



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA
SIBIMBE DE LA COMPAÑÍA HIDALGO E HIDALGO S.A., DE LA
CIUDAD DE VENTANAS DURANTE EL PERIODO 2018**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Mosguidt Ramos Fabián Andrés

Tutor

Ing. Ocaña Raza Edwin Ramiro Mg.

AMBATO – ECUADOR

2020

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Mosguidt Ramos Fabián Andrés, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Estudio de factibilidad para la implementación del sistema contra incendios en la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A. ”, de la ciudad de Ventanas durante el periodo 2018, como requisito para optar al grado de Ingeniería Industrial y Tecnologías de la Información y la Comunicación autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 14 días del mes de enero de 2020, firmo conforme:

Autor: Mosguidt Ramos Fabián Andrés.

Firma:

Número de Cédula: 020201171-4

Dirección: Bolívar, San Miguel, La Victoria.

Correo Electrónico: compaqfabian@hotmail.com

Teléfono: 0993163518

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SIBIMBE DE LA COMPAÑÍA HIDALGO E HIDALGO S.A., DE LA CIUDAD DE VENTANAS DURANTE EL PERIODO 2018” presentado por. Mosguidt Ramos Fabián Andrés, para optar por el Título de Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, julio del 2019

.....
Ing. Ocaña Raza Edwin Ramiro Mg.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniería Industrial y Tecnologías de la Información y Comunicación, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, enero del 2020

.....
Mosguidt Ramos Fabián Andrés
Cedula # 020201171-4

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SIBIMBE DE LA COMPAÑÍA HIDALGO E HIDALGO S.A., DE LA CIUDAD DE VENTANAS DURANTE EL PERIODO 2018, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial y Tecnologías de la Información y la Comunicación, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, enero del 2020

.....
Ing. Cáceres Miranda Lorena Elizabeth, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Moreno Medina Víctor Hugo, Mg.
VOCAL

.....
Ing. Fuentes Pérez Esteban Mauricio, Phd.
VOCAL

ÍNDICE CONTENIDOS

| | |
|--|--------------------------------------|
| PORTADA..... | i |
| AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | ii |
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | iii |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD..... | iv |
| APROBACIÓN TRIBUNAL..... | v |
| ÍNDICE CONTENIDOS..... | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| ÍNDICE DE IMÁGENES | xi |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xiii |
| RESUMEN EJECUTIVO | xiv |
| ABSTRACT..... | ¡Error! Marcador no definido. |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

| | |
|-----------------------------|---|
| Introducción..... | 2 |
| Antecedentes..... | 2 |
| Justificación..... | 3 |
| Objetivos..... | 4 |
| Objetivo general | 4 |
| Objetivos Específicos | 4 |

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

| | |
|--|---|
| Diagnóstico de la situación actual de la empresa. | 5 |
|--|---|

| | |
|-----------------------|----|
| Área de estudio | 39 |
| Modelo operativo..... | 39 |

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

| | |
|------------------------------------|-----|
| Presentación de la propuesta | 43 |
| Resultados esperados..... | 102 |
| Cronograma de actividades | 103 |
| Análisis de costos | 105 |

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|----------------------|-----|
| Conclusiones..... | 109 |
| Recomendaciones..... | 110 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 111 |
| ANEXOS | 116 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Distribución de superficie | 22 |
| Tabla 2: Sistema básico de extintores | 23 |
| Tabla 3: Áreas sin protección..... | 23 |
| Tabla 4: Altura del edificio | 24 |
| Tabla 5: Mayor sector de Incendios | 24 |
| Tabla 6: Resistencia al Fuego | 25 |
| Tabla 7: Falsos Techos..... | 25 |
| Tabla 8: Distancia de los bomberos | 25 |
| Tabla 9: Accesibilidad del edificio | 26 |
| Tabla 10: Peligro de activación..... | 26 |
| Tabla 11: Carga térmica | 27 |
| Tabla 12: Combustibilidad..... | 27 |
| Tabla 13: Orden y limpieza..... | 27 |
| Tabla 14: Almacenamiento en altura | 28 |
| Tabla 15: Factor de concentración | 28 |
| Tabla 16: Destructibilidad por calor | 28 |
| Tabla 17: Destructibilidad por humo | 29 |
| Tabla 18: Destructibilidad por corrosión | 29 |
| Tabla 19: Destructibilidad por agua..... | 30 |
| Tabla 20: Propagación vertical..... | 30 |
| Tabla 21: Propagación Horizontal | 30 |
| Tabla 22: Factores de protección | 31 |
| Tabla 23: Brigadas internas contra incendios | 31 |
| Tabla 24: Resultados Meseri..... | 32 |
| Tabla 25: Evaluación MESERI para Casa de Máquinas..... | 33 |
| Tabla 26: Evaluación MESERI para Subestación o patio de maniobras | 36 |
| Tabla 27: Área del tablero eléctrico | 65 |
| Tabla 28: Área de tablero eléctrico del control principal..... | 70 |
| Tabla 29: Área del tablero eléctrico del puente Grúa | 75 |
| Tabla 30: Dimensiones del prisma que representa el transformador | 84 |
| Tabla 31: Caudal de descarga de boquillas K=75(m) | 87 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 32: Dispositivos del sistema contra incendios | 97 |
| Tabla 33: Cronograma de Actividades..... | 104 |
| Tabla 34: Lista de materiales | 105 |
| Tabla 35: Rubros a proteger..... | 107 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Organigrama estructural | 6 |
| Figura 2: Layout de la empresa..... | 12 |
| Figura 3: Layout del patio industrial de la Hidroeléctrica Sibimbe | 13 |
| Figura 4: Layout de Casa de máquinas | 14 |
| Figura 5: Modelo operativo..... | 39 |
| Figura 6: Desalimentación | 44 |
| Figura 7: Sofocación | 45 |
| Figura 8: Enfriamiento | 45 |
| Figura 9: Inhibición..... | 45 |
| Figura 10: Sistema Firetrace directo en tablero eléctrico..... | 66 |
| Figura 11: Geometría del prisma que representa el Transformador | 84 |
| Figura 12: Restricción de elementos contra incendios..... | 85 |
| Figura 13: Patrones de descarga de boquilla de pulverización de agua a utilizar . | 87 |
| Figura 14: Distribución de boquillas de agua pulverizada..... | 88 |
| Figura 15: Extintores manuales Casa de máquinas..... | 99 |
| Figura 16: Sistemas fijos de extinción de Incendios..... | 100 |
| Figura 17: Sistema de detección y alarma..... | 101 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| Imagen 1: Bocatoma | 15 |
| Imagen 2: Canal Abierto y Embaulado..... | 16 |
| Imagen 3: Reservorio | 17 |
| Imagen 4: Turbinas y generadores | 17 |
| Imagen 5: Oficina..... | 18 |
| Imagen 6: Banco de baterías | 18 |
| Imagen 7: Control principal (interruptores de potencia)..... | 19 |
| Imagen 8: Transformador de servicios 220 VAC | 19 |
| Imagen 9: Bodega | 20 |
| Imagen 10: Área de turbinas y Puente grúa | 20 |
| Imagen 11: Generador de emergencia..... | 21 |
| Imagen 12: Subestación o patio de maniobras | 21 |
| Imagen 13: Canal de reposición al río..... | 22 |
| Imagen 14: Firetrace Directo | 57 |
| Imagen 15: Firetrace Indirecto | 58 |
| Imagen 16: Generadores de aerosol | 59 |
| Imagen 17: Tablero eléctrico de control | 65 |
| Imagen 18: Baño | 68 |
| Imagen 19: Interruptores de potencia..... | 69 |
| Imagen 20: Transformador de servicios de 220 VAC | 71 |
| Imagen 21: Sistema de generadores de aerosol..... | 73 |
| Imagen 22: Puente grúa..... | 74 |
| Imagen 23: Tablero eléctrico del puente grúa..... | 74 |
| Imagen 24: Turbina Francis y generador de 8.5 MW | 77 |
| Imagen 25: Generador de emergencia..... | 79 |
| Imagen 26: Bodega de aceites..... | 81 |
| Imagen 27: Ducto de ventilación | 81 |
| Imagen 28: Pasillo..... | 82 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1: Meseri..... | 31 |
| Ecuación 2: Costo beneficio..... | 41 |
| Ecuación 3: Cálculo de CO ₂ | 65 |
| Ecuación 4: Calculo para generadores de aerosol..... | 71 |
| Ecuación 5: Calculo de caudal..... | 84 |
| Ecuación 6: Caudal de boquillas..... | 86 |
| Ecuación 7: Caudal total de boquillas..... | 86 |
| Ecuación 8: Reserva de agua..... | 88 |
| Ecuación 9: Potencia de la bomba..... | 89 |
| Ecuación 10: Potencia real..... | 89 |
| Ecuación 11: Carga de trabajo..... | 90 |
| Ecuación 12: Velocidad de flujo de agua..... | 91 |
| Ecuación 13: Diámetro interno de tubería..... | 91 |
| Ecuación 14: Pérdida de carga por la tubería..... | 92 |
| Ecuación 15: Número Reynolds..... | 92 |
| Ecuación 16: Longitud de la tubería..... | 93 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1: Espaciamento en salas para aparatos visibles en cielorraso..... | 118 |
| Anexo 2: Kb para equipos especiales..... | 119 |
| Anexo 3: Espaciamento eléctrico de transformadores..... | 120 |
| Anexo 4: Boquilla de pulverización de agua | 121 |
| Anexo 5: Diámetros de tuberías..... | 122 |
| Anexo 6: Características de motores eléctricos | 123 |

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SIBIMBE DE LA COMPAÑÍA HIDALGO E HIDALGO S.A., DE LA CIUDAD DE VENTANAS DURANTE EL PERIODO 2018.

AUTOR: Mosguidt Ramos Fabián Andrés

TUTOR: Ing. Ocaña Raza Edwin Ramiro, Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se orienta a la ausencia de un sistema contra incendios adecuado para la Central Hidroeléctrica Sibimbe, por lo que se expone el Estudio de Factibilidad para la Implementación del Sistema Contra Incendios, por lo cual se realiza la evaluación de la situación actual del sistema contra incendios existente y la evaluación del riesgo de incendio a la que está expuesta la empresa empleando el método MESERI, que dio como resultado un puntaje de 4 lo que comparando en la tabla de resultado meseri la calificación de riesgo es malo para casa de máquinas debido a la destructibilidad de los elementos eléctricos y electrónicos en un conato y para el patio de maniobras se obtiene un resultado de 5 puntos que en la tabla de calificación el riesgo es bueno, esto es debido a la fabricación robusta del transformador y una propagabilidad media, por lo cual el propósito de este estudio es brindar seguridad al recurso humano y a los bienes materiales, por lo que se evalúa cada área de la central por separado para determinar el tipo de incendio que se pueda generar y mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, se selecciona las debidas protecciones como el tipo de extintor, alarmas, sensores, sistemas fijos, sistema de agua pulverizada, y la debida ubicación de los dispositivos para así combatir con eficacia un conato el cual si se originará, este pueda ser controlado a tiempo disminuyendo el daño que podría ocasionar.

DESCRIPTORES: alarmas, hidroeléctrica, incendios, meseri, protección.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: FEASIBILITY STUDY TO IMPLEMENTAT A FIRE FIGHTING SYSTEM AT “SIBIMBE” HYDROELECTRIC POWER PLANT BY “HIDALGO E HIDALGO S.A.” COMPANY, IN VENTANAS CITY, THROUGHOUT THE YEAR 2018.

AUTHOR: Mosquidt Ramos Fabián Andrés

TUTOR: Eng. Ocaña Raza Edwin Ramiro, Mg.

ABSTRACT

The current research work analyses the absence of an adequate fire system at ‘Sibimbe’ hydroelectric power plant. Therefore, a feasibility study for the implementation of a fire fighting system was established. Consequently, it was essential to carry out the evaluation of the current situation of both the fire system and the fire risk assessment to which the company is exposed by applying the MESERI method. After having done the assessment, it was identified a score of 4 points which means that the risk score was relatively negative to the machines due to fact that electronic devices tend to get destroyed. Easily in the same order, the handling area got a result of 5 points which compared to the sample risk table is satisfactory due to strong manufacturing processes from transformers as well as the medium propagability. Hence, the purpose of this study was to provide security to human resources and material goods, so that each area of the power plant was evaluated separately through the regulations stated by the association of national fire protection; therefore, types of possible fire causes were addressed to meet precautions of appropriate protection such as types of fire extinguishers, alarms, sensors, fixed systems, water spray systems, and suitable location of devices in order to effectively fight fires which can be controlled in time by reducing damage levels.

KEYWORDS: alarms, fires, hydroelectric power plant, meseri method, protection.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los sistemas contra incendio son de gran necesidad e importancia tanto en estructuras domiciliarias o industriales, como en áreas verdes ya que son de vital importancia para el medioambiente, debido a que un incendio es un fenómeno natural inesperado, por lo tanto es necesario saber cómo actuar y poder contar con el equipo necesario para combatir este fenómeno, para obtener una protección adecuada contra incendios existen reglamentos y normativas nacionales e internacionales las cuales suministran los conocimientos necesarios para la debida implementación de un sistema contra incendios, de pendiendo de la razón social (Jaramillo, 2012).

En la actualidad ha progresado considerablemente la tecnología de control para las centrales hidroeléctricas, logrando así poder operar las unidades de generación hidroeléctrica desde una distancia considerable evitando así riesgos para el operador, uno de los principales riesgos de incendio en una central hidroeléctrica se encuentra en los transformadores (Barrera , 2012).

Los estándares de seguridad en hidroeléctricas en la actualidad demandan un estricto control para salvaguardar la vida de los trabajadores e instalaciones de las empresas, por lo cual es importante que, en la Central Hidroeléctrica, se realice el

estudio de factibilidad para la implementación del sistema contra incendios para que perciba las necesidades y decisiones que deben tomarse en caso de una emergencia en las instalaciones o en sus alrededores (Trávez, 2012)

El tiempo de respuesta debe ser de inmediato y que las víctimas puedan ser rescatadas del siniestro con el menor daño posible de igual manera procurando proteger las instalaciones de la central hidroeléctrica.

Antecedentes

La central hidroeléctrica en estudio inició sus operaciones en el mes de mayo del año 2006, ingresando así al Sistema Nacional Interconectado del Ecuador enlazándose en la red de 69KV de CNEL los Ríos. La Hidroeléctrica Sibimbe tiene una potencia nominal de 15,2 MW, la potencia efectiva es de 14,2 MW y produce energía firme anual de 82.000 MW-h. Constituye la primera hidroeléctrica concesionada con iniciativa privada por 50 años (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

La hidroeléctrica está situada en el río Sibimbe, en la provincia de Bolívar, cerca al límite de la provincia de Los Ríos, entre las ciudades de Echeandía y Ventanas. La Central Hidroeléctrica Sibimbe cuenta con una inversión de 25 millones de dólares. El sistema hidrográfico de más de 420 km² nace en los 3.800 metros sobre el nivel del mar (msnm), con los ríos Chazo Juan y Payagua, y con su unión conforman el Sibimbe, el cual viene hacer afluente del río Catarama, conformando así parte del sistema de la cuenca del Babahoyo y entra a formar parte de la cuenca del río Guayas (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Los componentes del sistema se integran por las obras de derivación y bocatoma, canal abierto de conducción, reservorio, tubería de presión, casa de máquinas, y subestación. La bocatoma tiene un azud de 7,50 m de alto. Dentro de esta zona, el cauce del río presenta unas características geomorfológicas de bastante estabilidad. Además de ayudar a evitar situaciones estacionales de déficit de energía eléctrica en el país, contribuye a incentivar actividades productivas como la agroindustria en la región (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

En la central hidroeléctrica Sibimbe, se debe optimizar el sistema contra incendios actual debido a que cuenta con un sistema básico de extintores, por lo tanto, al no tomar las debidas medidas de control, en las instalaciones de la central hidroeléctrica ya que se podría ocasionar un pequeño conato, pero sin las debidas protecciones este podría formarse en un gran incendio ocasionando mucho daño convirtiéndose así en una tragedia.

Justificación

En la actualidad la aplicación de sistemas de detección y protección contra incendios en las empresas es una herramienta de gran **importancia** para garantizar un ambiente de trabajo seguro, confiable y de calidad en cada área de trabajo, es por ello que la central hidroeléctrica Sibimbe busca establecer un sistema contra incendios.

El cual generará en la empresa, un gran **impacto** positivo ya que podrá contribuir en el mejoramiento del ambiente laboral que se realiza en la actualidad realizando sus actividades diarias causando así mayor confiabilidad en los trabajadores a la hora de desarrollar sus tareas.

La propuesta de un sistema de detección y protección contra incendios por medio de un análisis de riesgo de las áreas, y con la **utilidad** de las normas y técnicas legales, se pretende aportar a la central hidroeléctrica Sibimbe, las debidas directrices técnicas de los sistemas que deberían ser implementadas en cada área.

Los **beneficiarios** de este proyecto es el recurso humano los cuales laboran en los tres turnos de trabajo diarios que existen en la central hidroeléctrica, de igual manera la protección de los bienes materiales que se encuentran dentro de casa de máquinas, así tratando de evitar pérdidas económicas considerables que afectan la economía de la empresa.

El presente proyecto es **factible** de realizarlo ya que se cuenta con los conocimientos teóricos necesarios, la facilidad para acceder a información dentro de la central hidroeléctrica Sibimbe y a recursos técnicos y tecnológicos necesarios para su debida realización, conjuntamente se cuenta con el apoyo de docentes los cuales aportan con sus amplios conocimientos en él tema.

Objetivos

Objetivo general

Estudiar la factibilidad para la implementación del sistema contra incendios en la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A., de la ciudad de Ventanas durante el periodo 2018.

Objetivos Específicos

- Describir la situación actual del sistema contra incendios existente en la Central Hidroeléctrica Sibimbe.
- Analizar el nivel de vulnerabilidad a la ocurrencia de incendios a la que está expuesta la central hidroeléctrica Sibimbe, mediante el método Meseri.
- Plantear una propuesta factible para la implementación de un sistema de combate de incendios para la Central Hidroeléctrica Sibimbe.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa.

Identificación de la empresa.

Datos de la Empresa:

Razón Social: Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A.

Ubicación: Ciudad de ventanas Provincia de los Ríos

Dirección: Parroquia los Ángeles

Celular: (593) 0993992619

E-mail: hidrosibimbe@heh.com.ec

Visión

Ser reconocida como una empresa constructora líder en el mercado nacional e internacional, con excelencia en su modelo de gestión y procesos de innovación, para mejorar la calidad de vida a sus trabajadores, generando bienestar a la sociedad (Hidalgo e Hidalgo , 1969).

Misión

Brindar servicios de ingeniería, construcción, mantenimiento y administración de infraestructura, con excelencia, oportunidad y responsabilidad social, mediante

elevados estándares de calidad, preservación del medio ambiente, seguridad y salud ocupacional; para contribuir al desarrollo sostenible de nuestro País (Hidalgo e Hidalgo , 1969).

Organigrama estructural

El Organigrama es de importancia debido a que permite conocer objetivamente los diferentes puestos de trabajo (ver figura 1) de la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A.

