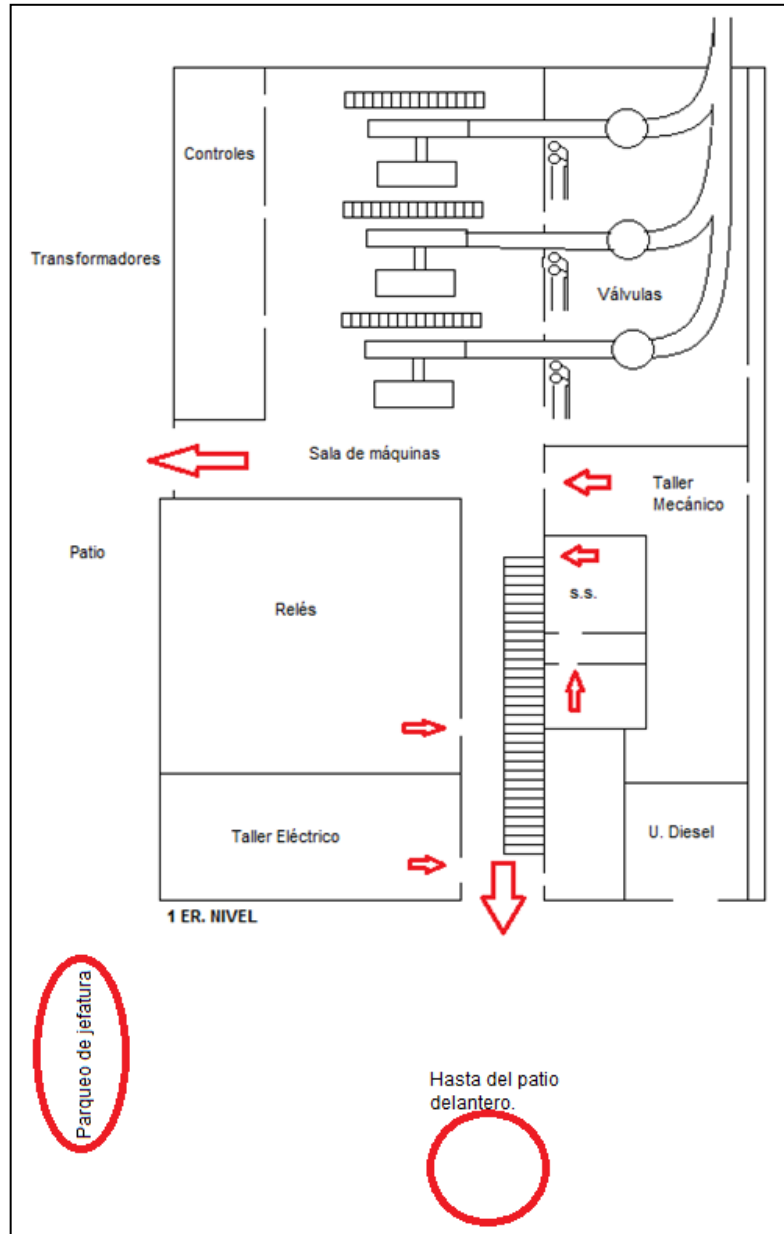
En las figuras 19, 20 y 21 se muestran las rutas de evacuación desde todas las oficinas y ambientes del edificio de casa de máquinas.

Figura 19. Rutas de evacuación



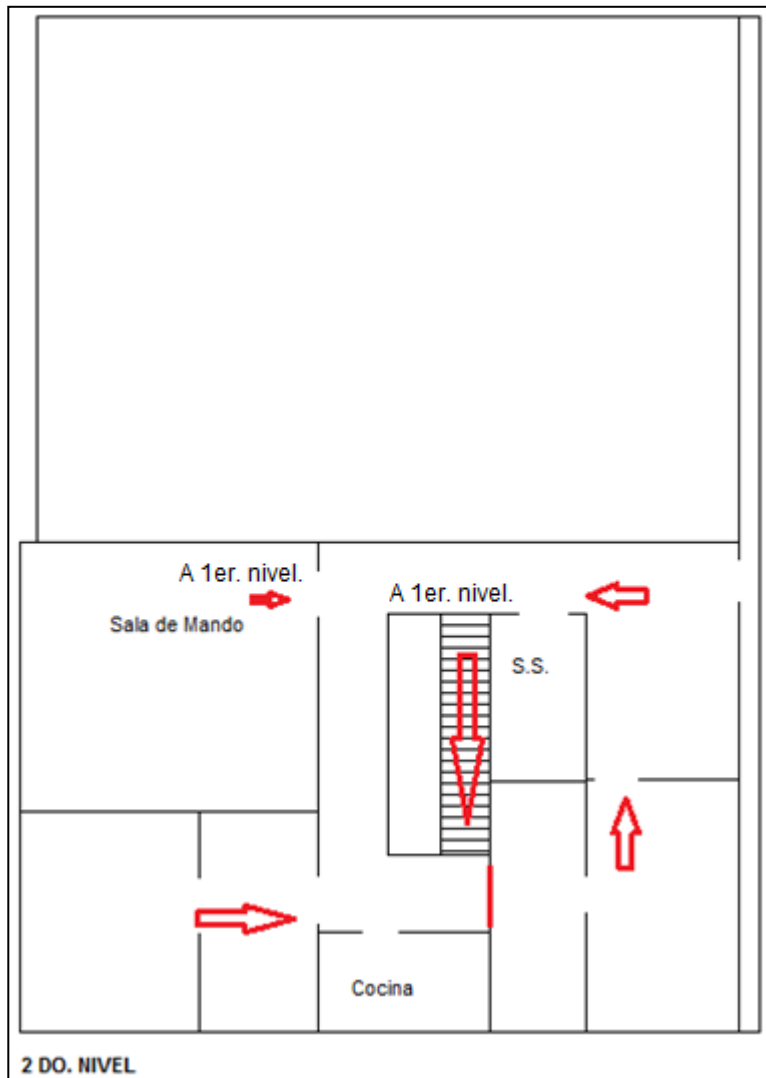
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Rutas de evacuación primer nivel



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Rutas de evacuación segundo nivel**



Fuente: elaboración propia.

3.8.2. Señalización

Se procede a instalar señalización en los puntos que fueron marcados con una flecha en los diagramas del numeral anterior (3.8.1. Rutas de evacuación). Así mismo la colocación de rótulos con los procedimientos en caso de los

percances contemplados en el inciso 3.10. (Guías básicas de acción en emergencias) y se hace la recomendación de instalar tubería con boquillas anti incendios en todos los ambientes de casa de máquinas.

Según la norma de la CONRED, se deben seguir las siguientes especificaciones para los rótulos:

Tabla XXII. **Rótulos de señalización**

Descripción	Color		Cuadrado	Círculo	Triángulo	Rectángulo	
	Fondo	Texto	Por lado	Diámetro	por lado	Base	Altura
No conectar este interruptor	rojo	blanco		12.6			
No distraigas al operador	rojo	blanco		12.6			
Precaución área de desperdicios	amarillo	negro			34		
coloca la herramienta en su lugar	azul	blanco	22.4				
Ruta de evacuación	verde	blanco				27.4	18.3
Parquearse de Retroceso	azul	blanco				68.5	45.6
Precaución Materiales inflamables	amarillo	negro			34		

Continuación de la tabla XXII.