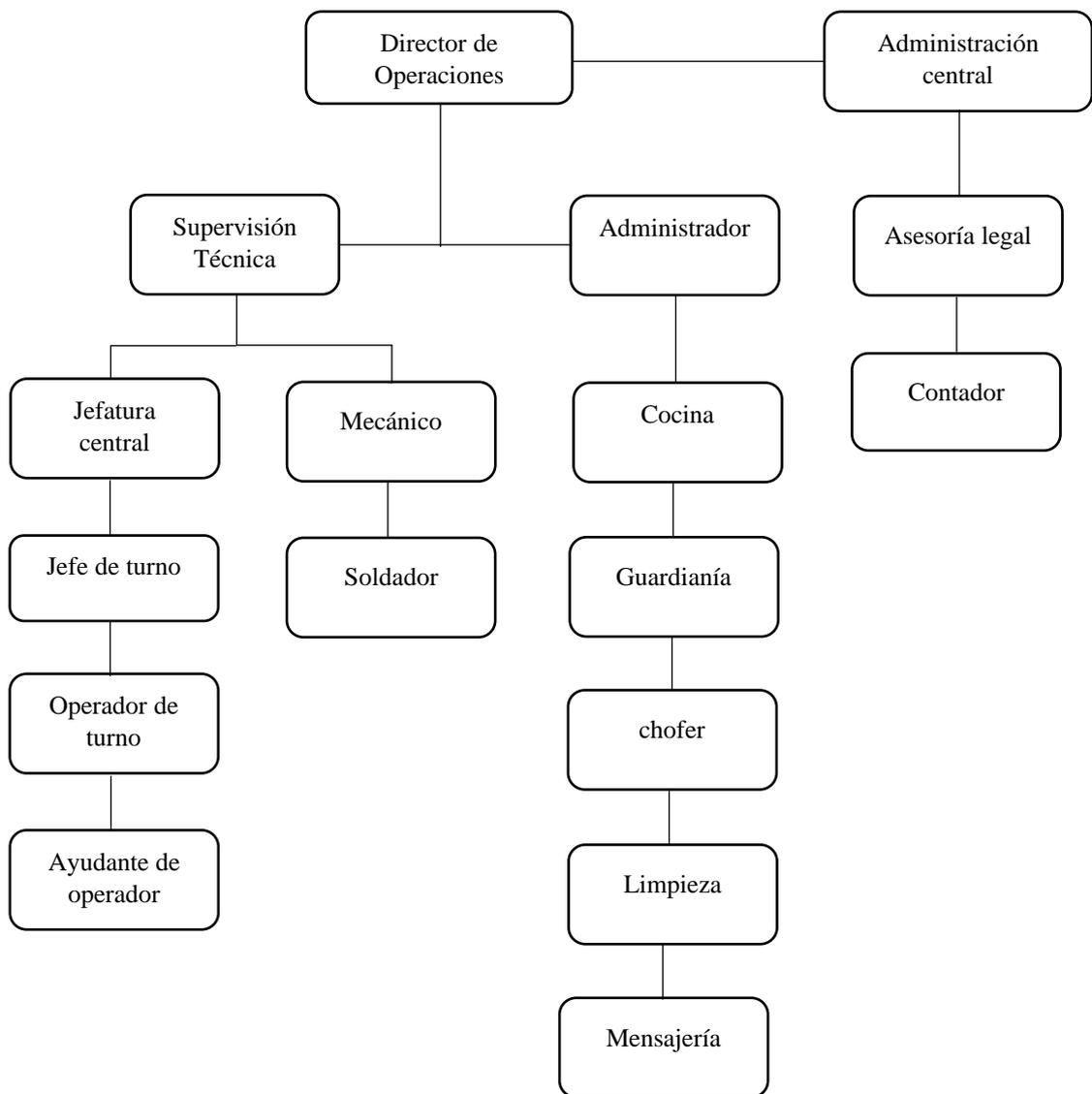


Figura 1: Organigrama estructural
Autor: Fabian Mosguidt

Estructura Funcional

A continuación, se describen las principales funciones y actividades de las diferentes áreas de la empresa:

Administrador central

Es responsable de la venta de energía eléctrica generada por la central, del control presupuestario como de la programación del proyecto y de la supervisión macro de la producción (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Director de Operaciones

Responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas de generación, transformación y transmisión de energía eléctrica de la empresa, supervisar las operaciones de la central hidroeléctrica, es el responsable de nombrar y asignar todos los cargos dentro de la operación de la Central, se encarga de organizar el plan anual de operaciones técnicas/económicas (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006)

Administración

Organizar y coordinar los recursos de la empresa, debe representar a la empresa en las gestiones con los entes reguladores y asuntos fiscales de la organización, es el encargado de hacer cumplir las normativas laborales de la empresa (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Supervisión técnica

Es el responsable de supervisar las operaciones de generación y mantenimientos en la central, supervisar los cambios de medidores en caso de existir fallas, supervisar el envío de datos de generación diaria al CENACE, supervisar el trabajo de la cuadrilla (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Jefe de turno

Responsable de obtener la medición de generación de la central, guardar y respaldar los datos de las mediciones y mantener el sistema de medición en correcta

operación, realizar los debidos mantenimientos de las unidades de generación (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Operador de Turno

Responsable de operar la central Coordinar operación con el CENACE en tiempo real, enviar cada 30 minutos información de generación horaria al SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO, garantizar una operación segura de las unidades de generación (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Ayudante de operador

Participa en maniobras simultaneas con el operador de jefe de turno, para arranque y parada de los grupos de generación, registra datos de presiones, temperaturas, y niveles de aceite de las unidades de lubricación hidráulicas de la central, ocasionalmente reporta fallas de generación e informa la producción diaria de la central al CENACE (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Mecánico

Es responsable de diagnosticar, reparar y ajustar distintos tipos de maquinaria, instalaciones y elementos mecánicos, debe realizar la reparación y puesta en marcha de equipos automotrices e industriales, organizar y gestionar las intervenciones para el mantenimiento correctivo y preventivo de acuerdo con el nivel de servicio y optimizando los recursos humanos y materiales (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Soldador

Soldar piezas de metal en distintas posiciones, de acuerdo con lo que esté establecido en el diseño, comprender las propiedades y cualidades del tipo de metal a ser trabajado en la construcción, determinar las herramientas y técnicas necesarias para soldar el metal a trabajar (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Cocina

Preparar la dieta para los trabajadores de la central, encargados de proponer la compra de los alimentos que vayan escaseando en la despensa, preparar los alimentos de forma higiénicamente adecuada (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Guardianía

Es el encargado de la vigilancia y control, dentro de sus funciones se encuentran, comprobación de la disponibilidad de energía, verificación de la correcta alineación de los dispositivos de detección de las compuertas (finales de carrera) en caso de estar en mal estado tomar las medidas necesarias para su corrección o comunicar a la central para tomar las medidas necesarias, revisión de disponibilidad de volantes para operación manual de las compuertas, registrar los niveles del río según la frecuencia señalada en el cuadro respectivo tomando las lecturas en la regleta localizada en el muro exterior de la derivadora (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Chofer

Conducir cumpliendo con las leyes de tránsito, criterio y cuidado necesario, siendo responsable por las infracciones que se imputen a su persona, controlar la mantención periódica del móvil y asegurar su buen funcionamiento, informando a quien corresponda y con anticipación las revisiones técnicas y reparaciones necesarias, mantener el inventario de equipos e insumos del vehículo (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Limpieza

Es el responsable de mantener y realizar las labores de limpieza como barrer limpiar los muebles, de cristales, vaciado de tachos de basura, reposición de útiles de aseo en la empresa (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Mensajería

Hacer entrega de las correspondencias externas que emita la empresa a las diversas instituciones públicas o privadas, realizar envíos y retiros de encomiendas, realizar operaciones bancarias como depósitos, pagos de impuestos, retiro de facturas etc. (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Base legal

El marco legal que rige las actividades de la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A., se encuentra bajo el control de la agencia de regulación y control de electricidad - ARCONEL

Artículo 3. - Definiciones. - De manera adicional a lo definido en la LOSPEE, se establecen las siguientes definiciones:

Autorización de operación: Es un Título Habilitante, emitido mediante un acto administrativo, para habilitar la participación de las empresas públicas y de las empresas mixtas en las actividades del sector eléctrico (Moreno, 2019).

Calidad: Grado con el que el servicio público de energía eléctrica y de alumbrado público general cumplen con los parámetros técnicos y comerciales inherentes al abastecimiento de energía eléctrica y alumbrado público general, correspondientemente, establecidos en la normativa vigente (Moreno, 2019).

Concesionario: Persona jurídica que suscribió un contrato de concesión con el Estado ecuatoriano, habilitada para participar en el sector eléctrico (Moreno, 2019).

Artículo 15.- Atribuciones y deberes. - Las facultades y deberes de la debida Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL son:

Coordinar con la Autoridad Ambiental Nacional los mecanismos para la observancia al cumplimiento de la normativa jurídica, por parte de las empresas eléctricas, relacionada con la protección del ambiente y las obligaciones socio ambientales, correspondientes en los títulos habilitantes (Pozo, 2015).

Realizar estudios y análisis técnicos, económicos y financieros para la elaboración de las regulaciones, pliegos tarifarios y acciones de control. Implementar, operar y conservar el sistema único de información estadística del sector eléctrico.

- Recibir, poner en conocimiento de la Autoridad Ambiental Nacional y realizar el debido seguimiento a las denuncias que se suelen presentar sobre

la falta de cumplimiento de las normas ambientales y de prevención de la contaminación (Pozo, 2015).

Artículo 17.- Atribuciones y deberes del Directorio. - Corresponde al Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL:

- Aprobar los pliegos tarifarios para el servicio público de energía eléctrica como para el servicio de alumbrado público general;
- Expedir las regulaciones para el funcionamiento y desarrollo del sector eléctrico;
- Proponer al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable los proyectos de reglamentos o de reformas reglamentarias que se relacionen con el sector eléctrico;
- Anunciar el reglamento de organización y funcionamiento de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL, que el cual determinará las debidas competencias a las agencias regionales que se crearen, en el marco de las facultades contenidas en la presente ley (Pozo, 2015).

La figura 2 hace referencia los distintos puntos por los cuales realiza el recorrido la materia prima (agua) para poder genera electricidad como el ingreso por bocatoma, el paso por el canal abierto, su almacenamiento en el reservorio y su traslado por la tubería de presión a casa de máquinas para poder ser turbinada y obtener electricidad la cual es trasladada por la red de 69 KV hasta la subestación Ventanas.

El layout del patio industrial de la central hidroeléctrica Sibimbe (ver figura 3) hace referencia a las instalaciones que se encuentra alrededor de casa de máquinas como son la Subestación o patio de maniobras, los tanques de descarga de agua turbinada como el canal de retorno de agua al rio y el parqueadero de vehículos.

En cuanto a la figura 4 muestra las distintas áreas con las que cuenta casa de máquinas y el sistema actual contra incendios el cual consta de un básico sistema de protección en caso de un conato, el mismo que está conformado por extintores portátiles y el lugar en el que se encuentran ubicados actualmente.

CENTRAL HIDROELÉCTRICA SIBIMBE

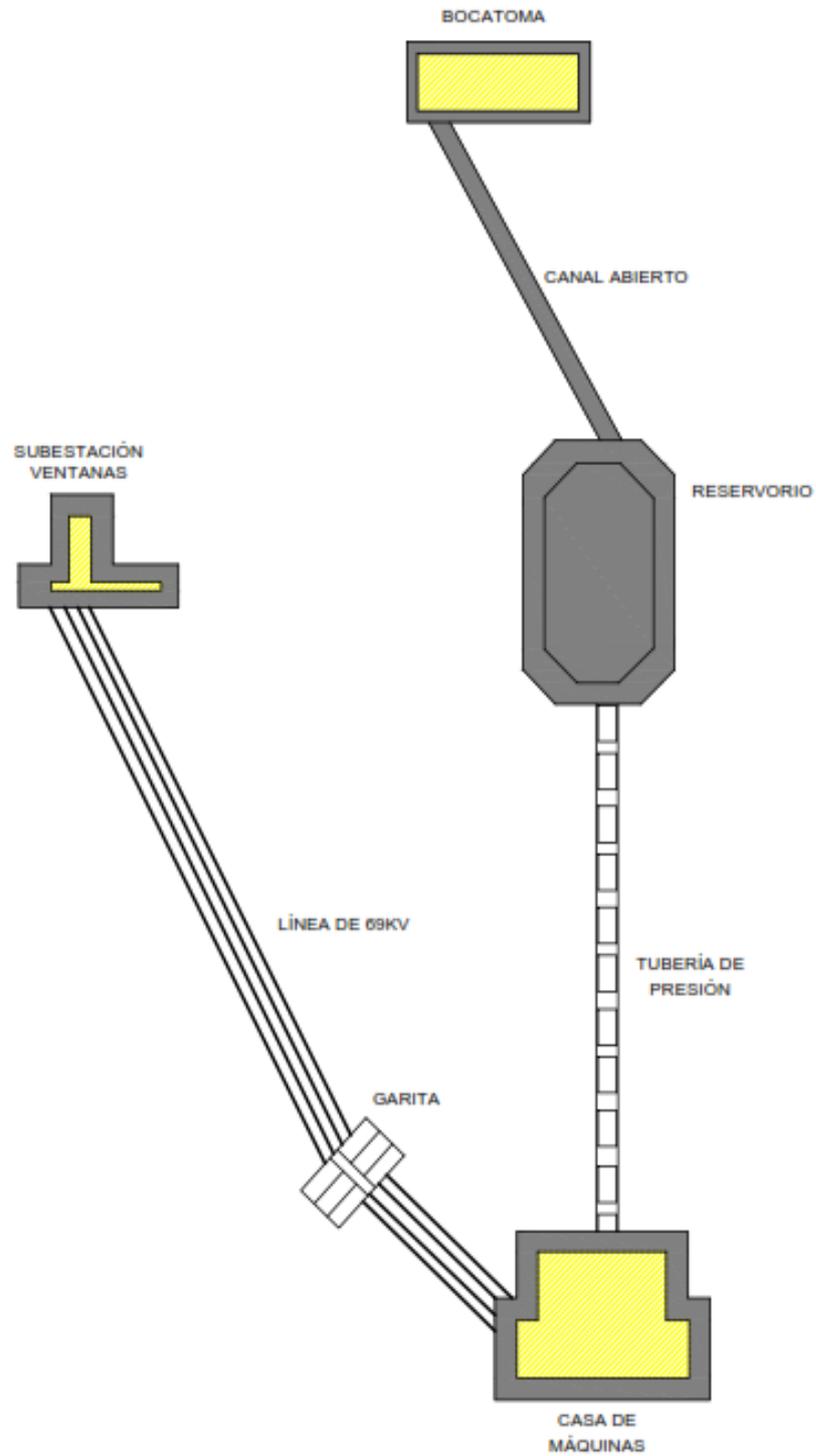


Figura 2: Layout de la empresa
Autor: Fabian Mosguidt

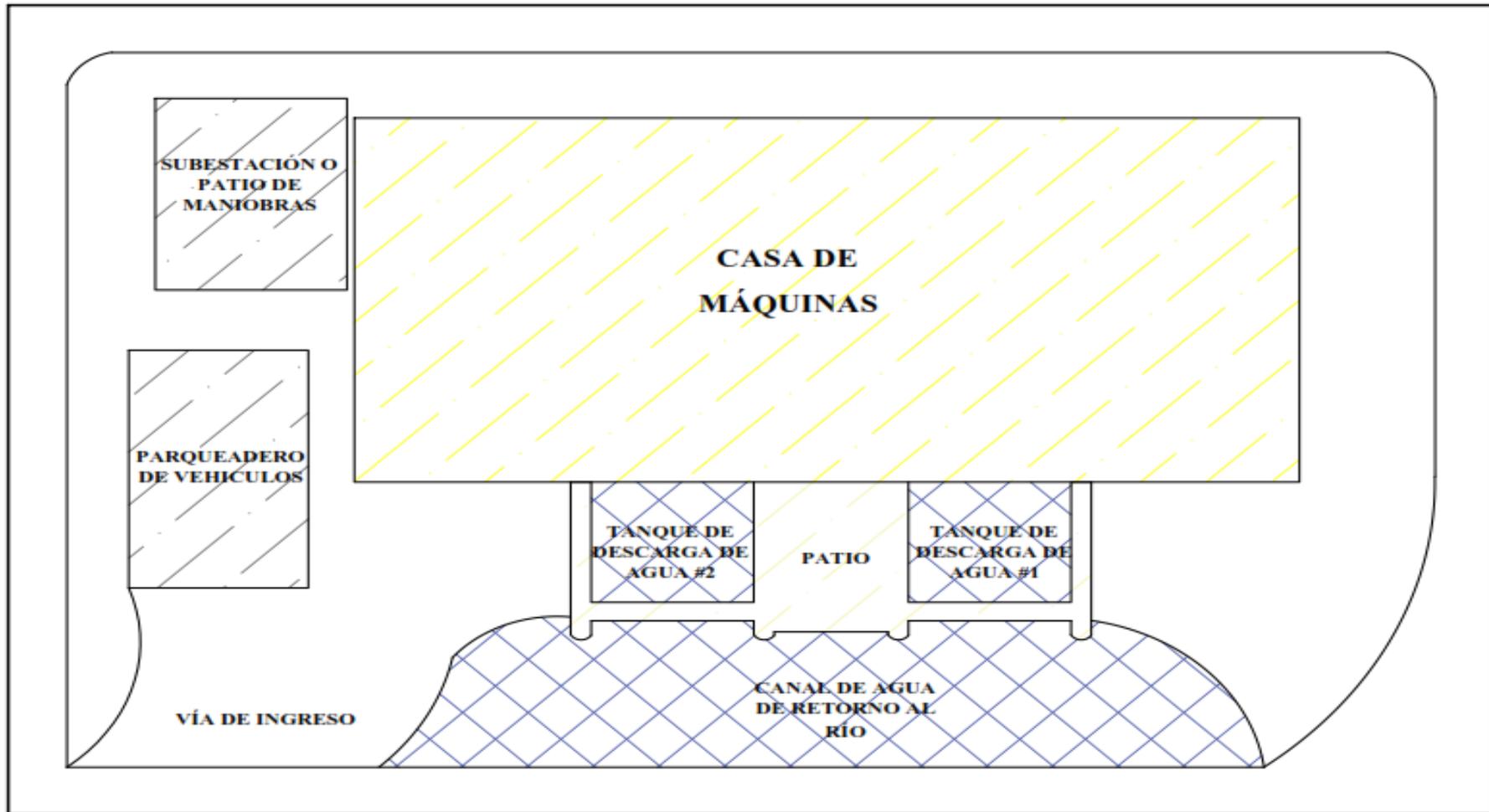


Figura 3: Layout del patio industrial de la Hidroeléctrica Sibimbe
Autor: Fabian Mosquidt

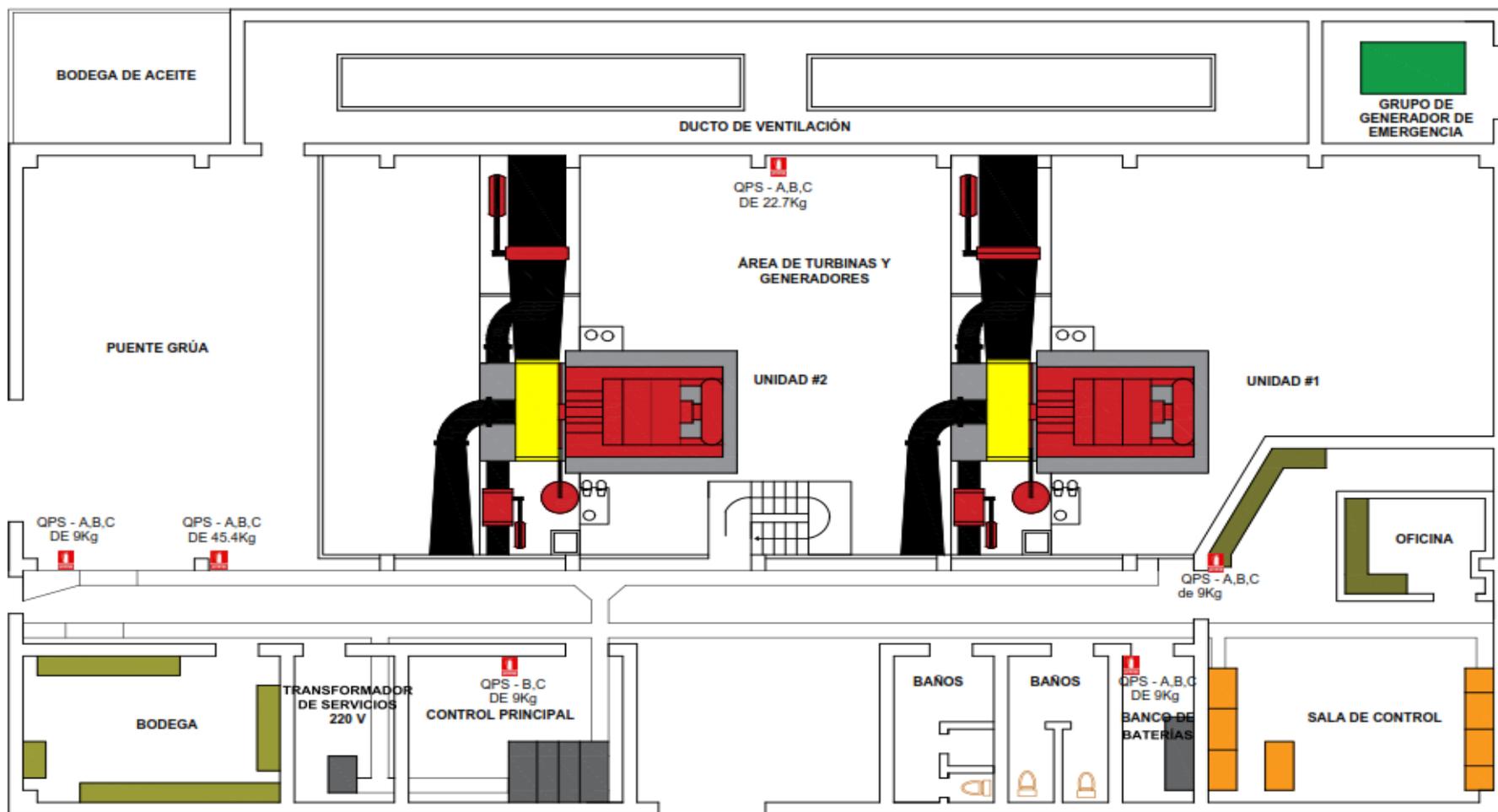


Figura 4: Layout de Casa de máquinas
 Autor: Fabian Mosquidt

Proceso de Generación de energía eléctrica de la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A.

El proceso de generación empieza desde bocatoma (ver imagen 1) ubicada en el río Sibimbe esta se encuentra en la cota 251 metros sobre el nivel del mar (msnm), en bocatoma se encuentran ubicadas las siguientes compuertas:

- Compuertas de limpieza.
- Compuertas de ingresa.
- Compuertas de desarenador.



Imagen 1: Bocatoma

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Las compuertas de limpieza (desripiador): son las que se encuentran a la derecha del azud. Estas compuertas permanecen cerradas y su apertura solamente está prevista en los siguientes casos:

Cuando el nivel del río presente una crecida y supere la cuota 253 msnm en la regleta localizada en el muro exterior de la derivadora.

Para limpieza esta es una operación programada, que se efectuará solamente con la disposición del jefe de la central.

Las compuertas de ingreso: permiten el paso de 12 m³/s de agua del río Sibimbe en esta se cuenta con un sistema de rejillas para bloquear el ingreso de materiales no deseados (basura, palos, animales muertos, etc.). Estas compuertas se cierran cuando el nivel del río presente una crecida y supere la cuota 253 msnm en la regleta

localizada en el muro exterior de la derivadora para evitar el ingreso de basura y materiales pétreos al reservorio (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

Las Compuertas del desarenador: son las dos compuertas que se encuentran al costado derecho de las obras de toma estas compuertas permanecen normal mente cerradas, su apertura se dará solo en el caso que el nivel de sedimentos aumente y sea necesaria su limpieza.

El caudal de agua es transportado por un canal abierto trapezoidal (ver imagen 2) este se encuentra por el margen derecho del río Sibimbe su capacidad máxima es de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua recorre 808 m de ahí su conducción por el embaulada o canal rectangular (ver imagen 2) con un recorrido de 1108 m hasta que llegue el caudal al reservorio donde estos son acumulados (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).



Imagen 2: Canal Abierto y Embaulado
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

El reservorio tiene un volumen de cerca de 249.000 m^3 (ver imagen 3) y permite una regulación horaria para cobertura de horas pico en generación. Al final del reservorio se tiene un tanque de carga hacia el sistema presurizado del proyecto. En este tanque se incorporan los sistemas de rejillas en el inicio de la tubería de presión y compuertas de operación. La tubería de presión está formada de acero A36 y tiene una longitud de 4,590 m por 2,40 de diámetro, por esta ingresan $12 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua, la tubería se bifurca en dos ramales para entrar a casa de máquinas (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).



Imagen 3: Reservorio

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Casa de máquinas y su subestación o patio de maniobras se encuentra a 25 minutos de la parroquia los Ángeles donde existen las respectivas unidades de socoro (Policía, Bomberos, Centro de salud), la vía de ingreso es de lastre aproximadamente de 4 m de ancho, la estructura de casa de máquinas es de hormigón, cuenta con una superficie de 1.028 m², para el ingreso a la edificación se encuentran tres puertas de las cuales una de ellas sirve para el ingreso de vehículos con maquinaria y las otras dos puertas para peatones.

Dentro de casa de máquinas está conformada por dos niveles un nivel superior en la que se localizan distintas áreas y otro inferior en el cual se encuentran dos unidades de turbinage y generación las turbinas son tipo Francis de eje horizontal de 7,66 MW las mismas que rotan debido a la energía del agua y hacen girar los ejes de los generadores sincrónicos de 8,50 MVA-720 rpm – 6,9KV (ver imagen 4) que producen la energía eléctrica que luego, mediante el transformador de potencia de 18MVA-6,9/69KV, es elevada a alta tensión y finalmente enviada al consumo mediante las líneas de transmisión (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).

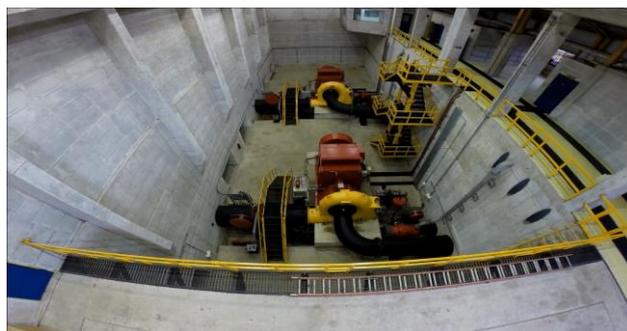


Imagen 4: Turbinas y generadores

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

En el nivel superior de casa de máquinas se encuentra el área de oficina el cual esta acoplado para reducir en parte el ruido producido por las turbinas está construido de paredes de hormigón y yeso con cielorraso de láminas de metal, (ver imagen 5) en este espacio se realizan las maniobras de operación de las unidades de generación #1 y 2 ya que aquí se encuentran los tableros de control de las mismas como también el tablero de control del transformador principal de 69KV, también se realiza la toma de datos de generación de las unidades las cuales son enviadas al CENACE para su debido registro de producción.



Imagen 5: Oficina

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Alado de la sala de control se localiza el cuarto de banco de baterías (ver imagen 6) las cuales constan de 18 unidades cada batería de 12 VDC y 100 A las cuales están conectadas en serie para obtener 220 VDC y 100 A los mismos que alimentan los motores de lubricación de emergencia para los cojinetes de las turbinas en el caso que exista cortes de energía eléctrica inesperados (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).



Imagen 6: Banco de baterías

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Una de las áreas de relevancia en casa de máquinas es el control principal donde se encuentran los interruptores de potencia (ver imagen 7) los cuales mediante la debida sincronización de las turbinas des de la sala de control, estos interruptores se activan permitiendo el enlace a la línea de 69KV CNEL los Ríos.



Imagen 7: Control principal (interruptores de potencia)

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Alado del control principal se encuentra el cuarto del transformador de servicios de 220 VAC (ver imagen 8) el cual suministra de energía eléctrica dentro de casa de máquinas y la iluminación externa.



Imagen 8: Transformador de servicios 220 VAC

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

En la bodega de casa de máquinas se almacenan distintos materiales como pintura, repuestos mecánicos y eléctricos, herramientas, útiles de aseo (ver imagen 9), y en ocasiones se realiza algunos trabajos debido a que en esta área se encuentra ubicada una meza de trabajo con su respectiva prensa.



Imagen 9: Bodega

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Por encima del área de turbinas y generadores se cuenta con un puente grúa (ver Imagen 10) el cual sirve para realizar los distintos mantenimientos en las unidades ya que no es posible manipular manualmente los diferentes componentes con los que están conformadas las unidades de generación eléctrica ya que por su tamaño y peso lo más práctico es utilizar el puente grúa su capacidad de carga es de 50.000 Kg, esta cuenta con un área de recorrido de 650m² y se encuentra a una altura desde el piso a su ubicación de 14m (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).



Imagen 10: Área de turbinas y Puente grúa

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

En el caso de cortes de energía eléctrica y para mantenimiento en el transformador principal de 69KV o en el transformador de servicios de 220VAC se cuenta con un grupo de generación de emergencia de 100 KVA (ver imagen 11) el cual suministra de energía eléctrica en el interior de casa de máquinas y en su exterior (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).



Imagen 11: Generador de emergencia
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Sobre la estructura de casa de máquinas se localiza la subestación o patio de maniobras (ver imagen 12) en la cual se encuentra un transformador de 69KV el cual recibe la electricidad generada por las unidades 1 y 2 para ser trasladada por medio de la línea de transmisión de 69 KV, hacia la subestación Ventanas la misma que se encuentra a 14 Km de longitud (Hidroeléctrica Sibimbe , 2006).



Imagen 12: Subestación o patio de maniobras
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Los caudales turbinados en casa de máquinas son entregados al, río Sibimbe mediante un canal de reposición (ver imagen 13), cuya descarga normal de operación alcanza la cota 102m.



Imagen 13: Canal de reposición al río
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Distribución de superficie.

En este apartado se da a conocer los metros cuadrados con los que cuenta cada área de casa de máquinas y de la subestación o patio de maniobras (ver tabla 1), también se hará referencia la altura la cual es la diferencia de cotas entre el piso y el techo.

Tabla 1: Distribución de superficie

| Casa de máquinas | Área m ² | Diferencia de cuota m |
|---|---------------------------|-----------------------|
| | Oficina y sala de control | 92 |
| Cuarto de baterías | 10 | 4 |
| Baños | 30 | 3 |
| Control principal (interruptores de potencia) | 30 | 4 |
| Transformador de servicios de 220V | 15 | 4 |
| Bodega | 40 | 4 |
| Área de generadores sincrónicos de 8,50 MW | 520 | 18 |
| Pasillo | 156 | 6 |
| Grupo de generador de emergencia | 15 | 4 |
| Bodega de aceites | 15 | 4 |
| Ducto de ventilación | 105 | 4 |
| Superficie total | 1.028 | |
| Subestación o patio de maniobras | Área m ² | |
| | 144 | |

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Autor: Fabian Mosguit

Diagnóstico de las protecciones contra incendios con las que cuenta actualmente la central hidroeléctrica Sibimbe

La central hidroeléctrica no cuenta con sistemas de detección y alarmas contra incendios. No posee red de agua contra incendios, rociadores, con lo que si cuenta es con un sistema básico de extintores manuales los cuales están ubicados en las siguientes áreas (ver tabla 2).

Tabla 2: Sistema básico de extintores

| Áreas | | Extintores manuales | Capacidad Kg |
|-------------------------|---|---------------------|--------------|
| Casa de máquinas | Oficina y Sala de control | 1 extintor PQS | 9 |
| | Cuarto de baterías | 1 extintor PQS | 9 |
| | Control principal (interruptores de potencia) | 1 extintor PQS | 9 |
| | Área de generadores sincrónicos de 8,50 MW | 1 extintor PQS | 22.7 |
| | Pasillo | 2 extintores de QPS | 9 - 45 |

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Autor: Fabian Mosguidt

Las áreas con las que no cuentan con algún tipo de protección contra incendios son las siguientes (ver tabla 3).

Tabla 3: Áreas sin protección

| Área | |
|---|------------------------------------|
| Casa de máquinas | Baños |
| | Transformador de servicios de 220V |
| | Bodega |
| | Puente grúa (tablero eléctrico) |
| | Grupo de generador de emergencia |
| | Bodega de aceites |
| | Ducto de ventilación |
| Subestación o patio de maniobras | Transformador de 69KV |

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Autor: Fabian Mosguidt

Análisis de riesgos de incendios en la central hidroeléctrica Sibimbe

Para realizar este análisis, se hace uso del método MESERI (Método simplificado de evaluación del riesgo de incendio), este método hace una evaluación del nivel de riesgo de incendio tomando en cuenta básicamente las causas de riesgo las cuales se subdivide tomando en cuenta los puntos más importantes a considerar, a cada punto se le aplicara un coeficiente dependiendo de que sea o no la causa del riesgo de incendio, con una calificación empezando desde cero en el peor de los casos y en el mejor de los casos hasta diez (Meseri, 2014).

Factores propios de las instalaciones

Construcción

Altura del edificio: es la diferencia de cuotas entre el piso y la losa (ver tabla 4), en el coeficiente con respecto a la cantidad de pisos y la altura del edificio, se tomará como referencia el menor, también se tomará en cuenta las distintas alturas del edificio si la parte más alta ocupa un 25% se tomara la altura de esta área (Meseri, 2014).

Tabla 4: Altura del edificio

| Número de pisos | Altura | Coeficiente |
|-----------------|-----------------|-------------|
| 1 ó 2 | menor de 6 m | 3 |
| 3, 4 ó 5 | entre 6 y 12 m | 2 |
| 6, 7, 8 ó 9 | entre 15 y 20 m | 1 |
| 10 ó más | más de 30 m | 0 |

Fuente: (Meseri, 2014)

Mayor sector de incendios: es la zona donde se produce el fuego limitada por materiales resistentes. En el caso que sea un edificio en una zona alejada se tomará su superficie total (ver tabla 5), también se debe tomar en cuenta a que las puertas de paso entre sectores son o no resistentes al fuego, como también se toma en cuenta el estado de las canalizaciones, tuberías, bandejas de cables (Mapfre, 2015).

Tabla 5: Mayor sector de Incendios

| Superficie mayor sector de incendio | Coeficiente |
|-------------------------------------|-------------|
| Menor de 500 m ² | 5 |
| De 501 a 1.500 m ² | 4 |
| De 1.501 a 2.500 m ² | 3 |
| De 2.501 a 3.500 m ² | 2 |
| De 3.501 a 4.500 m ² | 1 |
| Mayor de 4.500 m ² | 0 |

Fuente: (Mapfre, 2015)

Resistencia al fuego: trata de la estructura del edificio, (ver tabla 6) este puede ser resistentes al fuego como el hormigón, no combustibles materiales metálicos y combustibles los materiales opuestos a los mencionados, si la estructura suele ser mixta se tomará una valoración intermedia (Cortés, 2014).

Tabla 6: Resistencia al Fuego

| Resistencia al fuego | Coficiente |
|--------------------------------|------------|
| Resistente al fuego (hormigón) | 10 |
| No combustible | 5 |
| Combustible | 0 |

Fuente: (Cortés, 2014)

Falsos techos y suelos: se refiere a los recubrimientos de las estructuras en su parte superior o inferior (ver tabla 7), los cuales propician la acumulación de residuos y dificultan la detección temprana que emite un incendio también facilitan la propagabilidad del incendio y de humo (Mapfre, 2015).

Tabla 7: Falsos Techos

| Falsos techos | Coficiente |
|-------------------------------|------------|
| Sin falsos techos | 5 |
| Falsos techos incombustibles. | 3 |
| Falsos techos combustibles | 0 |

Fuente: (Mapfre, 2015)

Factores de Situación

Estos dependen de la ubicación del edificio

Distancia de los bomberos: se valora el tiempo de respuesta de los bomberos tomando en cuenta la distancia de la estación de bomberos al edificio (ver tabla 8), Sólo se tendrán en cuenta parques con vehículos y personal que sea considerado suficiente y este disponibles 24 h al día y los 365 días al año (Cortés, 2014).

Tabla 8: Distancia de los bomberos

| Distancia | Tiempo | Coficiente |
|------------------|--------------------|------------|
| Menor de 5 km | 5 minutos | 10 |
| Entre 5 y 10 km | de 5 a 10 minutos | 8 |
| Entre 10 y 15 km | de 10 a 15 minutos | 6 |
| Entre 15 y 25 km | de 15 a 25 minutos | 2 |
| Mas de 25 km | más de 25 minutos | 0 |

Fuente: (Cortés, 2014)

Accesibilidad del edificio: se valora el ancho de la vía de ingreso hasta la estructura (ver tabla 9), también la accesibilidad al edificio por medio puertas, ventanas,

huecos en fachadas, tragaluces en cubiertas y otros los cuales serán valorados dependiendo la distancia que tengan uno del otro (Meseri, 2014).

Tabla 9: Accesibilidad del edificio

| Ancho vía de acceso | Fachadas accesibles | Distancia entre puertas | Calificación | Coefficiente |
|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Mayor de 4 m | 3 | Menor de 25 m | BUENA | 5 |
| Entre 4 y 2 m | 2 | Menor de 25 m | MEDIA | 3 |
| Menor de 2 m | 1 | Mayor de 25 m | MALA | 1 |
| No existe | 0 | Mayor de 25 m | MUY MALA | 0 |

Fuente: (Meseri, 2014)

Factores de procesos / operación

Se debe conocer las actividades y a que está destinado el edificio.

Peligro de activación: trata de determinar un posible incendio, tomando en cuenta el factor humano y la imprudencia del mismo (ver tabla 10), también se evalúa la existencia de fuentes de ignición que sean empleadas habitualmente en el proceso productivo y complementarios de la actividad a desarrollarse que puedan ser origen de un fuego. Por ejemplo, deben considerarse con peligro de activación -alto (Castillo, 2013).

- Instalaciones eléctricas en mal estado
- Caída de rayos en áreas no protegidas
- Puntos específicos peligrosos

Tabla 10: Peligro de activación

| Peligro de activación | Coefficiente |
|-----------------------|--------------|
| Bajo | 10 |
| Medio | 5 |
| Alto | 0 |

Fuente: (Castillo, 2013).

Carga térmica: en este punto se evaluará la cantidad de calor por unidad de superficie (ver tabla 11), que producirá la combustión total de todos los materiales existentes dentro de la zona analizada considerando los elementos mobiliarios como los inmobiliarios, estructuras, elementos separadores, acabados, cableado, tableros eléctricos.