Peligro alta tensión	amarillo	negro			17		
Prohibido fumar y encender fuego	rojo	blanco		25.2			
Precaución maquina en reparación	amarillo	negro			17		
Peligro partes en movimiento	amarillo	negro			17		
Sanitarios	azul	blanco	22.4				
Apague el equipo después de utilizarlo	azul	blanco	11.2				
Reporta cualquier sitio inseguro de trabajo	azul	blanco	11.2				
Salida de emergencia	verde	blanco	44.7				
Ruta de evacuación (gradas)	verde	blanco	33.5				

Fuente: elaboración propia.

Para obtener los datos de la tabla XXI se hizo el cálculo de área esta es igual a el cuadrado de la distancia que se espera sea visible la señalización, dividida por doscientos.

3.9. Directorio de apoyo externo

- Bomberos voluntarios de Escuintla
1ra. Av. Colonia El Recreo, Escuintla
Tel.: 7888-1122 y 7889-3566
- Bomberos Municipales de Masagua
2da. Av. Lote 12 “B”, a una cuadra de la Municipalidad
Tel.: 5628-3417
- IGSS Escuintla
Final Avenida Centro América, zona 3 de Escuintla.
Tel.: 7888-0470 y 7889-7230
- Hospital nacional de Escuintla
km. 59,5 carretera a Taxisco
Tel.: 7888-0083
- Policía Nacional de Escuintla
4ta. av. Y 9na. Calle zona 1, Edificio de Gobernación
Tel.: 7888-0244, 7888-0253 y 7888-1942
- CONRED Escuintla
3ra. av. y 9na. Calle zona 1, Edificio de Gobernación
Tel.: 7888-0244 y 5305-5515

3.10. Guías básicas de acción en emergencias

Deslizamientos

Antes:

- Tratar de familiarizarse con los terrenos alrededor de tu hogar.
- Fomentar y apoyar las iniciativas de las autoridades para que se prevengan deslizamientos.
- Vigilar los patrones de drenaje en los taludes alrededor de casa de máquinas.
- Estar consciente del plan de contingencia para conocer el actuar del personal que labora en casa de máquinas.
- Durante
- Siempre alerta.
- Conservar la calma.
- Usar vías de escape.

Sismos

Durante:

- Manténgase calmado.
- Si está en casa de máquinas, busque refugio debajo de una mesa o escritorio lejos de ventanas o puertas de vidrio, hasta que el sismo haya pasado.
- Si está al aire libre manténgase alejado de edificios, árboles y líneas eléctricas.
- Reaccione con prontitud. Durante un terremoto usted experimentará un movimiento de tierra que iniciará suavemente pero que se tornará severo varios segundos después.

Después:

- Después del terremoto principal, es muy probable que vuelva a temblar. Esté alerta y aléjese de lugares que se puedan derrumbar.
- Si queda atrapado, use una señal visible o sonora para llamar la atención.
- Localice heridos, administre primeros auxilios.
- Inspeccione el área, localice fugas de agua, de gas y proceda a desconectar los servicios dañados. Localice fuga de aguas negras y líneas caídas.
- Localice fallas estructurales que puedan causar posibles daños en movimientos sísmicos posteriores.
- Limpie derrames de sustancias peligrosas.
- Use siempre calzado.
- Sintonice en su radio alguna emisora y así poder recibir instrucciones de su Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED.
- No utilice el teléfono salvo en casos de extrema urgencia.
- No use agua de los grifos para beber, esta puede estar contaminada. Use como reserva el agua de calentadores, tanques de inodoros y de otros tanques limpios.
- No descargue los inodoros, la tubería de aguas negras puede estar en mal estado. Puede forrar con una bolsa plástica el inodoro para poder usarlo.
- Justo después del sismo, trate de ubicarse en un lugar alto, de ser posible en campamento, esté atento aguar arriba del río María Linda, pueden provocarse represamientos y estos luego ceder.

Huracanes

Durante:

- Conserve la calma.

- Manténgase informado por medio de la radio y tome en cuenta que la información sea emitida por CONRED.
- No encienda ninguna candela, veladora, cerillos o encendedor, use linterna.
- Manténgase alejado de puertas y ventanas.
- Examine cuidadosamente el edificio donde permanece o se refugia, asegúrese si hay daños y preste ayuda para repararlos.
- Después
- Conserve la calma y piense en las consecuencias de lo que va hacer.
- Reporte inmediatamente a los heridos de emergencias.
- Informe a las autoridades de daños y peligros existentes.
- No consuma agua o alimentos de procedencia dudosa. Purifique el agua y mantenga higiene en la preparación de los alimentos.
- Limpie rápida y cuidadosamente cualquier derrame de sustancias tóxicas o inflamables no tire basura o animales muertos, para evitar contaminación o epidemias, entiérrelos.
- Utilice zapatos seguros y cerrados.

Inundación

Durante:

- No atravesie ríos crecidos, torrentes o lugares inundados.
- No cruce puentes donde el nivel de las aguas está cerca del borde inferior de su tablero.
- Al efectuar rescates sea cuidadoso, utilice cuerdas, lancha, etc.

Después:

- Reporte inmediatamente a los heridos y desaparecidos a los servicios de emergencia.

- No coma nada crudo ni de procedencia dudosa.
- Beba el agua potable que almacenó o hierva por 15 minutos la que va a tomar.
- Prevenga que a su paso no exista peligro.
- Limpie cualquier derrame de medicinas, sustancias tóxicas o inflamables.
- Desaloje el agua estancada para evitar plagas de mosquitos o enfermedades.

Incendios

Incendios forestales

- Si el día es seco y con mucho viento, evitar hacer fogatas y evitar cualquier tipo de combustión de combustibles fuera del perímetro de casa de máquinas.
- Al trasladarse por cualquier medio dentro de las áreas forestales, evitar arrojar cerillos o colillas de cigarro encendidos a la vegetación.
- Solicitar a técnicos forestales, capacitación en materia de protección contra incendios forestales.

Incendios en edificios

Durante:

- Conserve la calma y procure tranquilizar a sus compañeros.
- Corte los suministros de energía eléctrica y de gas.
- No abra puertas ni ventanas, porque con el aire el fuego se extiende.
- Si el fuego se extiende, llame a los bomberos y siga sus instrucciones.
- En caso de evacuación, no corra, no grite, no empuje. No pierda el tiempo buscando objetos personales.
- Si hay gases y humo, desplácese de rodillas (gateando) y de ser posible tápese nariz y boca con un trapo húmedo.