Tabla 11: Carga térmica

| Carga de fuego kg/m ² | | Coeficiente |
|----------------------------------|---------------|-------------|
| Baja | Q < 100 | 10 |
| Media | 100 < Q < 200 | 5 |
| Alta | Q > 200 | 0 |

Fuente: (Reinoso, 2017)

Combustibilidad: se trata de la facilidad con la que los materiales reaccionan al fuego (ver tabla 12) en este factor se valorara la peligrosidad de los combustibles existentes en la actividad respecto a una posible ignición, el estado físico de los combustibles y su temperatura determinaran una mayor o menor estado de autoignición, es así que los gases y combustibles líquidos a temperatura ambiente se consideran de inflamabilidad alta, mientras los sólidos no combustibles en condiciones normales tales como los materiales pétreos, metales, hierro, acero, serán considerados de inflamabilidad baja y los sólidos combustibles como madera, plásticos, etc. En categoría media (Castillo, 2013).

Tabla 12: Combustibilidad

| Combustibilidad | Coeficiente |
|-----------------|-------------|
| Bajo | 5 |
| Medio | 3 |
| Alto | 0 |

Fuente: (Castillo, 2013)

Orden y limpieza: se valorará alto siempre y cuando se respete las zonas de almacenamiento y se encuentre el área limpia y organizada (ver tabla 13) también influye los planes de mantenimiento periódico de instalaciones de servicios eléctricos, agua, telefonía, internet como también de los sistemas de protección contra conatos de incendios (Morocho, 2015).

Tabla 13: Orden y limpieza

| Orden y limpieza | Coeficiente |
|------------------|-------------|
| Bajo | 0 |
| Medio | 5 |
| Alto | 10 |

Fuente: (Morocho, 2015)

Almacenamiento en altura: La presencia de almacenamientos en alturas superiores a 2 m puede incrementar el riesgo de un incendio (ver tabla 14), aumentando la carga térmica, existe una mayor facilidad de propagación y mayor dificultad en el momento de sofocar el fuego. No se tiene en cuenta la naturaleza de los materiales al momento de almacenarlos (Reinoso, 2017).

Tabla 14: Almacenamiento en altura

| Altura de almacenamiento | Coeficiente |
|--------------------------|-------------|
| Menor a 2m | 3 |
| Entre 2 y 4m | 2 |
| Mayor de 6 m | 0 |

Fuente: (Reinoso, 2017)

Factor de concentración de valores

El valor de las pérdidas económicas ocasionados por parte de un incendio será evaluado (ver tabla 15) dependiendo del valor de la edificación, el contenido de la actividad a la que se dedica, medios de producción como maquinaria principalmente, materia prima, instalaciones de servicios (Morocho, 2015).

Tabla 15: Factor de concentración

| Factor de concentración \$/m ² | Coeficiente |
|---|-------------|
| Menor de 1000 \$/m ² | 3 |
| Entre 1000 y 2500 \$/m ² | 2 |
| Mayor de 2500 \$/m ² | 0 |

Fuente: (Morocho, 2015)

Destructibilidad

Se determina el efecto producido por un incendio sobre los materiales, equipos, maquinas. Si el efecto es negativo se valorará lo mínimo, caso contrario lo máximo.

Calor: se determina la afectación que genera el calor producido por el incendio (ver tabla 16), en los elementos de producción o materia prima que se encuentren dentro de la industria para lo cual para evaluar se toma en cuenta los siguientes puntos (Reinoso, 2017).

- **Baja:** cuando los elementos no se deterioren por el calor.
- **Media:** cuando los elementos se degraden por el calor sin ser destruidos.
- **Alta:** cuando los elementos se destruyen debido al calor.

Tabla 16: Destructibilidad por calor

| Destructibilidad por calor | Coeficiente |
|----------------------------|-------------|
| Baja | 10 |
| Media | 5 |
| Alta | 0 |

Fuente: (Reinoso, 2017)

Humo: la destrucción y pérdida de cualidades causadas por el efecto del humo en un incendio es otro factor a considerar (ver tabla 17), ya que puede causar daños en

tarjetas electrónicas y sensores, se considerará los siguientes factores para su calificación (Morocho, 2015).

- **Baja:** cuando los materiales no se dañan por el humo o no existe el mismo.
- **Media:** cuando el humo afecta parcialmente a los elementos o existe en pocas cantidades.
- **Alta:** cuando el humo destruye en su totalidad los elementos.

Tabla 17: Destructibilidad por humo

| Destructibilidad por humo | Coficiente |
|---------------------------|------------|
| Baja | 10 |
| Media | 5 |
| Alta | 0 |

Fuente: (Morocho, 2015).

Corrosión: la destrucción por causa de corrosión viene provocada por la naturaleza de algunos gases que se liberan en la combustión como el ácido clorhídrico o sulfúrico (ver tabla 18), los componentes electrónicos y metálicos suelen ser perjudicados por este efecto, para lo cual se puede tomar en cuenta los siguientes puntos (Namay, 2013).

- **Baja:** cuando no existen gases corrosivos o también cuando los productos no se destruyen debido al mismo.
- **Media:** cuando se previene la formación de gases oxidantes para que no afecten las estructuras.
- **Alta:** cuando existen gases oxidantes que puedan afectar la estructura del edificio y maquinaria.

Tabla 18: Destructibilidad por corrosión

| Destructibilidad por corrosión | Coficiente |
|--------------------------------|------------|
| Baja | 10 |
| Media | 5 |
| Alta | 0 |

Fuente: (Namay, 2013)

Agua: se debe evaluar la destrucción que causara el agua (ver tabla 19) ya que es un medio fundamental para extinguir un incendio (Namay, 2013).

- **Alta:** cuando los elementos, maquinarias etc. Se destruyan con el agua.
- **Media:** cuando unos elementos sufran daños irreparables y otros no.
- **Baja:** cuando el agua no daña los elementos.

Tabla 19: Destructibilidad por agua

| Destructibilidad por Agua | Coficiente |
|---------------------------|------------|
| Baja | 10 |
| Media | 5 |
| Alta | 0 |

Fuente: (Namay, 2013)

Propagabilidad

Es la facilidad que tendrá para propagarse el fuego en el sitio se debe tener en cuenta la dislocación especial de los posibles combustibles existentes en la edificación como maquinaria, mercancía, equipos, combustibles líquidos y sólidos su forma en la que suelen ser almacenados, es decir, su continuidad horizontal o vertical. No se tiene en cuenta la velocidad de propagación de las llamas ni la velocidad de combustión de los materiales. que se pueden complementar en otros apartados (Gutierrez, 2014).

Propagabilidad Vertical: la presencia de almacenamientos en alturas o estructuras, maquinaria o cualquier tipo de instalación cuya disposición en vertical permitan la propagación del incendio hacia cotas superiores de donde se originó conllevan la calificación (ver tabla 20) de propagabilidad vertical alta (Casallas, 2013).

Tabla 20: Propagación vertical

| Propagación vertical | Coficiente |
|----------------------|------------|
| Baja | 5 |
| Media | 3 |
| Alta | 0 |

Fuente: (Casallas, 2013).

Propagabilidad Horizontal: por ejemplo, la existencia en el proceso de cadenas de producción, de forma lineal, en las cuales los elementos frecuentes ofrecen continuidad para una posible propagación de las llamas, se considerará que la propagabilidad es alta (ver tabla 21), por lo contrario. en las instalaciones de tipo celular. con espacios vacíos carentes de combustibles o patios de circulación amplias se considera la propagabilidad baja (Gutierrez, 2014).

Tabla 21: Propagación Horizontal

| Propagación horizontal | Coficiente |
|------------------------|------------|
| Baja | 5 |
| Media | 3 |
| Alta | 0 |

Fuente: (Gutierrez, 2014).

Factores de protección

La protección con medios apropiados es de mucha importancia en esta evaluación para poder determinar el riesgo. También se considera la protección de lugares peligrosos por medio de sistemas fijos, y la disponibilidad de brigadas para el combate de un incendio. La evolución de este punto tiene dos opciones de calificación (ver tabla 22) como son, con vigilancia y sin vigilancia humana (Casallas, 2013).

Tabla 22: Factores de protección

| Factores de protección por instalaciones | Sin vigilancia | Con vigilancia |
|--|----------------|----------------|
| Extintores porta tiles | 1 | 2 |
| Bocas de incendios | 2 | 4 |
| Hidrantes exteriores | 2 | 4 |
| Detectores automáticos | 0 | 4 |
| Rociadores automáticos | 5 | 8 |
| Instalaciones fijas | 2 | 4 |

Fuente: (Casallas, 2013)

Brigadas internas contra incendios: cuando en la planta existe personal especializado para primeros auxilios con el equipo necesario, el coeficiente BCI adoptara los valores siguientes (ver tabla 23).

Tabla 23: Brigadas internas contra incendios

| Brigada interna | Coeficiente |
|----------------------|-------------|
| Si existe brigada | 1 |
| Si no existe brigada | 0 |

Fuente: (Cortés, 2014)

Método de calculo

Una vez realizado el cuestionario de evolución de riesgos de incendio se realiza el cálculo empleando mediante la ecuación 1, del sistema meseri.

$$P = \frac{5x}{129} + \frac{5y}{26} + (BCI) \quad \text{Ecuación 1}$$

Fuente: (Armas, 2017)

Donde

P= coeficiente de protección en el incendio

X= es la suma de los 18 coeficientes donde a un no se han tomado en cuenta los medios de protección.

Y= es la suma de la evaluación de los medios para la protección

BCI= en el caso de haber brigadas contra incendio se le agregara un punto al resultado obtenido.

El riesgo se puede considerar tolerable cuando $P=5$.

El valor numérico obtenido será considerado de la siguiente manera (ver tabla 24).

Tabla 24: Resultados Meseri

| RESULTADOS MESERI | |
|-------------------|-------------------------|
| Valor del Riesgo | Calificación del Riesgo |
| Inferior a 3 | Muy malo |
| Entre 3 y 5 | Malo |
| Entre 5 y 8 | Bueno |
| Superior a 8 | Muy bueno |

Fuente: (Armas, 2017)

Teniendo en conocimiento como se debe emplear el sistema meseri para determinar el nivel de riesgo de incendios en la central hidroeléctrica Sibimbe. Se procede a realizar el análisis de riesgos de forma individual en las siguientes infraestructuras: Casa de Maquinas, (ver tabla 25) y Subestación o Patio de maniobras (ver tabla 26). Al aplicar el método MESERI, se obtendrá el nivel de riesgo de incendios a la que está expuesta cada estructura de la central hidroeléctrica.

Tabla 25: Evaluación MESERI para Casa de Máquinas

| Empresa: Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A. | | | |
|--|----------------|---------------------------|---------------|
| Área: Casa de Máquinas | | Fecha: 26/11/ 2018 | |
| Concepto | | Coefficiente | Puntos |
| CONSTRUCCION | | | |
| Nº de pisos | Altura | | |
| 1 o 2 | menor de 6m | 3 | 1 |
| 3,4, o 5 | entre 6 y 15m | 2 | |
| 6,7,8 o 9 | entre 15 y 28m | 1 | |
| 10 o más | más de 28m | 0 | |
| Superficie mayor sector incendios | | | |
| de 0 a 500 m ² | | 5 | 4 |
| de 501 a 1500 m ² | | 4 | |
| de 1501 a 2500 m ² | | 3 | |
| de 2501 a 3500 m ² | | 2 | |
| de 3501 a 4500 m ² | | 1 | |
| más de 4500 m ² | | 0 | |
| Resistencia al Fuego | | | |
| Resistente al fuego (hormigón) | | 10 | 10 |
| No combustible (metálica) | | 5 | |
| Combustible (madera) | | 0 | |
| Falsos Techos | | | |
| Sin falsos techos | | 5 | 3 |
| Con falsos techos incombustibles | | 3 | |
| Con falsos techos combustibles | | 0 | |
| FACTORES DE SITUACIÓN | | | |
| Distancia de los Bomberos | | | |
| menor de 5 km | 5 min. | 10 | 2 |
| entre 5 y 10 km | 5 y 10 min. | 8 | |
| entre 10 y 15 km | 10 y 15 min. | 6 | |
| entre 15 y 25 km | 15 y 25 min. | 2 | |
| más de 25 km | 25 min. | 0 | |
| Accesibilidad de edificios | | | |
| Buena | | 5 | 5 |
| Media | | 3 | |
| Mala | | 1 | |
| Muy mala | | 0 | |
| PROCESOS | | | |
| Peligro de activación | | | |
| Bajo | | 10 | 5 |
| Medio | | 5 | |
| Alto | | 0 | |
| Carga Térmica | | | |
| Bajo | | 10 | 0 |
| Medio | | 5 | |
| Alto | | 0 | |

| | | |
|---|----|-----------|
| Combustibilidad | | |
| Bajo | 5 | 3 |
| Medio | 3 | |
| Alto | 0 | |
| Orden y Limpieza | | |
| Alto | 10 | 10 |
| Medio | 5 | |
| Bajo | 0 | |
| Almacenamiento en Altura | | |
| menor de 2 m. | 3 | 3 |
| entre 2 y 4 m. | 2 | |
| más de 6 m. | 0 | |
| FACTOR DE CONCENTRACIÓN | | |
| Factor de concentración \$/m² | | |
| menor de 8000 | 3 | 0 |
| entre 800 y 1600 | 2 | |
| más de 1600 | 0 | |
| DESTRUCTIBILIDAD | | |
| Por calor | | |
| Baja | 10 | 0 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| Por humo | | |
| Baja | 10 | 5 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| Por corrosión | | |
| Baja | 10 | 0 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| Por Agua | | |
| Baja | 10 | 0 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| PROPAGABILIDAD | | |
| Vertical | | |
| Baja | 5 | 3 |
| Media | 3 | |
| Alta | 0 | |
| Horizontal | | |
| Baja | 5 | 0 |
| Media | 3 | |
| Alta | 0 | |
| SUBTOTAL (X) | | 54 |

| FACTORES DE PROTECCIÓN | | | |
|--|--------------------------------|-----------|---------------|
| Concepto | SV | CV | Puntos |
| Extintores portátiles (EXT) | 1 | 2 | 1 |
| Bocas de incendio equipadas (BIE) | 2 | 4 | 2 |
| Columnas hidratantes exteriores (CHE) | 2 | 4 | 2 |
| Detección automática (DTE) | 0 | 4 | 0 |
| Rociadores automáticos (ROC) | 5 | 8 | 5 |
| Extinción por agentes gaseosos (IFE) | 2 | 4 | 2 |
| SUBTOTAL (Y) | | | 12 |
| CONCLUSIÓN (Coeficiente de Protección frente al incendio) | | | |
| $P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{26} + 1(BCI) \qquad P = 4$ | | | |
| <p>OBSERVACIONES: Cada vez que se hacen mejoras dentro de los factores X y Y disminuimos los riesgos de incendios; este método permite cuantificar los daños y su aplicación frecuente minimiza los daños a personas.</p> | | | |
| RESULTADOS MESERI | | | |
| Valor del Riesgo | Calificación del Riesgo | | |
| Inferior a 3 | Muy malo | | |
| Entre 3 y 5 | Malo | | |
| Entre 5 y 8 | Bueno | | |
| Superior a 8 | Muy bueno | | |

Fuente: (Meseri, 2014)
Autor: Fabian Mosguidt

Mediante la evaluación MESERI realizada en casa de máquinas se obtiene un puntaje de 4 el cual en la tabla de calificaciones de riesgo es malo debido a la destructibilidad que puede ocasionar un conato de incendio en los equipos eléctricos y electrónicos, como también su propagabilidad de forma horizontal por medio del cableado eléctrico que se conectan a las distintas áreas de casa de máquinas.

Tabla 26: Evaluación MESERI para Subestación o patio de maniobras

| Empresa: Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A. | | | |
|--|----------------|---------------------------|---------------|
| Área: Subestación o Patio de maniobras | | Fecha: 08/12/ 2018 | |
| Concepto | | Coefficiente | Puntos |
| CONSTRUCCION | | | |
| Nº de pisos | Altura | | |
| 1 o 2 | menor de 6m | 3 | 3 |
| 3,4, o 5 | entre 6 y 15m | 2 | |
| 6,7,8 o 9 | entre 15 y 28m | 1 | |
| 10 o más | más de 28m | 0 | |
| Superficie mayor sector incendios | | | |
| de 0 a 500 m ² | | 5 | 5 |
| de 501 a 1500 m ² | | 4 | |
| de 1501 a 2500 m ² | | 3 | |
| de 2501 a 3500 m ² | | 2 | |
| de 3501 a 4500 m ² | | 1 | |
| más de 4500 m ² | | 0 | |
| Resistencia al Fuego | | | |
| Resistente al fuego (hormigón) | | 10 | 5 |
| No combustible (metálica) | | 5 | |
| Combustible (madera) | | 0 | |
| Falsos Techos | | | |
| Sin falsos techos | | 5 | 5 |
| Con falsos techos incombustibles | | 3 | |
| Con falsos techos combustibles | | 0 | |
| FACTORES DE SITUACIÓN | | | |
| Distancia de los Bomberos | | | |
| menor de 5 km | 5 min. | 10 | 2 |
| entre 5 y 10 km | 5 y 10 min. | 8 | |
| entre 10 y 15 km | 10 y 15 min. | 6 | |
| entre 15 y 25 km | 15 y 25 min. | 2 | |
| más de 25 km | 25 min. | 0 | |
| Accesibilidad de edificios | | | |
| Buena | | 5 | 5 |
| Media | | 3 | |
| Mala | | 1 | |
| Muy mala | | 0 | |
| PROCESOS | | | |
| Peligro de activación | | | |
| Bajo | | 10 | 5 |
| Medio | | 5 | |
| Alto | | 0 | |
| Carga Térmica | | | |
| Bajo | | 10 | 0 |
| Medio | | 5 | |
| Alto | | 0 | |

| | | |
|---|----|-----------|
| Combustibilidad | | |
| Bajo | 5 | 0 |
| Medio | 3 | |
| Alto | 0 | |
| Orden y Limpieza | | |
| Alto | 10 | 10 |
| Medio | 5 | |
| Bajo | 0 | |
| Almacenamiento en Altura | | |
| menor de 2 m. | 3 | 3 |
| entre 2 y 4 m. | 2 | |
| más de 6 m. | 0 | |
| FACTOR DE CONCENTRACIÓN | | |
| Factor de concentración \$/m² | | |
| menor de 3000 | 3 | 0 |
| entre 3000 y 7000 | 2 | |
| más de 7000 | 0 | |
| DESTRUCTIBILIDAD | | |
| Por calor | | |
| Baja | 10 | 0 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| Por humo | | |
| Baja | 10 | 5 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| Por corrosión | | |
| Baja | 10 | 5 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| Por Agua | | |
| Baja | 10 | 5 |
| Media | 5 | |
| Alta | 0 | |
| PROPAGABILIDAD | | |
| Vertical | | |
| Baja | 5 | 5 |
| Media | 3 | |
| Alta | 0 | |
| Horizontal | | |
| Baja | 5 | 3 |
| Media | 3 | |
| Alta | 0 | |
| SUBTOTAL (X) | | 66 |

| FACTORES DE PROTECCIÓN | | | |
|---|--------------------------------|-----------|---------------|
| Concepto | SV | CV | Puntos |
| Extintores portátiles (EXT) | 1 | 2 | 1 |
| Bocas de incendio equipadas (BIE) | 2 | 4 | 2 |
| Columnas hidratantes exteriores (CHE) | 2 | 4 | 2 |
| Detección automática (DTE) | 0 | 4 | 0 |
| Rociadores automáticos (ROC) | 5 | 8 | 5 |
| Extinción por agentes gaseosos (IFE) | 2 | 4 | 2 |
| SUBTOTAL (Y) | | | 12 |
| CONCLUSIÓN (Coeficiente de Protección frente al incendio) | | | |
| $P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{26} + 1(BCI) \qquad P = 5$ | | | |
| OBSERVACIONES: Cada vez que se hacen mejoras dentro de los factores X y Y disminuimos los riesgos de incendios; este método permite cuantificar los daños y su aplicación frecuente minimiza los daños a personas. | | | |
| RESULTADOS MESERI | | | |
| Valor del Riesgo | Calificación del Riesgo | | |
| Inferior a 3 | Muy malo | | |
| Entre 3 y 5 | Malo | | |
| Entre 5 y 8 | Bueno | | |
| Superior a 8 | Muy bueno | | |

Fuente: (Meseri, 2014)
Autor: Fabian Mosguidt

La evaluación MESERI empleada en la subestación o patio de maniobras en esta se obtiene un puntaje de 5 el cual en la tabla de calificaciones de riesgo es bueno debido a que esta área se encuentra fuera de casa de máquinas y solo se encuentra el transformador de 69KV y los transformadores de corriente y voltaje por su fabricación robusta pueden permanecer a la intemperie y soportar los distintos cambios de clima, una de sus desventajas es su combustibilidad debido a que trabaja con una gran cantidad de aceite mineral en su interior.