- Antes de abrir una puerta, tóquela; si está caliente no la abra, el fuego debe estar tras ella.
- Si se incendia su ropa, no corra; tírese al piso y ruede lentamente, de ser necesario cúbrase con una manta para apagar el fuego.
- Al llegar los bomberos, infórmeles si hay personas atrapadas.
- Una vez afuera del inmueble, aléjese lo más que pueda para no obstruir el trabajo de los cuerpos de auxilio.
- Después
- Haga que un técnico revise las instalaciones eléctricas antes de conectar nuevamente la corriente.
- Deseche alimentos, bebidas o medicinas que hayan estado expuestas al calor, al humo o al tizne del fuego.
- No vuelva a congelar los alimentos que se hayan descongelado.
- No pase al área del siniestro hasta que las autoridades lo determinen.

Tormentas eléctricas

- Quedarse a resguardo en casa de máquinas.
- Manténgase alejado de las ventanas y puertas abiertas, radiadores de calefacción, estufas, tuberías o cañerías, sumideros, piletas de lavar y artefactos eléctricos que se encuentren enchufados.
- Durante una tormenta no use artefactos eléctricos.
- No use el teléfono. Los rayos pueden alcanzar la línea telefónica exterior durante la tormenta.
- Evite todo contacto con el exterior.
- No trabaje en cercas, alambrados, líneas telefónicas, cañerías y estructuras de acero.
- No use objetos metálicos, porque son particularmente buenos blancos para ser alcanzados por un rayo.

- No trabaje materiales inflamables en recipientes abiertos.
- Los pick ups o cualquier otro tipo de vehículo sirve como aislante de los rayos eléctricos.
- Busque refugio en el interior de casa de máquinas. Si se encuentra en campo abierto, patio de casa de máquinas o en cualquier otro lugar desprotegido, la mejor protección es una cueva, zanja o cañada o bajo grupos de árboles altos situados en los claros de las cercanías.
- Cuando no encuentre ningún refugio, evite los objetos altos del área. Si hay un solo árbol en el lugar, la mejor protección es permanecer agachado, al aire libre, manteniéndose alejado a una distancia igual a dos veces la altura del árbol.
- Evite permanecer en lo alto de las colinas, sierras, rejas de metal, galpones, silos, molinos de viento o cualquier otro objeto elevado que sea buen conductor de electricidad.
- Cuando sienta una carga eléctrica (su cabello se erizara o sentirá un hormigueo en su piel), un rayo está próximo a caer sobre usted. Tírese de inmediato al suelo.
- Las personas alcanzadas por un rayo reciben una poderosa descarga eléctrica que puede llegar a quemarlas. No tema tocarlas y auxiliarlas, porque no retienen carga alguna. Una persona alcanzada por un rayo puede ser revivida mediante una inmediata respiración boca a boca y masaje cardíaco.

3.11. Identificación de riesgos

- Históricamente:
 - Deslave que afectó el sótano y el primer nivel de la casa de máquinas.

- Incendio en sub estación: para el cual no se contaba con extinguidores ni otro medio de sofocación del fuego.
 - Subidas de caudal del río María Linda; que sin causar daños, pueden afectar la locomoción del personal en los alrededores de casa de máquinas.
- Estadísticamente:
 - Sismos, terremotos, deslizamientos de tierras.
 - Tormentas eléctricas y lluvias
 - Inundaciones

El principal objetivo de la identificación de los riesgos es la de poder plantear un plan de contingencias que se adecue a las circunstancias en que se encuentra la casa de máquinas.

De esto que se pueden listar como factores de riesgo predominantes a los incendios, explosión; sismos y terremotos; inundaciones.

3.12. Evaluación de riesgos

- Incendios:
 - Cortos circuitos en líneas eléctricas, tableros de control, lámparas, cajas de interconexión, interruptores, máquinas, equipos.
 - Fuego en generadores causado por sobrecalentamiento, fallas en aislamientos, o cortos circuitos.
 - Fuego en el área de la unidad diesel.
- Indicaciones:
 - Almacenar adecuadamente combustibles.
 - No fumar dentro de la casa de máquinas.

- Deterioro de aislamientos.
- Sismos y terremotos:
 - Incendios: causados por cortocircuitos a causa del sismo, escapes de combustibles, caída de instalaciones eléctricas.
 - Deslizamientos: en las laderas adyacentes a la casa de máquinas.
 - Repentino crecimiento del río.
 - Daño estructural de la edificación de casa de máquinas.
- Inundaciones:
 - Deterioro de los equipos de generación: transformadores, turbinas, etc.
 - Equipo y maquinaria de mantenimiento.
 - Peligro de pérdidas humanas.
 - Desprendimientos de tierras aledañas a la casa de máquinas.

3.13. Documentación

La documentación después de cualquier suceso es vital para evaluar si es necesaria la reestructuración y/o replanteamiento del actual plan de contingencias.

Se llevará un libro de actas para anotar los acontecimientos ocurridos durante un siniestro o acontecimiento, dicho libro quedará a disposición de jefatura de planta. Deberán contemplarse datos como la cantidad de trabajadores que estuvieron presentes durante y después del acontecimiento, cantidad de heridos, si los hubiese, todo esto en base al nivel de eficiencia que haya tenido el plan de contingencia en alguna amenaza.

Si la amenaza estaba contemplada y se cubrió todas las necesidades solo se hace el reporte de la amenaza, si la amenaza está contemplada pero el plan de contingencia no fue suficiente se debe hacer la anotación y listar las necesidades para adecuar el plan, y por último, si la amenaza no estaba contemplada se deberán hacer los estudios para preparar el plan de contingencias para que pueda existir una guía de pasos para contra restar dicha amenaza.


Dicho procedimiento será llevado a cabo por el coordinador de las brigadas, y se lleva a cabo de acuerdo a las observaciones que sean efectuadas por los brigadistas y demás empleados que estén en contacto directamente con los desastres que puedan suceder.

3.14. Verificación del plan de contingencias

Luego del proceso de la documentación de los sucesos y de la posterior documentación de los datos obtenidos del plan de contingencias, se debe considerar el adecuar los procedimientos establecidos en el documento actual para establecer si se hace necesario algún tipo de ajuste.

Se deberá hacer una evaluación de daños, la documentación de la situación posterior, reanudar la actividad normal de la planta y hacer las gestiones administrativas con la compañía de seguros. Se observa el siguiente formato:

Figura 22. Verificación del plan de contingencias

Instituto Nacional de Electrificación - INDE - Planta Hidroeléctrica Aguacapa  Verificación del plan de contingencias	
Fecha de la amenaza	
Hora de suspensión de actividades	
Tipo de Amenaza	
Trabajadores en sitio	
Trabajadores evacuados	
Trabajadores lesionados	
Bajas	
Daños a estructuras físicas	
Daños en equipo	
<hr style="width: 20%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> Jefe de planta	

Fuente: elaboración propia.

3.15. Actualizaciones del plan


La actualización del plan de contingencias es el proceso mediante el cual el plan de contingencias actual es modificado y adecuado para las necesidades propias que pueden surgir durante un percance.

Este proceso lo lleva cabo todo el personal que tiene contacto con la casa de máquinas. El procedimiento de actualización empieza haciendo anotaciones y observaciones durante los sucesos descritos anteriormente, posibles correcciones o adecuaciones a los imprevistos que puedan ocurrir.

3.16. Simulacros y procedimientos

Un procedimiento normal de simulacro deberá ser efectuado en aproximadamente 10 minutos, tomando en cuenta que el simulacro dependerá del tipo de situación que se desee atender. En la tabla XXII se muestran los procedimientos que deberán ser tomados en cuenta para el ejercicio de simulacro.

Tabla XXIII. **Simulacros**

Instituto Nacional de Electrificación - INDE -
Planta Hidroeléctrica Aguacapa

Procedimiento para un Simulacro
Antes
<p>Todos los integrantes de las brigadas toman sus posiciones después de recibir información general específicamente acerca del simulacro que se vaya a realizar, luego se procede a activar el sistema de alarma, que se haya acordado y en la forma y tiempos que se hayan definido.</p>
<p>Se efectúa el simulacro de acuerdo a la sección 3.1.12. (Guías de acción en emergencias).</p>
<p>Los coordinadores de cada brigada supervisarán en todo momento el accionar de los demás compañeros y guiarán en caso sea necesario.</p>
Después
<p>Se deberá hacer una búsqueda dirigida por el coordinador de la brigada de Seguridad para hacer un recuento de posibles heridos y anotar todos los imprevistos que sucedieron durante el simulacro para señalar errores y demás observaciones que así considere.</p>
<p>La brigada de Rescate y Evacuación entra en acción, trasladando a los posibles heridos hasta el albergue más cercano y asistiendo a los heridos.</p>
<p>Informar a la coordinación general acerca de alguna anomalía presentada en el proceso, para realizar las observaciones requeridas.</p>
<p>La brigada de Seguridad será la encargada de dar por finalizado el simulacro.</p>

Fuente: elaboración propia.

4. FASE APRENDIZAJE: CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

4.1. Planificación de reuniones

El principal objetivo de efectuar reuniones es el de dar a conocer a los trabajadores las mejoras planteadas en el presenta trabajo de graduación al sistema de refrigeración y el plan de contingencias que se plantea. Para el cumplimiento de este objetivo se cuenta con un porcentaje del presupuesto de la planta asignado para la instalación de rótulos de seguridad industrial, mantenimiento a extintores, equipamiento de botiquines, así como un espacio para efectuar las capacitaciones, aportes del IGSS y reuniones para la implementación del mantenimiento centrado en resultados o - RCM – del que se valdrá para encaminar las reuniones.

4.2. Programación

En la tabla XXIII se muestran las actividades a realizar para la consecución de las capacitaciones, así como el tiempo estimado para cada una de las actividades:

Tabla XXIV. **Calendarización de actividades**

Actividad	Mes							
	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11
Delimitación de proyecto								
Asesoría EPS								
Desarrollo plan de contingencias								
Capacitaciones								
Supervisión del diseño de sistema auxiliar								

Fuente: elaboración propia.

4.3. Capacitaciones

Las capacitaciones constarán de una serie de reuniones encaminadas a trasladar la información que se plantea en este documento, así como el plan de contingencias para contrarrestar desastres en casa de máquinas.

4.3.1. Instructivos

Diseño del sistema auxiliar de refrigeración de las unidades generadoras

Propuesta de mejora

Manual operativo del sistema auxiliar de refrigeración

El proceso del funcionamiento del sistema auxiliar de refrigeración es casi totalmente independiente del control humano, el agua que nace en la montaña es llevada a casa de máquinas mediante largos segmentos de tubería, pasando por un tanque subterráneo que también sirve como desarenador, luego llega a otro tanque ubicado en las cercanías de casa de máquinas y que de allí, es donde se lleva el agua a las conexiones con los circuitos primarios y secundarios de agua del sistema de refrigeración en casa de máquinas.

Para controlar el flujo de agua dentro de las tuberías del sistema auxiliar de alimentación de agua de refrigeración se ubica una válvula de compuerta de accionamiento manual después del tanque de almacenamiento que se ubica justo a un costado de casa de máquinas. Así mismo los tres tanques de compensación cuentan con válvulas de flote lo que controla la entrada de agua a los mismos; y la conexión al circuito primario de agua de refrigeración cuenta con un filtro y una válvula de accionamiento manual de estilo compuerta y un bypass sobre esta misma para poderle dar mantenimiento al filtro sin que se interrumpa el flujo de agua que llega al circuito primario de agua de refrigeración.

Especificaciones del equipo del sistema auxiliar de refrigeración

La función del sistema auxiliar de refrigeración de agua, es la de mantener los tres sistemas de agua de refrigeración en caso de que alguno de estos falle. Este está en función durante todo el tiempo, media vez, los nacimientos escogido tengan agua, además de que mantendrá el nivel adecuado de los circuitos primarios y secundarios de refrigeración.

Funcionamiento del sistema auxiliar de refrigeración

La función principal del sistema de refrigeración auxiliar deberá ser la de mantener el caudal de agua justo requerido por los sistemas primarios y secundarios de agua de refrigeración de las unidades generadoras, también podrá entrar en funcionamiento en caso de emergencia.

De los nacimientos de agua que se encuentran en la montaña aledaña a casa de máquinas, se hace uso de esta agua captándola directamente hacia un tanque desarenador, de donde mediante tuberías, el agua es dirigida hacia la sala de máquinas, donde existirá una conexión para alimentar el bypass que sirve de alimentación de emergencia para el sistema primario; otra conexión que suplirá las perdidas en los tanques de compensación del sistema secundario de refrigeración.

Seguridad personal

Comprende los siguientes puntos:

- a. Capacitación a todo el personal acerca del funcionamiento del sistema de refrigeración auxiliar.
- b. Selección de personal encargado del funcionamiento del mismo, para que sean estos los primeros en detectar imprevistos que afecten la seguridad e integridad de cualquier persona que entre en contacto con el sistema de refrigeración auxiliar.
- c. El correcto mantenimiento del sistema de refrigeración auxiliar.
- d. Señalización y marcaje del área de instalación del sistema auxiliar de refrigeración.
- e. Uso del equipo de protección personal.