Área de estudio

| | |
|--------------------------------|--|
| Dominio: | Tecnología y sociedad |
| Línea de investigación: | Gestión de riesgos |
| Campo: | Ingeniería Industrial. |
| Área: | Estrategias de gestión de protección y seguridad |
| Aspecto: | Riesgos laborales |
| Objeto de estudio: | Estrategias de protección, seguridad y riesgos |
| Periodo de análisis: | 2018 |

Modelo operativo

Estudio de Factibilidad de la Implementación del Sistema Contra Incendios en la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A., de la Ciudad de Ventanas durante el periodo 2018.

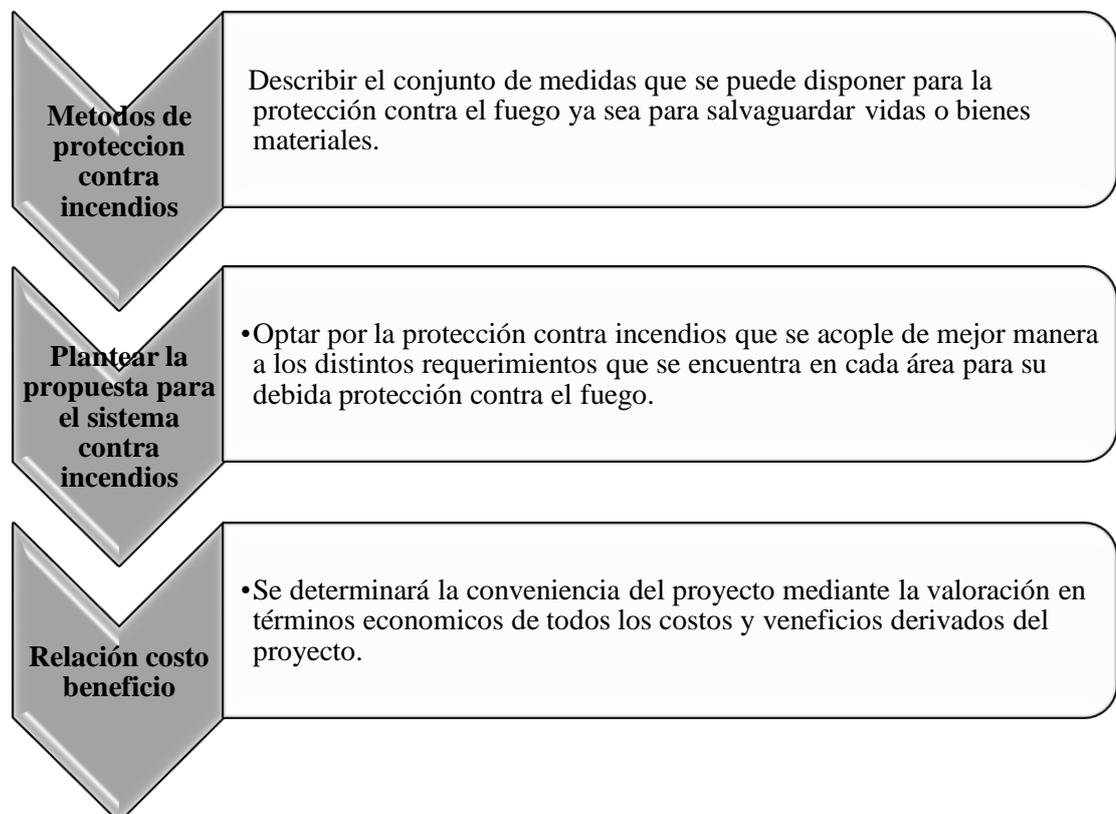


Figura 5: Modelo operativo

Autor: Fabian Mosguidt

Desarrollo del modelo operativo

Métodos de protección contra incendios

Realizar un breve resumen de los principales métodos de lucha contra incendios dentro del entorno de cualquier establecimiento, mediante esta descripción de los distintos agentes extintores, detectores y alarmas de incendios que existen en el mercado se puede obtener el conocimiento necesario para determinar qué tipo de agente extintor se debe utilizar en las distintas áreas anteriormente mencionadas de la central hidroeléctrica Sibimbe.

Con los métodos de protección contra incendios se trata de obtener tres fines:

- Salvar vidas humanas
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- Lograr que las actividades que se realizan en el edificio logren restaurarse en un laxo de tiempo corto.

Plantear la propuesta para el sistema contra incendios

Realizar la selección del sistema contra incendios mediante criterios de disposición para la implementación del sistema y de acuerdo a los requerimientos que se encuentre en cada área a la que se vaya a implementar.

En esta fase se propone de manera conceptual las protecciones requeridas para cada una de las distintas áreas de la central hidroeléctrica. Para ello, en base a recomendaciones y requerimientos de las normas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) pertinentes.

Los criterios de selección y la valoración se basarán en los siguientes puntos según la norma de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego 851 Plantas de generación hidroeléctricas.

- El tipo de peligro.
- Efecto de la descarga del agente en el equipo.
- Riesgos para la salud.
- Localizar el área donde pueda ser más probable que ocurra el incendio.

Determinar la relación costo beneficio de la implementación del sistema contra incendios

La relación costo-beneficio es una lógica o razonamiento apoyado en el principio de poder obtener los mayores y mejores resultados, esto puede ser debido a la eficiencia técnica como por motivación, es un planteamiento formal para la toma de decisiones que cotidianamente se presentan. La relación costo beneficio está dada mediante la ecuación 2. (Portney, 2011)

$$\text{Costo Beneficio} = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} \qquad \text{Ecuación 2}$$

Fuente: (Trávez, 2012)

Para el caso en estudio, el costo representa el dinero que la empresa perderá en caso de un siniestro, es decir todos los daños ocasionados tanto como en infraestructura y la maquinaria. Los beneficios es todo rubro que al momento de implementar el sistema de prevención de incendios será protegido y preservado, es decir costo de maquinaria, infraestructura y vidas humanas. Para lo cual es de importancia determinar en primera instancia el costo de la propuesta del conjunto de sistemas de protección contra incendios, y luego en base a los montos asegurados de la central hidroeléctrica Sibimbe, determinar el valor que salvaguardará el sistema propuesto (Trávez, 2012).

Costos

El costo viene hacer el gasto económico el cual constituye la inversión en el sistema de prevención de incendios, partiendo de la evaluación del riesgo en la central, posterior mente se determina los recursos necesarios para poder prevenir el conato de incendio, protegiendo directamente el lugar donde exista mayor probabilidad de que se ocasione un incendio, también se tomara en cuenta los siguientes costos relacionados a la empresa.

- Costos asociados a la perdida de producción
- Costos de maquinaria e infraestructura

- Costos de equipos eléctricos y electrónicos

Beneficios

El beneficio a obtener es la protección de vidas humanas y bienes físicos de la empresa como es infraestructura, maquinaria, materia prima, en sí, bienes tangibles asegurables, los cuales poseen un valor considerable los mismos que se encuentran registrados en la contabilidad de la empresa, los bienes mencionados son los que estarán protegidos mediante el sistema contra incendios.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta

Estudio de Factibilidad para la Implementación del Sistema Contra Incendios en la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A., de la Ciudad de Ventanas durante el periodo 2018.

El presente proyecto, debe brindar seguridad al recurso humano como también a los bienes de la central hidroeléctrica, las áreas de la misma deben ser evaluadas para determinar el tipo de incendio que se puede ocasionar, obteniendo dicha información se proporcionara los métodos de detección y extinción de incendios más adecuados.

El desarrollo del presente estudio se lo realizará mediante las normas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), para lo cual se realizará los siguientes puntos:

- Describir los métodos de protección contra incendios
- Plantear la propuesta para el sistema contra incendios
- Determinar la relación costo beneficio de la implementación del sistema contra incendios

A continuación, se procede al desarrollo de la propuesta según lo señalado en el modelo operativo.

Descripción de los principales métodos de protección contra incendios

Mecanismos de extinción

Al hablar del tetraedro del fuego se dice que si desaparece una de sus caras se extingue el fuego en esto se basa los mecanismos de extinción en hacer desaparecer o disminuir el impacto que produce los factores que conforman un incendio que suelen ser:

- Combustible
- Comburente (oxígeno)
- Energía de activación (calor)
- Reacción en cadena

Disolución o Desalimentación: la desalimentación consiste en retirar o eliminar el combustible (ver figura 6) en el caso de que se disminuye la concentración de combustible para que a si los vapores producidos queden fuera del alcance de su activación se denomina dilución (Torres, 2011).

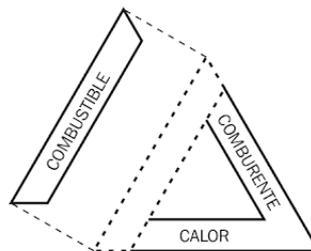


Figura 6: Desalimentación

Fuente: (Torres, 2011)

Sofocación: trata en eliminar o desplazar el comburente (oxígeno del aire ver figura 7) también se puede apartar el oxígeno de los productos en combustión o reducir la densidad de oxígeno (en el caso de oxígeno por abajo del 15%). Se debe impedir que vapores combustibles que se encuentran a una temperatura determinada se encuentren en contacto con el comburente o también que la concentración de este sea tan baja que no de pazo a la combustión (Safety, 2014).

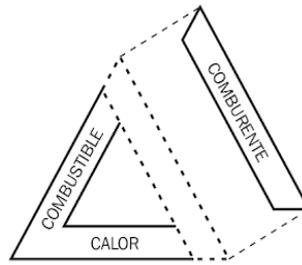


Figura 7: Sofocación
Fuente: (Torres, 2011)

Enfriamiento: trata de la disminución de temperatura (ver figura 8) por medio de la absorción del calor que se encuentre en el combustible por parte del agente extintor con lo que se podrá conseguir evitar que se desprendan gases combustibles (Safety, 2014).

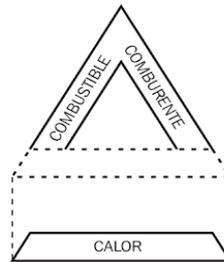


Figura 8: Enfriamiento
Fuente: (Torres, 2011)

Inhibición o acción catalítica negativa: consiste en provocar la ruptura de la reacción en cadena (ver figura 9) mediante la desaparición de los radicales libres que al reaccionar inducen el calor a las reacciones exotérmicas las cuales permiten la reacción en cadena (Safety, 2014).

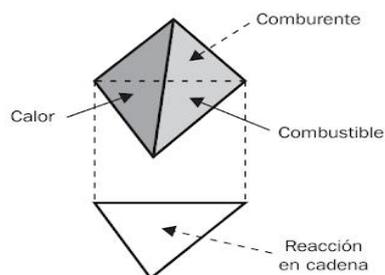


Figura 9: Inhibición
Fuente: (Rodríguez, 2010)

Sistemas contra incendios

Se denomina protección contra conatos de incendios al conjunto de prevenciones que se encuentran disponibles en un lugar de terminado ya sea en un edificio o fabricas para poder salvaguardar los en contra de las llamas.

Clasificación de agentes extintores.

los agentes extintores los vamos a clasificar en función de la situación en las que se encuentran al momento de su aplicación en tres grupos.

Agentes extintores líquidos

- agua
- agua con aditivos
- espumas
- hidrocarburos halogenados
- Agua Vaporizada. Clase AC

Agentes extintores sólidos

- polvos extintores
- Polvo BC
- polvo ABC
- polvo especial para flujos clase D

Agentes extintores gaseosos

- Nitrógeno
- Hidrocarburos halogenados
- Anhidrido de carbono

Agentes extintores líquidos

Agua

Es el agente extintor más empleado y el más económico su utilización se realiza desde tiempos muy remotos prácticamente desde que el hombre descubrió el fuego

tuvo que tomar en cuenta de que el agua de lluvia apagaba sus hogueras (Botta, 2010).

Características: es el agente extintor más utilizado tiene gran poder de enfriamiento por el alto calor de vaporización (540 cal/g) y su calor específico (1 cal/g y C) y cuando se evapora su volumen aumenta entre 1500 y 1700 veces por lo que debido a esto consigue disminuir el aire que se encuentra cerca al fuego. La densidad del agua es de 1 kg/lb es más densa que la mayoría de los combustibles líquidos esto puede ser una desventaja en la extinción si los líquidos no suelen ser solubles en agua porque extienden mucho más el incendio debido a que flotan sobre ella el líquido que combustiona (Botta, 2010).

Mecanismos de extinción: el agua trabaja principalmente por enfriamiento por su elevado calor de vaporización y su calor específico debido a estas dos cualidades roba una gran porción de calor en los incendios en segundo lugar y dado el considerable aumento de volumen que experimenta el agua al evaporarse actúa por sofocación así consiguiendo disminuir el aire y el oxígeno que rodea al fuego (Botta, 2010).

En caso de los combustibles líquidos hidrosolubles es decir que se disuelven en el agua actúa también por dilución al reducir en la concentración de combustible.

Agua con aditivos

El elemento se puede aplicar en espuma para aumentar sus efectos. Además, estos extintores llevan algunos aditivos a partir de elementos tensoactivos fluorados e hidrocarbonados, disolventes, y con sales ignífugas, que al momento de ser proyectados al fuego conforma una película acuosa así evitando el contacto del combustible con el oxígeno, sofocándolo e interviniendo a su evaporación. Esta película o efecto espumoso es lo que logra hacer efectivos estos extintores durante un incendio generado por fuegos líquidos. Su eficiencia y eficacia, los convierte en una gran herramienta de prevención en contra de los conatos de incendios son muy apropiados (Cip, 2009).

Tipos de fuego a utilizar: el agua que posee aditivos es eficaz para los conatos de clase A, B y K. Este tipo de extintores, no deben ser usados en conatos de la clase

C, los fuegos eléctricos, debido a que el agua con el que están cargados estos extintores conduce la electricidad y podemos sufrir una electrocución (Cip, 2009).

Espumas

La espuma empleada a extinción de los incendios es un agregado estable de pequeñas burbujas las espumas pueden ser de dos orígenes o formas de producción.

Espumas químicas: producida por la reacción de dos productos químicos hoy en día ya no se utilizan porque son muy corrosivos.

Espumas físicas: se logra al mezclar aire con una masa de espumante, su construcción es totalmente de tipo físico no existen reacciones químicas la espuma física se consigue de la siguiente forma (Cortés, 2009).

Espumógeno + agua = espuma o mezclas

Espumante + aire = espuma

Características: al margen del tipo de espumógeno hay que considerar también el índice de extensión, las espumas deben poseer las siguientes características.

- Fluidez
- Resistencia al calor
- Resistencia a la contaminación
- Cohesión
- Homogeneidad
- Velocidad de drenaje baja

Mecanismos de extinción

El principal resultado que consigue la espuma es apartar el combustible del aire así formando una verdadera capa sobre el combustible que impidiendo el contacto del aire con los vapores inflamables por lo tanto el procedimiento principal de actuación de las espumas es por sofocación. Al ser el agua uno de los elementos de la espuma también actúa por enfriamiento enfriando el combustible y las superficies metálicas que están en contacto con el mismo (Botta, 2011).

Aplicaciones

Normalmente se utiliza en fuegos de clase B y suele ser el agente más efectivo en estos tipos de incendios en algunas veces se emplea como una medida de prevención en derrames de los líquidos combustibles para así evitar que se genere el incendio, también es eficaz en incendios de clase A, aunque por su precio en estos casos es más conveniente utilizar el agua.

Limitaciones

Como en su composición interviene el agua en más de un 95% las limitaciones de la espuma son práctica mente las mismas del agua sin importar en este caso la densidad, su costo es elevado y hay que tener una gran cantidad en stock (Botta, 2011).

Hidrocarburos halógenos

Son un grupo de agregados químicos, los cuales incluye alcanos, como metano o puede ser etano, con algunos halógenos, formando una porción de su estructura, transformándolos en haluros orgánicos. A estos se los conoce con diversos nombres químicos y comerciales. Como agentes extintores, refrigerantes, propelentes y disolventes, tuvieron un extenso uso. Algunos halo alcanos, (son aquellos que contienen bromo o cloro), poseen efectos negativos en el medio ambiente. Este agente extintor todavía se puede encontrarse en algunos lugares muy localizados pero su uso se encuentra prohibido total mente en todos aquellos países que suscribieron el protocolo de Montreal sobre limitación de uso de los CFC (Cortés, 2009).

Extintores de Agua Vaporizada. Clase A, C

Los extintores de agua vaporizada o pulverizada se suelen usar para proteger sectores en los cuales existan riesgos de fuegos Clase A (combustibles sólidos) y Clase C (equipos eléctricos). Posee una boquilla de salida diseñada para producir, junto a la presión del gas inerte, una expulsión del agua en forma de niebla, ya que el contenido es agua destilada muy pura, debido a esto no es conductor de la electricidad y no causa daño a los equipos electrónicos que no fueron alcanzados por el fuego. El recipiente del agente extintor suele ser de acero inoxidable y su

presentación existe en capacidades de 2 galones, aunque hay también de 5 y 10 litros (No confundir con los de agua presurizada), (Villa, 2010).

Agentes extintores sólidos

Polvos extintores

Polvo extintor son sales inorgánicas finamente pulverizadas cuyos componentes básicos suelen ser bicarbonato sódico o potasio cloruro, potásico fosfato de amonio o metales alcalinos, a estas sales básicas se les agrega otros componentes que mejoran su fluidez higroscopicidad o aislamiento eléctrico se caracterizan debido al pequeño tamaño de partícula su nula toxicidad y ser malos conductores para la electricidad (Panicles, 2019).

Las formas de actuar para producir la extinción son

- **Sofocación:** debido a que produce un residuo el cual aísla el combustible del oxígeno
- **Inhibición:** al momento de combinarse con los radicales libres impiden que continúen en la combustión
- **Enfriamiento:** por medio de la absorción de energía calórica

Polvo “B, C”

Este es un polvo convencional empleado para la extinción de fuegos de clase “B” líquidos que sean combustibles como (solventes, pinturas, naftas, grasas, etc.) y “C” de equipos eléctricos bajo tensión, es uno de los extintores más rápidos y eficaces, su mayor inconveniente es que este no actúa por enfriamiento por lo que en altas temperaturas el fuego podría volver a reiniciarse. Este agente no es aconsejable la aplicación en equipos o lugares donde la limpieza sea difícil, ya que puede actuar de forma abrasivo y por su poder dieléctrico al ser utilizado en equipos sensibles, puede dañarlos (Navarro, 2013).