Mantenimiento

Mantenimiento preventivo

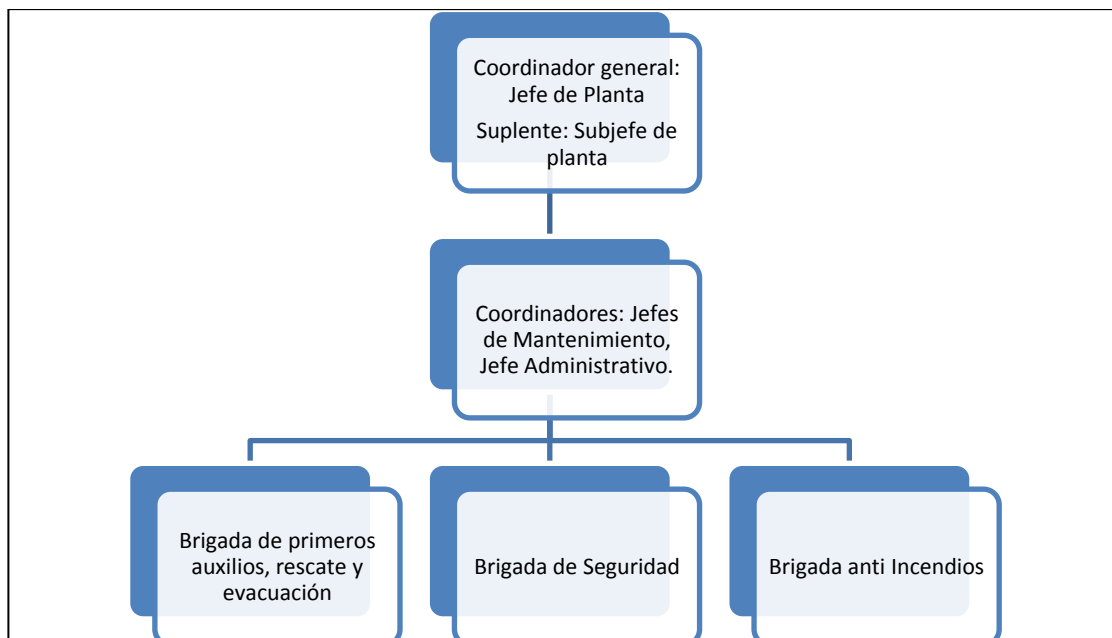
La actividad primordial del taller de mantenimiento mecánico es la de efectuar rutinas de inspección al sistema auxiliar de refrigeración, para prevenir suspensiones del flujo de agua que alimenta al sistema de refrigeración.

Fase de investigación: plan de contingencia ante desastres en casa de máquinas

Brigadas

Organigrama


Figura 23. Organigrama brigadas



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Funciones y responsabilidades del coordinador general y subcoordinador**

Funciones y responsabilidades del coordinador general y sub coordinador	
Coordinador General:	<u>Jefe Planta</u>
Sub Coordinador:	<u>Sub Jefe Planta</u>




- 1 Instituir el plan de contingencia
- 2 Velar por que todos los recursos requeridos por las comisiones se faciliten antes de que ocurra una emergencia
- 3 Dar respuesta a los requerimientos de las brigadas antes, durante y después de un evento adverso.
- 4 Tomar decisiones
- 5 Solicitar ayuda a niveles paralelos o superiores
- 6 Autoriza las capacitaciones y los simulacros necesarios a realizar para preparación de atención a una emergencia
- 7 Coordina la activación y la desactivación del plan de emergencias
- 8 Autoriza la divulgación de información oficial del evento
- 9 Incentivan a que se actualice el plan de emergencias
- 10 Efectúan todas las funciones de los gerentes a la ausencia de los mismos manteniéndolos informados

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Funciones y responsabilidades de los coordinadores**

Funciones y responsabilidades de los coordinadores	
Coordinadores:	Supervisor de Mantenimiento Mecánico
	Supervisor de Mantenimiento Mecánico
	Supervisor de Mantenimiento Eléctrico
	Jefe Administrativo



- 1 Actualizan el plan de emergencias
- 2 Solicitar apoyo técnico y científico para la ejecución de las capacitaciones para el fortalecimiento de las brigadas
- 3 Solicitar apoyo a niveles paralelos o superiores
- 4 Ejecutar el plan de contingencia ante un evento suscitado
- 5 Tomar decisiones bajo la autorización directa del coordinador general
- 6 Efectuar todas las funciones de los coordinadores generales en la ausencia de los mismos manteniéndolos informados

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Funciones y responsabilidades de la brigada de primeros auxilios, rescate y evacuación**

Funciones y Responsabilidades de la Brigada de Primeros Auxilios,
rescate y evacuación



Coordinadores: Jefe de sección II (Mantto. Mec.)
Operador V y Operador III de
turno

ANTES:

Tener listo el equipo de primeros auxilios, conteniendo todo lo necesario

- 1 para una atención de emergencia
- 2 Chequear con periodicidad el contenido del botiquín
- 3 Realizar reuniones periódicas con los brigadistas
- 4 Realizar simulacros de actuación
- 5 Velar porque las vías de evacuación estén siempre sin obstáculos

DURANTE:

- 1 Activar el sistema de alerta
- 2 Evacuar al personal
Actuar lo más rápido posible en el lugar del accidente, si no retirar al
- 3 paciente a una zona segura
- 4 Actuar si se cuenta con los medios de protección y atención
Verificar la hora del accidente y la hora en que empiezan a dar atención a
- 5 la(s) victima(s)

Continuación de la tabla XXVIII.

Luego de la evaluación preliminar, atender al que más posibilidades tenga de sobrevivir.

Se debe priorizar a los pacientes de acuerdo a la gravedad de sus lesiones, atendiendo primero a los que tengan más posibilidades de sobrevivir.

DESPUÉS:

Realizar la evaluación de la atención brindada

Equipar nuevamente el botiquín de primeros auxilios

Realizar un reconocimiento del área afectada

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Funciones y responsabilidades de la brigada de seguridad**

Funciones y Responsabilidades de la Brigada de Seguridad

Coordinadores: Jefe de Sección II (Mantto. Mec.)

Técnico profesional V

Suplentes: Técnico profesional III

Técnico profesional I

Técnico profesional I

ANTES:

1 Capacitar y dar charlas informativas al personal




Continuación de la tabla XXX.

2 Marcar zonas de peligro
<p>DURANTE:</p> <ol style="list-style-type: none">1 Salvaguardar a las persona que estén dentro de casa de máquinas2 Recopilar datos sobre el evento
<p>DESPUÉS</p> <ol style="list-style-type: none">1 casa de máquinas

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Funciones y responsabilidades de la brigada antincendios**

Funciones y Responsabilidades de la Brigada Anti Incendios	
Coordinadores:	Jefe de Sección II (Mantto. Elec.) Técnico profesional III
Suplentes:	Operador especializado V Operador especializado V Operador especializado V
Personal de Apoyo:	Operador especializado II Operador especializado II



Continuación de la tabla XXIX.

ANTES:

Capacitar a todo el personas de casa de máquinas

Verificar que hayan combustibles expuestos en casa de máquinas

Verificar conexiones eléctricas

Verificar que los circuitos eléctricos no estén sobrecargados

Dar avisos inmediatos de fugas de combustibles, aceites, etc.

Verificar el estado de los extintores

Contar con equipo de bombeo

Verificar sistemas de alarma de incendios

DURANTE:

Activar el sistema de alerta

Determinar la fuente del incendio (electricidad, fugas de combustibles, etc.)

Hacer uso de los extintores

Retirar heridos

Lamar al cuerpo de bomberos más cercano

Evitar la propagación del fuego aislando todos los combustibles que estén en las cercanías

DESPUÉS:

Evaluar destrucción de los equipos destruidos por el fuego

Dar mantenimiento a los sistemas de alarma y prevención de incendios

Fuente: elaboración propia.

Ejecución del plan

Criterio de activación

Estacionalidad:

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

- Inundaciones de mayo a octubre
- Temporada de lluvias de mayo a octubre
- Incendios forestales de noviembre a febrero

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:

- Incendios
- Explosiones
- Terremoto

Albergues

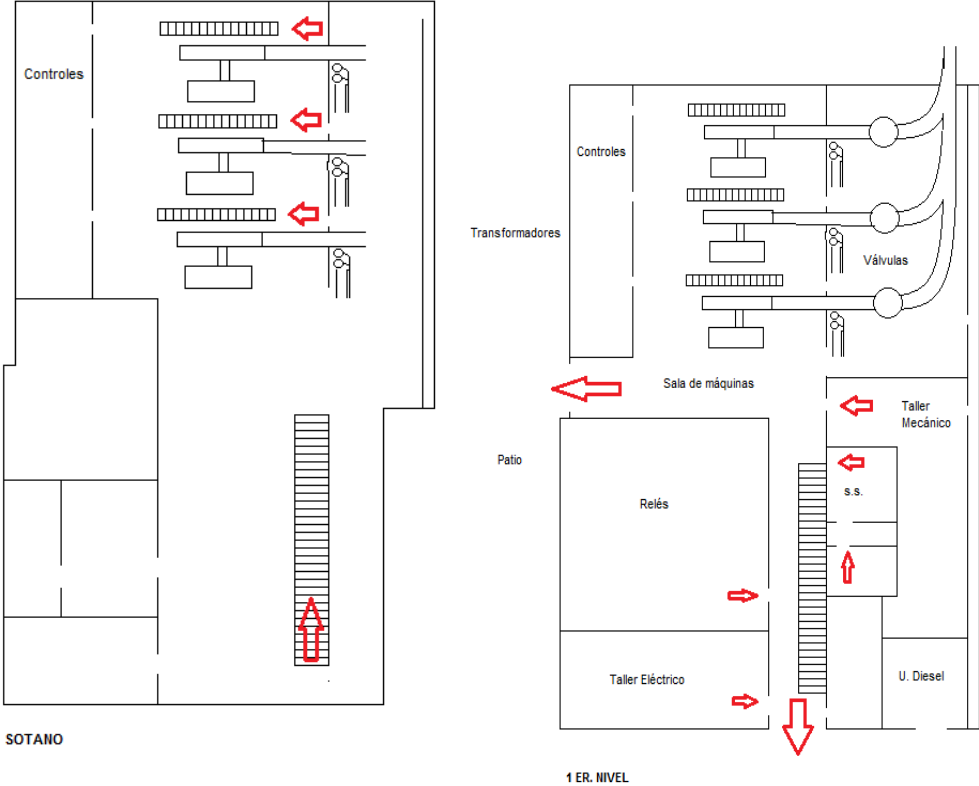
Tabla XXXII. **Albergues**

Nombre	Capacidad	Ubicación	Responsable(s)
Parqueo de jefatura	15 personas tendidas	Patio frontal de casa de maquinas	Jefe de sección II (Mantto. Mec.)
Hasta del patio delantero	5 personas tendidas	Patio frontal de casa de maquinas	Jefe de sección II (Mantto. Mec.)
Garita de vigilancia	5 Personas tendidas	Entrada a Casa de maquinas	Jefe de sección II (Mantto. Mec.)

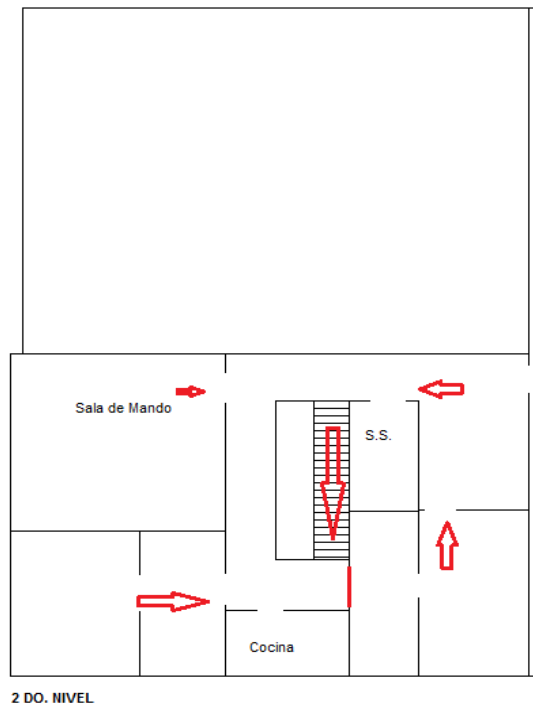
Fuente: elaboración propia.

Rutas de evacuación

Figura 24. Rutas de evacuación



Continuación de la figura 24.



Fuente: elaboración propia.

Señalización

Se procede a instalar señalización en los puntos que fueron marcados con una flecha de color rojo en los diagramas del numeral anterior (3.1.9. Rutas de evacuación). Así mismo la colocación de rótulos con los procedimientos en caso de los percances contemplados en el inciso 3.1.12. (Guías básicas de acción en emergencias) y la instalación de boquillas anti incendios en todos los ambientes de casa de máquinas.

Guías básicas de acción en emergencias

Deslizamientos

Recomendaciones

- Hacer evaluaciones periódicas del estado de la montaña que está al costado de la casa de máquinas, tomando en cuenta las anteriores características de identificación.
- Evacuar el lugar inmediatamente.
- Concienciar a los empleados acerca del peligro de un deslave.

Antes

- Tratar de familiarizarse con los terrenos alrededor de tu hogar.
- Fomentar y apoyar las iniciativas de las autoridades para que se prevengan deslizamientos.
- Vigilar los patrones de drenaje en los taludes alrededor de casa de máquinas
- Estar consciente del plan de contingencia para conocer el actuar del personal que labora en casa de máquinas.
- Durante
- Siempre alerta.
- Conservar la calma.
- Usar vías de escape.

Sismos

Antes tener al alcance

- Radio portátil de baterías.
- Linterna con baterías.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Manual de primeros auxilios.

- Extinguidor de incendios.
- Herramientas variadas, para desconectar agua o gas en caso necesario.
- Agua embotellada suficiente.
- Comida enlatada y abrelatas.
- Pitos para pedir ayuda en caso de quedar atrapados.
- Números telefónicos de bomberos, policía, Cruz Roja y médicos.
- Copias de las llaves de puertas, candados.

Durante

- Manténgase calmado.
- Si está en casa de máquinas, busque refugio debajo de una mesa o escritorio lejos de ventanas o puertas de vidrio, hasta que el sismo haya pasado.
- Si está al aire libre manténgase alejado de edificios, árboles y líneas eléctricas.
- Reaccione con prontitud. Durante un terremoto usted experimentará un movimiento de tierra que iniciará suavemente pero que se tornará severo varios segundos después.

Después

- Después del terremoto principal, es muy probable que vuelva a temblar. Esté alerta y aléjese de lugares que se puedan derrumbar.
- Si queda atrapado, use una señal visible o sonora para llamar la atención.
- Localice heridos, administre primeros auxilios.
- Inspeccione el área, localice fugas de agua, de gas y proceda a desconectar los servicios dañados. Localice fuga de aguas negras y líneas caídas.
- Localice fallas estructurales que puedan causar posibles daños en movimientos sísmicos posteriores.