Las formas de actuar para producir la extinción son

- **Sofocación:** debido a que produce un residuo el cual aísla el combustible del oxígeno

- **Inhibición:** al momento de combinarse con los radicales libres impiden que continúen en la combustión

Polvo “A, B, C”

polvo polivalente basado en fosfato amónico y utilizado para la extinción del fuego de clase “A” materiales combustibles sólidos (tejidos, madera, plástico, papel, etc.), “B” líquidos combustibles (solventes, pinturas, grasas, etc.) y “C” de equipos eléctricos de bajo tensión, las formas de actuar para producir la extinción son (Panicteres, 2019).

- **Sofocación:** debido a que produce un residuo el cual aísla el combustible del oxígeno
- **Inhibición:** al momento de combinarse con los radicales libres impiden que continúen en la combustión
- **Enfriamiento:** por medio de la absorción de energía calórica

Polvo “D”

Polvos especiales ideales para la extinción de fuegos de clase “D” su composición varía para hacerlo específico al metal sobre el cual debe actuar.

Aplicaciones de los polvos extintores

El polvo polivalente es además anti brasa por lo que se puede utilizar en los de clase A para estos es mejor el agua, pero un extintor de polvo polivalente es excelente para los conatos de incendio y en los primeros instantes del mismo.

El polvo especial está diseñado para actuar específicamente en fuegos clase D metales que puede servir para otro tipo de fuegos, el alto precio del producto es un impedimento para su empleo.

Todos los polvos extintores Qué son dieléctricos estos se pueden emplear en fuegos donde exista presencia de corriente eléctrica tomando como una precaución de que la tensión no deba pasar de los 5.000 voltios esto con tensiones mayores puede ser peligrosa su utilización (Navarro, 2013).

Limitaciones

Una limitación importante es que normalmente los polvos extintores no son capaces de enfriar con lo que al poder conservar tres de los cuatro componentes del tetraedro de fuego este puede reactivarse con facilidad evidentemente esto dependerá de la extensión de fuego y otras circunstancias.

Uno de los principales inconvenientes se deriva de que sólo sirven para fuegos limitados en volumen no se puede atacar el fuego en una nave Industrial con un extintor es excelente para los indicios de un incendio.

En los incendios en los que se ven implicados equipos delicados como ordenadores maquinaria sofisticada etc., estos pueden ocasionar más daño que el que se intenta evitar con su aplicación (Navarro, 2013).

Ventajas de su uso

- Es rápido en su acción.
- Se relaciona con la aplicación de otros agentes de extintores.
- Es dieléctrico y se puede usar con limitaciones de voltaje en incendios con la presencia de corriente eléctrica.

Métodos de utilización

- Por lo general se emplea en extintores impulsados por gas de 6 kg, 12 kg, 50 kg con carro, etc.
- se pueden usar en instalaciones fijas como también en sistemas automáticos debido a su composición se obturan con facilidad las boquillas de salida los cuales pueden dar muchos problemas al tratarse de un uso en específico este no es el medio ideal para utilizar el polvo como agente extintor.

Agentes extintores gaseosos

Nitrógeno

Antes era un agente extintor que apenas se empleaba y ello por diversas razones entre las que destacan la producción de cianógeno y peróxido de nitrógeno al momento de extinguir en los fuegos estos gases suelen ser muy tóxicos y por tanto

habría que pensar mucho en el empleo de nitrógeno porque podía ocasionar lesiones al personal (Azcúenaga, 2010).

Actúa por: sofocación realizando el desplazamiento del oxígeno del aire.

Aplicaciones: este selo utiliza como base inerte para imposibilitar el incendio en los tanques de productos inflamables.

Hidrocarburos halogenados

Conocidos Como halones son derivados del metano y etano sustituyendo los átomos de hidrógeno por halógenos, flúor, cloro, bromo, modificando sus propiedades y convirtiéndose en un agente extintor (Azcúenaga, 2010).

Halón 1211 (Difluor mono cloro monobromo metano)

1 átomo de carbono, 2 átomos de flúor, 1 átomo de cloro, 1 átomo de Bromo

Halón 1301 (trifluor monocromo metal)

1 átomos de carbono, 3 átomos de flúor, 0 átomos de cloro, 1 átomos de cromo

Halón 2402 (tetrafluor dibromo etano)

2 átomos de carbono, 4 átomos de flúor, 0 átomos de cloro, 2 átomos de bromo

Actúa por: inhibición de la llama impidiendo la reacción en cadena.

Sofocación por desplazamiento del oxígeno.

ventajas: no son tóxicos, Aunque hay limitaciones en las concentraciones que a una persona puede inhalar sin peligro en exposición que sea de corto tiempo.

No produce daños pues no deja restos ni son corrosivos, no es conductor de electricidad.

Inconvenientes: son caros, reignición los fuegos con brasas pueden Re inflamarse, poco acto para fuego en exteriores, atacan la capa de ozono por lo que se eliminarán en breve plazo (Azcúenaga, 2010).

Aplicación: en instalaciones delicadas donde existen ordenadores y sistemas electrónicos.

Anhídrido carbónico

Conocido también como dióxido de carbono y nieve carbónica a temperatura ambiente es un gas incoloro inodoro e insípido se almacena en botellas como gases licuados sometido a compresión y enfriamiento se llama nieve carbónica porque cuando se expande se expansiona se solidifican en forma de nieve (Escudero, 2014).

Actúa por

Sofocación por desplazamiento del oxígeno o por disolución de forma que no permite la combustión por deficiencia de concentración de oxígeno. Por enfriamiento la expansión del CO₂ al momento de convertirse en gas provoca enfriamiento.

Ventajas del CO₂

No es tóxico sin embargo al momento de desplazar el oxígeno puede reducir su concentración en límites peligrosos para la persona. Penetración como gas que tiene gran poder de penetración en todas las zonas de incendio no produce daños después de su utilización no quedan restos no conduce la electricidad (Paniceres, 2019).

Inconvenientes

Reignición los flujos con brasas puede inflamarse al dispersar el gas, asfixia por desplazamiento del oxígeno del aire, fuegos de exteriores poco acto.

Aplicación

Es aceptablemente acto para juegos de líquidos y material sometido a tensión eléctrica.

Sistemas de extinción Según su forma de aplicación:

Sistemas semifijos: El elemento de extinción es trasladado por medio de conducciones e impulsado sobre las llamas por medio de una manguera y lanza.

Sistemas fijos: El agente extintor es trasladado por conductos sobre el conato por medio de boquillas fijas situadas a la misma.

Sistemas móviles: El elemento extintor es conducido e impulsado en las llamas mediante vehículos automotrices.

Según el sistema de accionamiento:

- Manual.
- Automático.
- Doble accionamiento.

Según la zona de actuación.

- Parcial.
- Por inundación total: tienen por objetivo provocar una descarga de polvo alrededor del riesgo, dentro de un espacio parcial o totalmente serado.

Columna seca: Instalación formada por una canalización de acero, vacía, con bocas a distintas alturas, con los correspondientes acoples para manguera y toma de alimentación.

Boca de incendio

Cualquier toma de agua reservada para la protección contra incendios una BIE es una instalación formada por una conducción independiente de otros usos siempre en carga con bocas y equipos de manguera suele estar en un armario en el que hay una entrada de agua con una válvula de corte y un manómetro para verificar en cualquier momento el estado de la alimentación (Jimenez, 2014).

Hidrantes exteriores

Este trabaja con bocas para la toma de agua, subterráneas o de superficie, con una alimentación por medio de una red de agua a presión, con una válvula de activación manual y una o varias bocas con racores (empalmes de mangueras). Estás se encuentran ubicadas en los exteriores de los edificios con la finalidad de combatir el incendio desde el exterior o poder alimentar otras instalaciones (Matheu, y otros, 2009).

Sistema de rociadores automáticos

Estos dispositivos distribuyen el agua sobre un conato de incendio de forma automática y en cantidades suficientes para extinguir en su totalidad el incendio, previene su propagación o contenerlo, los rociadores automáticos se suelen implantar para proteger instalaciones en su interior (Neira, 2010).

Sistemas fijos de extinción por polvo

Se basa en un sistema de protección activa contra incendios que descarga polvo químico polivalente a través de boquillas y tuberías fijas mediante la acción de un gas impulsor los sistemas de polvos son en general aplicables en incendios con fuegos de tipo, A (sólidos), B (químicos) o C (eléctricos). No siendo adecuados para la extinción de fuegos de la clase D (metales) en polvo químico que se utiliza es un elemento extintor que como su nombre indica se puede encontrar en estado pulverulento, siendo expulsado fuera del depósito de extinción con la ayuda de un gas auxiliar generalmente anhídrido carbónico o gases inertes nitrógeno (Matheu, y otros, 2009).

Sistemas de agua pulverizada o nebulizada

Este trabaja con un sistema de rociadores con la diferencia que posee boquillas de extinción de forma abierta en el caso de fuego descargan considerables cantidades de agua en el área protegida se emplean para resguardar edificios en su totalidad o sólo partes. Como también para protección de locales con objetos sensibles al calor, fácilmente inflamables o donde existen el riesgo de que un incendio se pueda expandir rápidamente sus aplicaciones más habituales suelen ser centrales nucleares centrales térmicas almacenamiento generación de desechos plantas de fabricación hangares etc., (Jimenez, 2014).

Los sistemas de agua nebulizada son sistemas de pulverización de agua en los que se multiplica la superficie de la gota de agua intensificándose el nivel de enfriado el cual se incrementa por la breve evaporación del agua, el vapor de agua disminuye la concentración del oxígeno en los alrededores donde se ocasiono el incendio lo que le permite sofocarlo adicional este tipo de instalación cuenta con la capacidad de evacuar humanos, refrigerar y reflejar la radiación del calor (Neira, 2010).

Sistema contra incendios Firetrace

Sistema de extinción por el agente gaseoso que pese a su sencillez por sus características y por atacar al fuego en el lugar Exacto donde se inició es ideal para proteger microespacios y otros recintos o instalaciones de difícil acceso donde otros sistemas de detección y extinción no ofrecen las mismas prestaciones, los cuales se encuentra constituido por los siguientes elementos (Seguridad, 2015).

- Botella Autónoma de alta precisión.
- Manómetro.
- Tubo termosensible.
- Válvula.
- Red de difusores (sólo en sistema de accionamiento indirecto)

Se trata de un sistema de detección y extinción automática sin partes móviles y que no requiera energía eléctrica para su debido funcionamiento cuenta con dos modalidades distintas.

Actuación directa

De la botella parte un tubo termo sensor flexible (ver imagen 14) fabricado en polímero que se encuentra presurizado interiormente (de 10 a 18 bar) de Avanzada tecnología y siendo el que se comercializa con la denominación Firetrace (Seguridad, 2015).

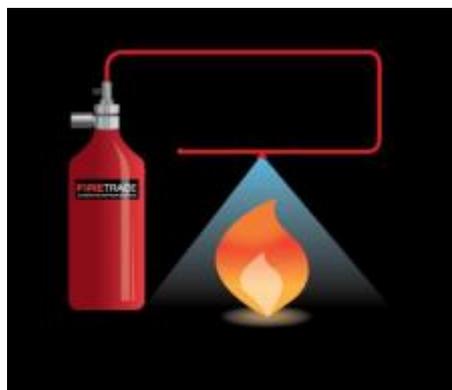


Imagen 14: Firetrace Directo

Fuente: Seguridad

Actuación Indirecta

Con el sistema de descarga indirecta, (ver imagen 15) el tubo detector Firetrace se utiliza solo como un dispositivo de detección. El agente extintor es descargado por medio de una tubería de acero inoxidable, cobre, o una manguera hidráulica. Cuando se rompe el tubo detector, el agente extintor suele descargarse por boquillas localizadas dentro del perímetro protegido (Bonehurst, 2009).

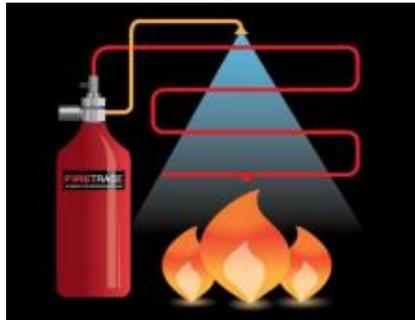


Imagen 15: Firetrace Indirecto

Fuente: Seguridad

Temperatura de detección

Con una presión interna de 150 psi (10 bar) es capaz de detectar el incendio aproximadamente a 100°C (212 °F). (Detección de la temperatura variará en función a la presión interna), (Global, 2010).

La Presión Rotura Hidrostática:

- La presión de rotura mínima es de 75bar (1100psi)
- La presión de rotura es típico 88bar (1300psi)

Generadores de aerosol

Son dispositivos de extinción empleados en incendios (ver imagen 16) que presentan grandes ventajas frente a la extinción convencional con gas. Su efectividad se basa en las acciones físicas y químicas en la llama. En su interior tienen unas cargas compuestas con nitrato de potasio y nitrato de celulosa las cuales reaccionan por medio de una detonación la cual forma carbonato de potasio en estado de aerosol.

Debido a la capacidad de ionización del potasio, el aerosol absorbe una cantidad de energía considerable de la llama así logrando debilitarla, además el carbonato de potasio reacciona químicamente con los hidróxidos inestables de la llama, formando hidróxido de potasio y interrumpiendo la reacción en cadena la cual permite la combustión (Paniceres, 2019).



Imagen 16: Generadores de aerosol
Fuente: Tecman

Sus principales ventajas son:

- No desplaza el oxígeno existente en el ambiente, por lo que es posible respirar en una área donde haya sido afectado el extintor.
- No es tóxico, no causa daño a la capa de ozono.
- No es un recipiente bajo presión.
- No necesita de un gran espacio y es más ligero que los extintores comunes.

Alarma de incendio

Es la protección en contra de un incendio que se acciona con un detector, cuando este dispositivo detecta un acontecimiento, como puede ser humo, luminosidad o cambios violentos en la temperatura, estos dispositivos pueden ser electromecánicos, electrónicos, electroacústicos, como de campana o pueden ser de bocina. Este dispositivo advierte a la gente que se localiza en un edificio o industria de un posible incendio, para efectuar una evacuación. Dependiendo de la alarma de incendios puede generar distintos tipos de sonidos (Santaeliza, 2018).

Luz estroboscópica

Se conoce a las luces estroboscópicas como las señales visuales diseñadas para su aplicación en ubicaciones peligrosas que tengan posibilidades de ocurrir un incendio, ya sean en aplicaciones de interiores y exteriores. Cualquier luz

estroboscópica que acate las normas establecidas, el espectro de visualización (Méndez, 2013).

Esta luz estroboscópica está prevista para interconectar con detectores de humo, calor o monóxido de carbono en funcionamiento. No tiene medios de detección propios. No funciona sin alimentación de corriente. Su funcionamiento está diseñado especialmente para alertar a personas que tengan problemas de audición según lo especifican las normas NFPA 72 y la norma ANSI 117.1. (Digitec, 2018).

Tipos de detectores automáticos

Los detectores automáticos son aquellos elementos que suelen detectar el fuego por medio de fenómenos por los que se origina el fuego: Gases, humos, temperatura, radiación UV, visible o infrarroja, etc. Dependiendo del principio en el que se suelen basar, los detectores estos se denominan (Santaeliza, 2018).

Detector de gases o iónico

Estos utilizan el principio de ionización y la velocidad de los iones conseguidos por medio de sustancias radiactivas, inofensiva para el ser humano estos se utilizan en la detección de gases y humos de combustión que no suelen ser visibles, se trata del detector con mayor sensibilidad el primero en detectar el conato de incendio (Fernández, 20012).

Detector de humos visibles (óptico de humos)

Funciona mediante una obtención de humos visibles los cuales pasan a través de una célula fotoeléctrica la cual origina la correspondiente reacción del aparato. Requieren de una fuente luminosa constante o intermitente, el efecto perturbador principal suele ser el polvo, por lo que requiere de una limpieza periódica (Fernández, 20012).

Detector de temperatura

Estos dispositivos reaccionan cuando la temperatura ambiente pasa de un valor prefijado para la que han sido creados. Su funcionamiento trata de la deformación de un bimetálico por el efecto de la temperatura. (Un rociador automático o sprinkler es uno de ellos), (Fernández, 20012).

Detectores termovelocimétricos

Trabaja mediante la medición de la velocidad del incremento de la temperatura ambiente de la zona vigilada. Su funcionamiento trata en comparar el calentamiento de una zona sin inercia térmica con otra zona que contenga una inercia térmica determinada. Regularmente se incorpora un dispositivo que detecta la temperatura fija (Carrasco, 2016).

Detector de llama

Funciona frente a las radiaciones, ultravioleta o infrarroja, producidas por el espectro, contiene filtro óptico célula captadora y equipo electrónico que amplía las señales y requieren de un mantenimiento similar a los detectores ópticos de humo (Sharpeye, 2012).

Detectores puntuales de humo: Poseen un rango de cobertura de localización (puntual) y funcionan mediante el principio de difusión (reflexión) de luz – efecto Tyndall).

Detectores lineales de humo haz o barreras lineales

La cobertura en esta clase de detectores es muy amplia permitiendo su utilización en grandes alturas. Su funcionamiento se trata en el oscurecimiento de la cámara que realiza la medida, el cual causa el bloqueo parcial de la debida trayectoria del haz de luz que se encuentra entre el emisor y el receptor (Carrasco, 2016).

Detectores por aspiración

Trata de una red de tuberías el cual, parte de la debida unidad de detección, extendiéndose por toda el área a proteger. Una bomba extractora obtiene una determinada muestra de aire la cual es conducida a la unidad de detección en donde es analizado si el aire contiene partículas de humo derivado de algún incendio. La cámara es de alta humedad lo que provoca que el humo que penetra se condense formando una sustancia en forma de neblina, este mide la viscosidad de las sustancias determinado si se trata de un posible incendio o no emitiendo la debida alarma. Son perfectas para la protección de equipos electrónicos (CPD) y ambientes

donde existe alto grado de humedad y/o frío (cámaras frigoríficas de alimentos), (Sharpeye, 2012).

Panel de control de alarmas de incendio.

Se encuentran 2 tipos de tecnologías en materia de paneles de control de alarma los cuales se describirán brevemente:

Paneles de control Convencionales

Cuenta con zonas de detección que terminan con resistencias de fin de línea. Se permite de acuerdo con las normas, hasta una cantidad de 20 detectores por áreas. Se consigue disponer un número fijo de áreas estas pueden ser extendidas con módulos de expansión. Esta información puede ser visible por medio de LEDs o display LCD. Son adecuadas para instalaciones pequeñas o medianas donde la señalización por áreas es lo necesario para una clara identificación del sector donde se ha identificado humo, posee la ventaja de tener un bajo costo y programación sencilla se puede utilizar detectores convencionales (De Rosa, 2015).