- Limpie derrames de sustancias peligrosas.
- Use siempre calzado.
- Sintone en su radio alguna emisora y así poder recibir instrucciones de su Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED.
- No utilice el teléfono salvo en casos de extrema urgencia.
- No use agua de los grifos para beber, esta puede estar contaminada. Use como reserva el agua de calentadores, tanques de inodoros y de otros tanques limpios.
- No descargue los inodoros, la tubería de aguas negras puede estar en mal estado. Puede forrar con una bolsa plástica el inodoro para poder usarlo.
- Justo después del sismo, trate de ubicarse en un lugar alto, de ser posible en campamento, esté atento aguar arriba del Río María Linda, pueden provocarse represamientos y estos luego ceder.

Huracanes

Antes

- Revise y repare techos, ventanas y paredes para evitar mayores daños, proteja ventanas con cinta adhesiva.
- Asegure todos los objetos que se encuentran fuera de la casa de máquinas.
- Cubra con plástico los equipos que puedan deteriorarse con agua.
- Mantenga a mano una linterna y radio de baterías, con baterías.
- Almacene suficiente agua potable, alimentos enlatados y un abrelatas.
- Tenga a mano un botiquín de primeros auxilios.
- Tenga a mano ropa abrigada e impermeable.
- Identifique refugios temporales en caso de emergencias.
- Pregunte y conozca el mapa de las áreas de riesgo.
- Guarde sus documentos personales, cédula, pasaporte, y otros en bolsa plástica.

- Mantenga el vehículo en condiciones óptimas.

Durante

- Conserve la calma.
- Manténgase informado por medio de la radio y tome en cuenta que la información sea emitida por CONRED.
- No encienda ninguna candela, veladora, cerillos o encendedor, use linterna.
- Manténgase alejado de puertas y ventanas.
- Examine cuidadosamente el edificio donde permanece o se refugia, asegúrese si hay daños y preste ayuda para repararlos.

Después

- Conserve la calma y piense en las consecuencias de lo que va hacer.
- Reporte inmediatamente a los heridos de emergencias.
- Informe a las autoridades de daños y peligros existentes.
- No consuma agua o alimentos de procedencia dudosa. Purifique el agua y mantenga higiene en la preparación de los alimentos.
- Limpie rápida y cuidadosamente cualquier derrame de sustancias tóxicas o inflamables no tire basura o animales muertos, para evitar contaminación o epidemias, entierrelos.
- Utilice zapatos seguros y cerrados.

Inundación

Antes

- Conocer las rutas de salida rápidas desde casa de máquinas hacia zonas altas o refugios temporales.
- Mantenga una reserva de agua potable y alimentos en los meses lluviosos.

- Empaque sus documentos personales en bolsas de plástico bien cerradas.
- Tenga disponible un radio portátil, lámpara de pilas y un botiquín de primeros auxilios.
- Vigilar siempre el cauce del Río María Linda
- Durante
- No atraviese ríos crecidos, torrentes o lugares inundados.
- No cruce puentes donde el nivel de las aguas está cerca del borde inferior de su tablero.
- Al efectuar rescates sea cuidadoso, utilice cuerdas, lancha, etc.
- Después
- Reporte inmediatamente a los heridos y desaparecidos a los servicios de emergencia.
- No coma nada crudo no de procedencia dudosa.
- Beba el agua potable que almacenó o hierva por 15 minutos la que va a tomar.
- Prevenga que a su paso no exista peligro.
- Limpie cualquier derrame de medicinas, sustancias tóxicas o inflamables.
- Desaloje el agua estancada para evitar plagas de mosquitos o enfermedades.

Incendios

Incendios forestales

- Si el día es seco y con mucho viento, evitar hacer fogatas y evitar cualquier tipo de combustión de combustibles fuera del perímetro de casa de máquinas.
- Al trasladarse por cualquier medio dentro de las áreas forestales, evitar arrojar cerillos o colillas de cigarro encendidos a la vegetación.
- Solicitar a técnicos forestales, capacitación en materia de protección contra incendios forestales.

Incendios en edificios

Antes

- Revise periódicamente las instalaciones y conexiones eléctricas de los generadores, transformadores y demás equipos de casa de máquinas.
- Recuerde que todo contacto o interruptor eléctrico debe tener su tapa debidamente aislada.
- Evite improvisar empalmes en las conexiones y cuide que los cables de los aparatos eléctricos se encuentren en buenas condiciones.
- No conecte aparatos que se hayan humedecido.
- Procure contar con conocer la ubicación de todos los extinguidores de casa de máquinas. Asegúrese de saber cómo usarlos y verifique que funcionen correctamente.

Durante

- Conserve la calma y procure tranquilizar a sus compañeros.
- Corte los suministros de energía eléctrica y de gas.
- No abra puertas ni ventanas, porque con el aire el fuego se extiende.
- Si el fuego se extiende, llame a los bomberos y siga sus instrucciones.
- En caso de evacuación, no corra, no grite, no empuje. No pierda el tiempo buscando objetos personales.
- Si hay gases y humo, desplácese de rodillas (gateando) y de ser posible tápese nariz y boca con un trapo húmedo.
- Antes de abrir una puerta, tóquela; si está caliente no la abra, el fuego debe estar tras ella.
- Si se incendia su ropa, no corra; tírese al piso y ruede lentamente, de ser necesario cúbrase con una manta para apagar el fuego.
- Al llegar los bomberos, infórmeles si hay personas atrapadas.
- Una vez afuera del inmueble, aléjese lo más que pueda para no obstruir el trabajo de los cuerpos de auxilio.

Después

- Haga que un técnico revise las instalaciones eléctricas antes de conectar nuevamente la corriente.
- Deseche alimentos, bebidas o medicinas que hayan estado expuestas al calor, al humo o al tizne del fuego.
- No vuelva a congelar los alimentos que se hayan descongelado.
- No pase al área del siniestro hasta que las autoridades lo determinen.

Tormentas eléctricas

- Quedarse a resguardo en casa de máquinas.
- Manténgase alejado de las ventanas y puertas abiertas, radiadores de calefacción, estufas, tuberías o cañerías, sumideros, piletas de lavar y artefactos eléctricos que se encuentren enchufados.
- Durante una tormenta no use artefactos eléctricos.
- No use el teléfono. Los rayos pueden alcanzar la línea telefónica exterior durante la tormenta.
- Evite todo contacto con el exterior.
- No trabaje en cercas, alambrados, líneas telefónicas, cañerías y estructuras de acero.
- No use objetos metálicos, porque son particularmente buenos blancos para ser alcanzados por un rayo.
- No trabaje materiales inflamables en recipientes abiertos.
- Los pick ups o cualquier otro tipo de vehículo sirve como aislante de los rayos eléctricos.
- Busque refugio en el interior de casa de máquinas. Si se encuentra en campo abierto, patio de casa de máquinas o en cualquier otro lugar desprotegido, la mejor protección es una cueva, zanja o cañada o bajo grupos de árboles altos situados en los claros de las cercanías.