Paneles de control analógicos direccionables

Tiene la ventaja de una mejor detección de los sectores debido a que cada detector se convierte en un indicador de precisión del punto donde se ha generado humo por lo que por sí solo informa su estado, las centrales no disponen de áreas sino de lasos donde estos pueden aceptar hasta cien módulos y cien detectores. A cada detector o módulo se asigna un número el cual es reconocido e indicado en el display LCD de la central en el caso de existir alguna detección o falla, permite ajustar de forma diferente cada detector dependiendo el área donde se van a instalar, cuenta con controles de climatización, compuertas cortafuegos etc. Representa ventajas como una fácil instalación, programaciones de entrada y salidas flexibles y gran capacidad de expansión, mejor registro de eventos (De Rosa, 2015).

Planteamiento de la propuesta para el sistema contra incendios

En este punto teniendo en cuenta la importancia de los elementos que se encuentran en la central hidroeléctrica Sibimbe en cada área, se propondrá un agente extintor el cual protegerá directamente al elemento en el cual se podría generar el siniestro,

dando una preferencia de protección a los elementos con mayor importancia en la generación de energía eléctrica.

La detección de cualquier conato de incendio dentro de las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Sibimbe deben realizarse de manera rápida, eficaz y sin generar falsas señales. los sistemas de alarma audible y visibles deben alertar al personal que se está efectuando un conato de incendio para proceder a la verificación y poder actuar con tiempo ante este suceso.

Los elementos que formarán parte del sistema de detección de incendios deberán detectar cualquier acontecimiento o condición anormal sin tener que intervenir una determinada persona, para poder emitir una alerta o señal de activación de los sistemas de extinción de incendios.

En base a la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 850 para la protección contra incendios de plantas de generación eléctricas (Edición 2010), en el punto 6.7.1 da a conocer que los sistemas de detección y de supresión automática fija de incendios debe equiparse con señales locales audibles y visuales con anunciador en un área donde se encuentre constantemente trabajadores, como puede ser la sala de control. Las alarmas audibles de incendio deben distinguirse de otros sistemas de alarma de la central.

En la central en general se recomienda instalar los siguientes elementos:

- Pulsadores manuales de alarma de incendio (ejem: cajas o estaciones de grupos de botones) instalados en zonas de fácil visibilidad. Los elementos manuales de alarma de incendios deberían instalarse para peligros en las áreas más remotas.
- Alarma de incendio audible y visibles en la planta o sistemas de comunicación de voz, o ambos, para propósitos de evacuación del personal.
- Medios de notificación al cuerpo de bomberos.

La ubicación de las distintas alarmas y sensores se basa en las recomendaciones de la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 código nacional de alarmas de incendio.

Sistemas de extinción y detección de incendios por áreas.

Casa de máquinas

Oficina y sala de control

Debido a la importancia de los elementos que se encuentran en esta área como son los tableros de control y protección del transformador de 69KV (ver imagen 11) y de las Unidades de generación #1 y 2, (ver imagen 4) se requerirá un sistema de detección de incendios basado en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 17.7 detectores de humo (Edición 2013), por lo que se recomienda detectores de humo de tipo puntual.

Los mismos que deben ser ubicados sobre el cielorraso o, se los puede ubicar sobre un muro lateral a 30cm por debajo del cielorraso, la distancia máxima de ubicación de los detectores desde cualquier pared será de 4,5m y la distancia entre dispositivos será de 9m (NFPA72), por lo tanto para esta área que cuenta con una superficie de 96 m² (12m x 8m) es necesario dos, detectores de humo puntuales los cuales se ubicaran de forma centrada en la sala de control.

Como método de extinción de incendios se recomienda el sistema Firetrace directo, el cual actuara como método de extinción y a laves de detección ya que este sistema funciona con un extintor portátil y una tubería de polímeros termosensible, se seleccionará el agente extintor mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, Anexo C selección de extintores (Edición 2013), en esta área se encuentra riesgos de incendios de clase C por lo que en el sistema Firetrace se debe utilizar dióxido de carbono (CO₂) para la protección de los tableros eléctricos de la sala de control (ver imagen 17).



Imagen 17: Tablero eléctrico de control
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Para calcular la cantidad de gas necesario se emplea la ecuación 3 según CEPREVEN (Asociación para la prevención y protección de riesgos de incendios)

$$Q = K_b [0,2(A) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (V)] \quad \text{Ecuación 3}$$

Fuente: (Cepreven, 2009)

Donde

Q= caudal requerido del agente en kg

K_b= factor de protección del material a proteger (en este caso 1.2 de estaciones eléctricas ver anexo 2)

0,2= comprende la cantidad de CO₂ que puede escapar.

A= área de las superficies totales en m² de paredes, piso y techo.

0,7= comprende la cantidad mínima de CO₂ tomada como base para la fórmula kg/m³

V= volumen del recinto en m³.

La tabla 27 muestra las áreas que se necesitan para calcular la cantidad de gas para el tablero eléctrico.

Tabla 27: Área del tablero eléctrico

| Superficies | Lado 1 (m) | Lado 2 (m) | Área (m ²) | # de caras | Área total (m ²) |
|-------------|------------|------------|------------------------|------------|------------------------------|
| Cara A | 2 | 4,36 | 8,7 | 2 | 17,4 |
| Cara B | 2 | 0,55 | 1,1 | 2 | 2,2 |
| Cara C | 0,55 | 4,36 | 2,4 | 2 | 4,8 |
| Área total | | | | | 24,4 |

Autor: Fabian Mosguidt

Reemplazo de la ecuación 3:

$$Q=Kb [0,2(A) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (V)]$$

$$Q= 1,2 [0,2 (24,4 \text{ m}^2) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (0,55\text{m} \times 2\text{m} \times 4,36\text{m})]$$

$$Q= 1,2 [4,9 + 0,7 \text{ kg/m}^3(4,8\text{m}^3)]$$

$$Q= 1,2 (4,9 + 3,4\text{kg})$$

$$Q= 1,2 (8,3)$$

$$Q= 10\text{kg//}$$

Con este rápido cálculo se obtiene la cantidad requerida de agente extintor para el tablero eléctrico que es 10 kg de CO₂, la instalación de este sistema consta en tratar de rodear los elementos a proteger dentro del tablero eléctrico con la tubería de polímeros termo sensible al calor (ver figura 10).

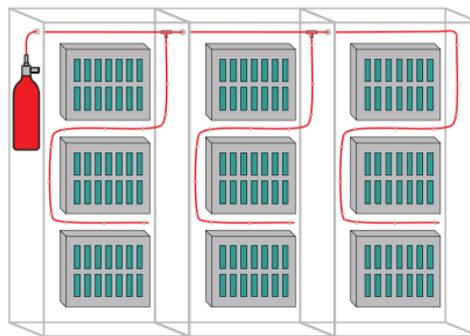


Figura 10: Sistema Firetrace directo en tablero eléctrico

Fuente: Bonehurst

Como medio de protección adicional se propone extintores portátiles mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, Anexo C selección de extintores y Anexo E distribución (Edición 2013), se realizará la selección, teniendo en cuenta que en esta área existen clases de incendio de tipo A, y C en la cual se encuentra con tableros eléctricos y muebles de madera (ver imagen 5) debido a esto es necesario extintor de agua pulverizada o niebla ya que este es para incendios de tipo A-C.

La mayor área que puede cubrir un extintor portátil es de 22,9 m de distancia en una superficie de extintor a extintor es decir 525m² de área, por lo tanto, para la sala

de control es necesario un potencial extintor 4 A para riesgos leves, el área a cubrir es de 96m².

Basándose en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 18 aparatos de notificación (Edición 2013). Los aparatos de notificación y el panel de control de incendios deben situarse en un área donde se encuentre frecuentemente personas, debido a esto las alarmas, audibles, visuales y el panel de control de incendios, se ubicarán en la sala de control, cabe recalcar que a esta zona llegan todas las señales de alarmas de incendios de todas las áreas.

Es necesario una sirena la cual debe tener un nivel sonoro de 10 dB por encima del nivel sonoro ambiente, con una duración de actividad por lo menos de 60 segundos, basado en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio en la “tabla 18.5.5.4.1 Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados sobre cielorraso (ver anexo 1)”, la notificación visible se realizará con una luz estroboscópica, con una salida lumínica requerida de 60 cd (intensidad efectiva).

Cuarto de baterías

Para la protección en esta área mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 17.10 Detección de gas (Edición 2013). Debe contar con un sistema de detección de gases de hidrógeno que permanentemente se encuentre midiendo dichos niveles en esta área (ver imagen 6). Al momento en que los niveles alcanzan el 1% por unidad de volumen, el sistema debe iniciar una alarma audible y visible en la sala de control, esto con la finalidad de tomar las debidas precauciones al respecto.

Como medida de extinción es necesario un extintor portátil para la selección de este se tomará como referencia la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, en el anexo C selección de extintores (Edición 2013), en esta área se puede localizar tres tipos de fuegos como

son de clase A, B, C por lo que es necesario un potencial extintor 4A de PQS (polvo químico seco) para riesgos leves.

Baños

En esta área no es necesario un sistema contra incendios debido a que no existe algún tipo de material combustible que pueda generar un incendio ya que su estructura es de concreto y porcelanato, con puertas de hierro (ver imagen 18).



Imagen 18: Baño

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Control principal (interruptores de potencia)

En esta área se localizan tableros eléctricos de potencia, para su debida protección se requerirá un sistema de detección de incendios basado en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 17.7 detectores de humo (Edición 2013), por lo que se recomienda detectores de humo de tipo puntual.

La distancia máxima de ubicación de los detectores desde cualquier pared será de 4,5m y la distancia entre dispositivos será de 9m según la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego 72 Código nacional de alarmas de incendio, por lo tanto, para esta área que cuenta con una superficie de 30 m² (5m x 6m) es necesario un detector de humo puntual el cual será ubicado en el centro del cuarto de interruptores.

Como método de extinción de incendios se recomienda el sistema Firetrace directo, para el tablero de interruptores de potencia (ver imagen 19), el cual funciona como

detector y extintor, este sistema trabaja con un extintor portátil y una tubería de polímeros termosensible, se realizara la selección del agente extintor mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, anexo C selección de extintores (Edición 2013), el tipo de riesgo que se localiza en esta zona es de tipo C por lo que se selecciona el extintor de dióxido de carbono (CO₂), ya que este agente no causa daños a los equipos eléctricos y no deja residuos después de su aplicación.



Imagen 19: Interruptores de potencia
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Para calcular la cantidad de gas necesario se emplea la ecuación 3 según CEPREVEN (Asociación para la prevención y protección de riesgos de incendios)

$$Q=Kb [0,2(A) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (V)] \quad \text{Ecuación 3}$$

Fuente: (Cepreven, 2009)

Donde

Q= caudal requerido del agente en kg

Kb= factor de protección del material a proteger (en este caso 1.2 de estaciones eléctricas ver anexo 2)

0,2= comprende la cantidad de CO₂ que puede escapar.

A= área de las superficies totales en m² de paredes, piso y techo.

0,7= comprende la cantidad mínima de CO₂ tomada como base para la fórmula kg/m³

V= volumen del recinto en m³.

La tabla 28 muestra las áreas que se necesitan para calcular la cantidad de CO₂ para el tablero eléctrico.

Tabla 28: Área de tablero eléctrico del control principal

| Superficies | Lado 1 (m) | Lado 2 (m) | Área (m ²) | # de caras | Área total (m ²) |
|-------------|------------|------------|------------------------|------------|------------------------------|
| Cara A | 2 | 2,90 | 5,8 | 2 | 11,6 |
| Cara B | 2 | 0,70 | 1,4 | 2 | 2,8 |
| Cara C | 0,70 | 2,90 | 2 | 2 | 4 |
| Área total | | | | | 18,4 |

Autor: Fabian Mosguidt

Remplazo de la ecuación 3:

$$Q=Kb [0,2(A) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (V)]$$

$$Q=1,2 [0,2 (18,4 \text{ m}^2) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (0,70\text{m} \times 2\text{m} \times 2,90\text{m})]$$

$$Q= 1,2 [3,7 + 0,7 \text{ kg/m}^3 (4 \text{ m}^3)]$$

$$Q= 1,2 (3,7 + 2,8 \text{ kg})$$

$$Q= 1,2 (6.5\text{kg})$$

$$Q= 7,8\text{kg//}$$

La cantidad requerida de agente extintor de dióxido de carbono (CO₂) es de 7,8 kg los cuales redondeando sería 8 kg para cubrir la superficie del tablero eléctrico, como ya se había mencionado anteriormente el objetivo de este sistema es el tratar de rodear al elemento a proteger con la tubería termo sensible al calor (ver figura 9), también se colocará un pulsador de actuación manual para activar la alarma.

Como protección adicional es necesario extintores portátiles mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, Anexo C selección de extintores, y Anexo E distribución (Edición 2013), se realizará la selección del agente, conforme lo mencionado anteriormente esta área cuenta con un riesgo de incendio de clase C por lo que se recomienda un potencial extintor 4A de dióxido de carbono (CO₂) para riesgo leve.

Cuarto de transformador de servicios de 220 VAC

Tomando como consideración que ésta es un área que normalmente no es frecuentada por el personal, debido al riesgo eléctrico que posee, por lo que se deberá contar con un sistema de detección de incendios basado en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 17.7 detectores de humo (Edición 2013), por lo que se recomienda detectores de humo de tipo puntual, ya que este espacio cuenta con una área 15 m² (5m x 3m) es necesario la utilización de un detector.

También es necesario un pulsador manual para activar la alarma y activación del sistema contra incendios, la alarma se podrá escuchar y visualizar en la sala de control.

Para el método de extinción de incendios para el transformador de servicios (ver imagen 20) nos basaremos en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 2010 Sistemas de extinción de incendios de aerosol fijo, literal 7.5.1 Cantidad de cálculo (Edición 2015), en este espacio se encuentra con riesgo de fuego de clase B, C, por lo que se recomienda generadores de aerosol, los cuales trabajaran por medio del método de inundación cubriendo el área con el agente extintor.



Imagen 20: Transformador de servicios de 220 VAC
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Para obtener la cantidad necesaria del aerosol se realizará la ecuación 4, según la NFPA 2010.

$$M = D_a \times F_a \times V \qquad \text{Ecuación 4}$$

Fuente: (NFPA2010, 2015)

Donde

M= total inundación cantidad [kg] (cantidad de aerosol a utilizar)

D_a= diseño aplicación densidad [kg/m³] (densidad del aerosol 0.14 kg/m³)

F_a= factores de diseño adicionales

- $v < 500\text{m}^3 = f_a, 1.0$
- $500\text{m}^3 \leq v < 1000\text{m}^3 = f_a, 1.1$
- $v \geq 1000\text{m}^3 = f_a, 1.2$

V= el volumen (m³) (espacio a proteger)

Dimensiones del área a proteger del transformador de servicios de 220 VAC.

$$V = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{alto}$$

$$V = 3,10\text{m} \times 3\text{m} \times 3,40\text{m}$$

$$V = 31,6\text{m}^3 //$$

La densidad de aplicación de extinción se presenta por el fabricante del aerosol que por lo general es de 0.14 kg/m³.

$$D_a = 0.14 \text{ kg/m}^3$$

$$F_a = 1.0$$

Se reemplaza la ecuación 4 con los datos obtenidos

$$M = D_a \times F_a \times V$$

$$M = 0.14 \text{ kg/m}^3 \times 1.0 \times 31,6 \text{ m}^3$$

$$M = 4,4 \text{ kg} //$$

Para la protección del transformador se requiere la cantidad de 4,4 kg por lo que se adquirirán 4 aerosoles de 1200 gramos, para tener una idea de la ubicación de los mismos se tomara como referencia la imagen 21, también es necesario colocar un pulsador de actuación manual de los aerosoles.



Imagen 21: Sistema de generadores de aerosol

Fuente: (Tecman, 2011)

Bodega

Para esta área se seleccionará el detector de incendios mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 17.6 detectores de calor (Edición 2013), para esta zona debemos tener en cuenta que se realizan diferentes trabajos en los cuales se emplean herramientas como taladros, sierras eléctricas, etc. por lo que es necesario detectores de temperatura regulable, debido a que un detector de humo tiene altas probabilidades de generar falsas alarmas cuando exista presencia de gases o vapores.

El detector de temperatura regulable deberá estar ubicados en el centro de la bodega ya que tiene un rango de alcance de 60m² y la bodega cuenta con un área de 40m², el alcance de estos elementos también depende de su fabricación por lo que es recomendable verificar las recomendaciones e instrucciones del fabricante.

Como método de extinción es necesario un extintor portátil para la selección del mismo se tomará como referencia la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, anexo C selección de extintores (Edición 2013), en esta área (ver imagen 9) se puede localizar tres tipos de fuegos como son de clase A, B, C por lo que es necesario un potencial extintor 4A de PQS (polvo químico seco) para riesgos leves.

Puente grúa

Debido a la altura (14m) en la que se localiza es más difícil acceder a este punto para poder extinguir un incendio si se produjera uno (ver imagen 22), por lo que se recomienda la instalación en el tablero eléctrico de potencia, como método de

extinción de contra incendios el sistema Firetrace directo, este actúa como detector y extintor al mismo tiempo, funciona con un extintor portátil y una tubería de polímeros termosensible.



Imagen 22: Puente grúa
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Por lo que se seleccionará el agente extintor mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, anexo C selección de extintores (Edición 2013), se realiza la selección del agente extintor teniendo en cuenta que en este punto se encuentra con un riesgo de fuego de clase C (ver imagen 23) debido a esto se utilizará un extintor de dióxido de carbono (CO₂).



Imagen 23: Tablero eléctrico del puente grúa
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Para calcular la cantidad de CO₂ necesario se emplea la ecuación 3 según CEPREVEN (Asociación para la prevención y protección de riesgos de incendios)

$$Q=Kb [0,2(A) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (V)] \quad \text{Ecuación 3}$$

Fuente: (Cepreven, 2009)

Donde

Q= caudal requerido del agente en kg

Kb= factor de protección del material a proteger (en este caso 1.2 de estaciones eléctricas ver anexo 2)

0,2= comprende la cantidad de CO₂ que puede escapar.

A= área de las superficies totales en m² de paredes, piso y techo.

0,7= comprende la cantidad mínima de CO₂ tomada como base para la fórmula kg/m³

V= volumen del recinto en m³.

La tabla 29 muestra las áreas que se necesitan para calcular la cantidad de CO₂ para el tablero eléctrico.

Tabla 29: Área del tablero eléctrico del puente Grúa

| Superficies | Lado 1 (m) | Lado 2 (m) | Área (m ²) | # de caras | Área total (m ²) |
|-------------|------------|------------|------------------------|------------|------------------------------|
| Cara A | 0,50 | 1,40 | 0,7 | 2 | 1,4 |
| Cara B | 0,50 | 0,23 | 0,12 | 2 | 0,24 |
| Cara C | 0,23 | 1,40 | 0,32 | 2 | 0,64 |
| Área total | | | | | 2,3 |

Autor: Fabian Mosguidt

Reemplazo de la ecuación (3):

$$Q=Kb [0,2(A) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (V)]$$

$$Q= 1,2 [0,2 (2,3 \text{ m}^2) + 0,7 \text{ kg/m}^3 (0,50\text{m} \times 1,40\text{m} \times 0,23\text{m})]$$

$$Q= 1,2 [0,46 + 0,7 \text{ kg/m}^3 (0,16 \text{ m}^3)]$$

$$Q= 1,2 (0,46 + 0,11 \text{ kg})$$

$$Q= 1,2 (0,58)$$

$$Q= 0,7 \text{ Kg//}$$

En este tablero se requiere 0,7 Kg de CO₂, pero redondeando se colocará un extintor de 1 Kg de dióxido de carbono.