- Cuando no encuentre ningún refugio, evite los objetos altos del área. Si hay un solo árbol en el lugar, la mejor protección es permanecer agachado, al aire libre, manteniéndose alejado a una distancia igual a dos veces la altura del árbol.
- Evite permanecer en lo alto de las colinas, sierras, rejas de metal, galpones, silos, molinos de viento o cualquier otro objeto elevado que sea buen conductor de electricidad.
- Cuando sienta una carga eléctrica (su cabello se erizara o sentirá un hormigueo en su piel), un rayo está próximo a caer sobre usted. Tírese de inmediato al suelo.
- Las personas alcanzadas por un rayo reciben una poderosa descarga eléctrica que puede llegar a quemarlas. No tema tocarlas y auxiliarlas, porque no retienen carga alguna. Una persona alcanzada por un rayo puede ser revivida mediante una inmediata respiración boca a boca y masaje cardiaco.

Evaluación de riesgos

- Incendios
 - Cortos circuitos en líneas eléctricas, tableros de control, lámparas, cajas de interconexión, interruptores, máquinas, equipos.
 - Fuego en generadores causado por sobrecalentamiento, fallas en aislamientos, o cortos circuitos.
 - Fuego en el área de la unidad diesel.
- Indicaciones
 - Almacenar adecuadamente combustibles.
 - No fumar dentro de la casa de máquinas.
 - Deterioro de aislamientos.

- Sismos y terremotos
 - Incendios: causados por cortocircuitos a causa del sismo, escapes de combustibles, caída de instalaciones eléctricas.
 - Deslizamientos: en las laderas adyacentes a la casa de máquinas.
 - Repentino crecimiento del río.
 - Daño estructural de la edificación de casa de máquinas.

- Inundaciones
 - Deterioro de los equipos de generación: transformadores, turbinas, etc.
 - Equipo y maquinaria de mantenimiento.
 - Peligro de pérdidas humanas.
 - Desprendimientos de tierras aledañas a la casa de máquinas.

Simulacros y procedimientos

Durante

- Todos los integrantes de las brigadas toman sus posiciones después de recibir información general específicamente acerca del simulacro que se vaya a realizar, luego se procede a activar el sistema de alarma, que se haya acordado y en la forma y tiempos que se hayan definido.
- Se efectúa el simulacro de acuerdo a la sección 3.1.12. (Guías de acción en emergencias).
- Los coordinadores de cada brigada supervisarán en todo momento el accionar de los demás compañeros y guiarán en caso sea necesario.

Después

- Se deberá hacer una búsqueda dirigida por el coordinador de la brigada de Seguridad para hacer un recuento de posibles heridos y anotar todos

los imprevistos que sucedieron durante el simulacro para señalar errores y demás observaciones que así considere.

- La brigada de Rescate y Evacuación entra en acción, trasladando a los posibles heridos hasta el albergue más cercano y asistiendo a los heridos.
- Informar a la coordinación general acerca de alguna anomalía presentada en el proceso, para realizar las observaciones requeridas.
- La brigada de Seguridad será la encargada de dar por finalizado el simulacro.

Figura 25. **Entrega oficial de manuales y plan de contingencias**



Fuente: Taller de máquinas – herramientas, hidroeléctrica Aguacapa.

4.4. Evaluaciones

Se realiza una dinámica con preguntas a los asistentes al azar para que desarrollen un tema del sistema auxiliar de refrigeración y del plan de contingencias, de esto se espera poner en práctica los conocimientos adquiridos en la exposición del proyecto.

CONCLUSIONES

1. Se logró diseñar un sistema auxiliar de alimentación de agua para la refrigeración, cuya función principal deberá ser la de mantener el caudal de agua justo requerido por los sistemas primarios y secundarios de agua de refrigeración de las unidades generadoras.
2. Se logró establecer las características de los equipos que serán necesarios adquirir para la ejecución del sistema de refrigeración auxiliar, mediante los datos obtenidos en el capítulo 2, de acuerdo a especificaciones de fabricantes y el área en el que serán instalados.
3. Mediante la determinación de las características de los equipos y accesorios que serán empleados para el diseño del sistema auxiliar de refrigeración, se logró realizar una rutina de inspección mensual detallada, que logrará la prevención de posibles desperfectos.
4. Se logró la formulación de un plan de contingencias en caso de siniestros, aplicable para la casa de máquinas de la planta hidroeléctrica Aguacapa, que funciona en tres niveles diferentes, según sea el la emergencia, dependiendo de la emergencia se asigna al coordinador para que este sea el encargado de poner en marcha la señal de alarma y, mediante la organización de las diferentes brigadas, cada integrante del personal de brigadas esté a la entera disposición y con los conocimientos para ejecutar el plan.

5. Por medio de entrevistas y el uso de una mesa redonda se logró determinar el conocimiento del personal acerca del sistema de refrigeración actual, también se les hizo saber el diseño propuesto para obtener opiniones para realizar mejoras al mismo. Por último se les hizo entrega de un resumen del trabajo realizado.

RECOMENDACIONES

Al jefe de Sección II, que es el supervisor del taller mecánico se le hacen las siguientes recomendaciones:

1. Capacitar al personal del taller mecánico, que será el encargado del mantenimiento, se le da a conocer que por las características de la tubería de PVC y la situación del área de instalación del sistema auxiliar se deberá mantener a disposición tubería para el recambio de las secciones que puedan estar dañadas.
2. Siendo el jefe de Sección II, el encargado de velar por la seguridad industrial del personal, se hace énfasis en que el será el eje mentor para la gestión del plan de contingencia, no obstante el coordinador general, sub coordinador y los coordinadores de área serán los encargados de la gestión práctica del plan de contingencias
3. Los jefes de sección II y el Técnico Profesional IV serán los encargados la supervisión del mantenimiento del sistema auxiliar de refrigeración, coordinando encargados de las tareas de operación y rutinas de inspección.

BIBLIOGRAFÍA

1. APUNTE, Juan José. *Administración de personal: un enfoque hacia la calidad*. 2a ed. Colombia: ECOE, 2006. 392 p.
2. HUTT, Gabriela; MARMOLINNI, Belén. *Estructura organizacional*. [en línea]. [ref. 23 de febrero de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.slideshare.net/JersonSuaza/estructura-organizacional-5231419>>.
3. KLEIN, SCHANZLIN & BECKER. Instituto Nacional de Electrificación (Guatemala). Departamento de Mantenimiento: *Proyecto Aguacapa Salto María Linda. Sistemas de refrigeración y de drenaje*. Escuintla, Guatemala: INDE, 1977. 190 p.
4. MILIARIUM AUREUM, S.L. [en línea]. [ref. 23 de febrero de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.miliarium.com/calculodeperdidasdecargaentuberias.html>>.
5. PÉREZ FARRÁS, Luis. *Pautas para el diseño, cálculo y selección de tuberías en base al criterio de prestaciones equivalentes*, marzo 2007 [En línea]. Disponible en Web: <<http://escuelas.fi.uba.ar/iis/CursoTuberias.pdf>>.
6. RAMOS MARTÍN, María Jesús. *Montaje y mantenimiento de equipos*. México: McGraw-Hill, 2009. 272 p.

7. WERTHER, William B. *Administración de personal y recursos humanos*.
5a ed. México: McGraw-Hill, 2000. 582 p.