Área de generadores sincrónicos de 8,50 MW

Teniendo en cuenta la importancia de los generadores, para precautelar su seguridad basándose en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literales 17.8 Detectores de incendios con sensores de energía radiante, 17.7 detectores de humo, y 17.7.3.4 techos a un agua (Edición 2013).

Para cubrir esta área que posee una superficie de 520 m² (40m x 13m) es necesario dos filas de detectores cada fila de 5 detectores de llama y detectores de humo tipo haz, en total sería 10 detectores de llama y 10 detectores de humo tipo haz, estos deberán estar ubicados sobre el techo a 91cm medidos horizontalmente del lado más elevado del techo, partir de esta primera fila se coloca la siguiente fila a 9m de distancia según las recomendaciones de la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, también se debe verificar las recomendaciones e instrucciones del fabricante para una mayor información de los dispositivos.

Además, es necesario un pulsador manual para activar la alarma y la activación del sistema contra incendios, la alarma se podrá escuchar y visualizar en la sala de control.

Como método de extinción de incendios para los generadores sincrónicos se recomienda generadores de aerosol basados en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 2010 Sistemas de extinción de incendios de aerosol fijo, literal 7.5.1 Cantidad de cálculo (Edición 2015), con este sistema se cubrirá la superficie y el interior de los generadores sincrónicos, para esto se realizará el cálculo de la cantidad de aerosol requerida para el generador sincrónico #1, por lo cual la cantidad obtenida será la misma para el generador #2 ya que ambos poseen las mismas dimensiones (ver imagen 24).



Imagen 24: Turbina Francis y generador de 8.5 MW

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Para obtener la cantidad necesaria del aerosol se realizará la ecuación 4 según la NFPA 2010.

$$M = D_a \times F_a \times V \quad \text{Ecuación 4}$$

Fuente: (NFPA2010, 2015)

Donde

M= total inundación cantidad [kg] (cantidad de aerosol a utilizar)

D_a= diseño aplicación densidad [kg/m³] (densidad del aerosol y factor de seguridad de 1.3)

F_a= factores de diseño adicionales

- $v < 500\text{m}^3 = f_a, 1.0$
- $500\text{m}^3 \leq v < 1000\text{m}^3 = f_a, 1.1$
- $v \geq 1000\text{m}^3 = f_a, 1.2$

V= el volumen (m³) (espacio a proteger)

Dimensiones del área a proteger

$$V = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{alto}$$

$$V = 5\text{m} \times 4,20\text{m} \times 3,50\text{m}$$

$$V = 73.5 \text{ m}^3 //$$

La densidad de aplicación de extinción se presenta por el fabricante del aerosol que por lo general es de 0.14 kg/m³.

$$D_a = 0.14 \text{ kg/m}^3$$

$$F_a = 1.0$$

Se reemplaza la fórmula de la ecuación 4 con los datos obtenidos

$$M= D_a \times F_a \times V$$

$$M= 0.14 \text{ kg/m}^3 \times 1.0 \times 73.5\text{m}^3$$

$$M= 10.29 \text{ kg//}$$

Con el resultado obtenido de la ecuación para el generador asincrónico #1, es necesario 10,29 kg de agente extintor por lo que se adquirirá 4 generadores de aerosol de 3000 gramos, y la misma cantidad para el generador asincrónico # 2, para cada sistema de aerosol se colocará actuadores manuales.

Como medida de apoyo es necesario extintores portátiles los cuales se seleccionarán mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, anexo C selección de extintores (edición 2013), esta área cuenta con 520m² (40m x 13m) en donde se puede ocasionar tres tipos de fuego como son, de clase A, B, y C por lo que es necesario dos potenciales extintores 4A de PQS (polvo químico seco) para riesgos leves, ya que según la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, Anexo E distribución (Edición 2013), un extintor cubre un radio de 22,9 m.

Grupo de generador de emergencia

El acceso a esta área es la más alejada para los operadores y no se cuenta con visibilidad a la misma desde la sala de control, por lo que se recomienda sistemas de detección de incendios mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literales 17.8 Detectores de incendios con sensores de energía radiante, (Edición 2013).

Tomando en cuenta que el generador de emergencia produce humo y se localiza dentro de un cuarto (ver imagen 11) por lo que al momento de su funcionamiento puede hacer que aumente la temperatura debido a esto no sería recomendable utilizar detectores de humo y detectores de calor por lo que podrían dar falsas alarmas.

Se selecciona un detector de llama este deberá estar ubicados sobre el techo, estos dispositivos cuentan con un cono de visión tridimensional de unos 90°, a ±45° alrededor del eje central, se debe apuntar el detector hacia abajo a un ángulo de 45° para que el detector tenga un rango de visión hacia abajo y hacia delante, también se debe verificar las recomendaciones e instrucciones del fabricante.

Es necesario un pulsador manual para activar la alarma y activación del sistema contra incendios, la alarma se podrá escuchar y visualizar en la sala de control.

Para la extinción de incendios en el generador de emergencia (ver imagen 25) se utilizará generadores de aerosol mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 2010 Sistemas de extinción de incendios de aerosol fijo, literal 7.5.1 Cantidad de cálculo (Edición 2015), los generadores de aerosol trabajaran por medio de inundación total cubriendo todo el cuarto con el agente extintor, para esto se realizará el cálculo de la cantidad de aerosol requerida.



Imagen 25: Generador de emergencia
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Para obtener la cantidad de aerosol necesaria se emplea la ecuación 4.

$$M = D_a \times F_a \times V \quad \text{Ecuación 4}$$

Fuente: (NFPA2010, 2015)

Donde

M= total inundación cantidad [kg] (cantidad de aerosol a utilizar)

D_a= diseño aplicación densidad [kg/m³] (densidad del aerosol y factor de seguridad de 1.3)

F_a= factores de diseño adicionales

- $v < 500\text{m}^3 = f_a, 1.0$

- $500\text{m}^3 \leq v < 1000\text{m}^3 = f_a, 1.1$
- $v \geq 1000\text{m}^3 = f_a, 1.2$

V= el volumen [m^3] (espacio a proteger)

Dimensiones del área a proteger

$$V = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{alto}$$

$$V = 5\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m}$$

$$V = 45\text{m}^3 //$$

La densidad de aplicación de extinción se presenta por el fabricante del aerosol que por lo general es de 0.14 kg/m^3 .

$$D_a = 0.14 \text{ kg/m}^3$$

$$F_a = 1.0$$

Se reemplaza la fórmula de la ecuación 4 con los datos obtenidos

$$M = D_a \times F_a \times V$$

$$M = 0.14 \text{ kg/m}^3 \times 1.0 \times 45\text{m}^3$$

$$M = 6,3 \text{ kg} //$$

El resultado obtenido de la ecuación para el grupo de generador de emergencia es de 6,3 Kg por lo tanto es necesario 4 generadores de aerosol de 2000 gramos, y es necesario un actuador maula para la activación de los aerosoles.

Como método de extinción temprana es necesario extintores portátiles realizando la selección mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, Anexo C selección de extintores (Edición 2013), en esta área se puede tipo de fuego de clase A, B, C por lo que se recomienda, un potencial extintor 4A de polvo químico seco (QPS) para riesgos leves.

Bodega de aceites

Esta área se encuentra basia es decir no se utiliza (ver imagen 25), pero por precaución se propone la implementación de detectores de humo de tipo puntual basados en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego

(NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 17.7 detectores de humo (edición 2013), para este espacio es necesario la implantación de un detector.



Imagen 26: Bodega de aceites
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Como método de extinción es necesario extintores portátiles los cuales se seleccionarán mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, anexo C selección de extintores (edición 2013), en este sitio como ya se mencionó se encuentra vacío, pero por precaución se colocará un potencial extintor 4A de polvo químico seco (QPS) para riesgos leves.

Ducto de ventilación

En esta zona se suele almacenar mangueras (ver imagen 27) por lo que es necesario la implementación de detectores de humo de tipo puntual basados en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literal 17.7 detectores de humo (Edición 2013), este sitio cuenta con un área de 105 m² (35m x 3m) por lo que se necesita 4 detectores de humo cada uno se colocará a 9 m de distancia uno del otro.



Imagen 27: Ducto de ventilación
Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

El sistema de extinción de incendios estará formado por extintores portátiles basándose en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, Anexo C selección de extintores (Edición 2013), para la selección del extintor se tomará en cuenta que existen clases de fuego tipo A por lo que es necesario dos potenciales extintores 4A de espuma para riesgos leves.

Pasillo

Para cubrir esta área (ver imagen 28) es necesario la utilización de dos extintores por lo cual se realizará la selección mediante la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 10 de Extintores portátiles, anexo C selección de extintores (Edición 2013), tomando en cuenta que estos extintores podrían ser utilizados como apoyo en cualquier área se recomienda extintores de potencial 4A de polvo químico seco (PQS) ya que este tiene la capacidad de extinguir fuegos de clase A,B y C.

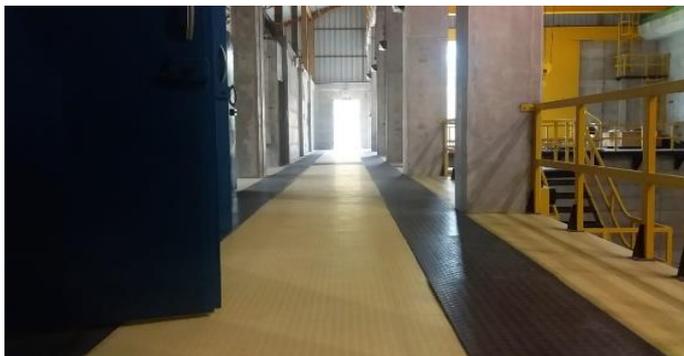


Imagen 28: Pasillo

Fuente: Central Hidroeléctrica Sibimbe

Subestación o patio de maniobras

Transformador de 69KV

La protección empleada al transformador será mediante un sistema de detección de incendios basados en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, (NFPA) 72 Código nacional de alarmas de incendio, literales 17.6 Detectores de incendios sensores de calor, (Edición 2013). Se empleará 2 detectores de temperatura regulables.

Como medio de extinción tomando como referencia la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 851 Plantas de generación hidroeléctricas, literal 7,7 (Edición 2010), recomienda la utilización de un sistema de agua pulverizada para la protección de transformadores, adicionalmente el sistema de agua pulverizada deberá tener correlación con los requerimientos que establece la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 15 de sistemas fijos de agua pulverizada (Edición 2012).

El sistema de pulverización de agua es un sistema seco, el cual constituirá de un grupo de elementos de control de flujo como válvula mariposa, filtro y válvula diluvio, un anillo hidráulico que rodea a la unidad a resguardar en este caso transformador, este anillo distribuye el agua a las boquillas que se encuentran conectadas al mismo, en las boquillas del sistema no deberá haber una presión residual inferior a 2 bar.

El caudal necesario para este sistema estará en función de la geometría del transformador, y se calcula de la siguiente manera:

- Se relaciona el transformador y sus accesorios en un prisma.
- Posteriormente se calcula el área del prisma en m^2 (sin considerar la cara inferior del prisma).
- Se multiplica el área resultante del prisma por $10,2 (L/min) /m^2$ de acuerdo con la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 15 de sistemas fijos de agua pulverizada (Edición 2012), y se obtiene el caudal requerido para proteger el transformador.

Este deberá ser un sistema tanto manual como automático, el caudal requerido para proteger al transformador debe ser el suficiente para mojar las 5 caras expuestas de un prisma que contenga al transformador, con una capacidad de descarga no inferior a $10.2 (L/min) /m^2$. A continuación, se da a conocer las dimensiones del prisma que relaciona al transformador (ver figura 11):

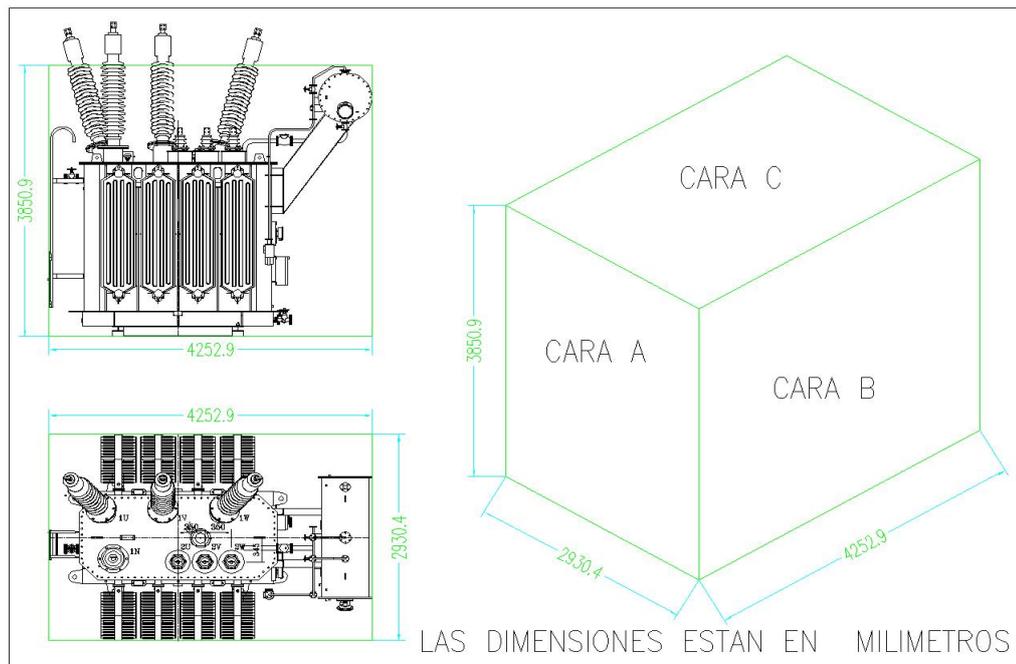


Figura 11: Geometría del prisma que representa el Transformador
Fuente: (Macías, 2016)

La tabla 30 muestra las áreas del prisma que se necesitan para realizar el cálculo requerido para obtener el caudal necesario para proteger el transformador:

Tabla 30: Dimensiones del prisma que representa el transformador

| Superficies | Lado 1 (m) | Lado 2 (m) | Área (m ²) | # de caras | Área total (m ²) |
|-------------|------------|------------|------------------------|------------|------------------------------|
| Cara A | 2,93 | 3,85 | 11,28 | 2 | 22,56 |
| Cara B | 4,25 | 3,85 | 16,36 | 2 | 32,73 |
| Cara C | 2,93 | 4,25 | 12,45 | 1 | 12,45 |
| Área total | | | | | 67,74 |

Autor: Fabian Mosguidt

Sabiendo que se necesita mojar 67,74 m² con una capacidad de descarga de 10,2 (L/min) /m² se determina el caudal mínimo requerido para que el sistema de agua pulverizada sea acorde con la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego 15 de sistemas fijos de agua pulverizada (Edición 2012), para su operación.

$$Q_{ap} = A m^2 \times 10,2 \text{ (L/min) /m}^2 \quad \text{Ecuación 5}$$

Fuente: (Bonilla, 2013)

Donde

Q_{ap} = caudal requerido

A= área total del prisma m^2

10,2 (L/min) / m^2 = densidad de descarga del agua (NFPA 15)

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación (5):

$$Q_{ap}=(67,74 m^2)\times(10,2 \frac{L}{m^2 \min})=690,93 \frac{L}{\min}$$

El caudal obtenido es de 690,93 L/min el cual debe ser descargado por medio de boquillas por lo que se debe emplear boquillas que cumplan con este requerimiento de caudal, las boquillas existentes en el mercado suelen diferenciarse por los siguientes parámetros: patrón de descarga y factor K de densidad de descarga dado en LPM/ $bar^{1/2}$ (métrico).

A continuación, se da a conocer en la Figura 12 las zonas donde no es viable ubicar ningún elemento del sistema contra incendios debido al espaciamiento eléctrico que requiere los transformadores (Ver Anexo 3) en la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego 15 de sistemas fijos de agua pulverizada (Edición 2012).

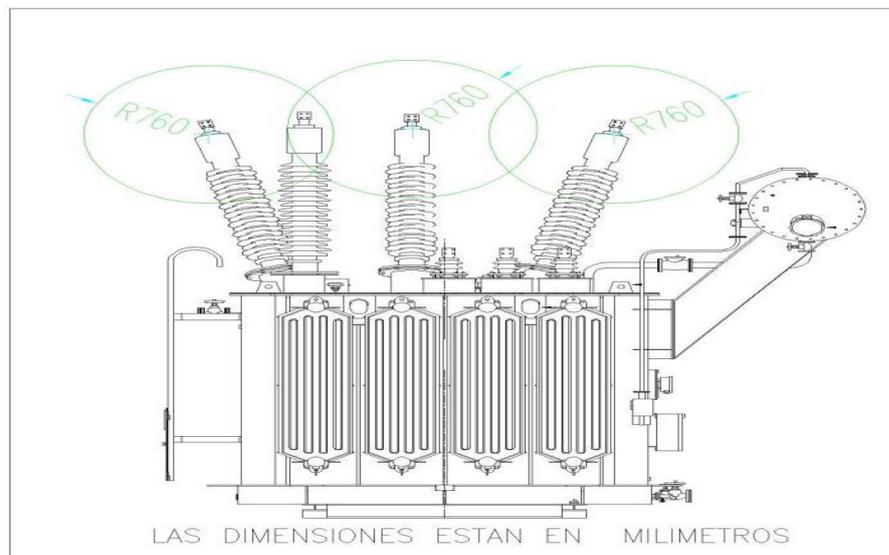


Figura 12: Restricción de elementos contra incendios

Fuente: (Macías, 2016)

El modelo de boquilla a utilizar es Viking D2 de factor K-75 métrica, su funcionamiento es con una presión mínima de 10 psi y máxima de 50 psi (ver anexo 4) por lo cual en este caso se trabajará con una presión de 30 PSI (2,07 bar), el caudal de descarga de agua de una boquilla está dado por la ecuación 6.

$$Q=k\sqrt{P} \quad \text{Ecuación 6}$$

Fuente: (Eurospray , 2010)

Donde:

Q = flujo en litros por minuto

K = constante de descarga Lpm / Bar^{1/2}

P = presión en Bar

Utilizando una presión mínima para la operación de 2,07 bar con un factor de descarga K de 75,00 LPM/bar^{1/2} y considerando que el caudal mínimo requerido para proteger el transformador es de 690,93 L/min, por lo que con el remplazo de la ecuación (6) se obtendrá el caudal expulsado por cada boquilla.

$$Q=75,00 \frac{\text{L}}{\text{bar}^{1/2}} \sqrt{2,07\text{bar}}=107,90 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Para cubrir toda el área del transformador es necesario 8 boquillas las cuales se descargarán simultáneamente por lo que se obtendrá un caudal total mediante la ecuación 7.

$$Q_{\text{total}}=Q \times (\# \text{ de boquillas}) \quad \text{Ecuación 7}$$

Fuente: (Eurospray , 2010)

Donde

Q_{total} = flujo total en litros por minuto

Q = flujo de una boquilla L/min

Remplazo de ecuación (7):

$$Q_{\text{total}}=107,90 \frac{\text{L}}{\text{min}} \times 8=863,2 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Con los cálculos obtenidos se desarrolla la tabla 31 de caudal de descarga por boquillas $K=75(m)$.

Tabla 31: Caudal de descarga de boquillas $K=75(m)$

| Factor K (métrico) | Angulo de proyección (grados) | Presión (bar) | Caudal por boquilla (L/min) | # de boquillas | Caudal total (L/min) |
|--------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|----------------|----------------------|
| 75 | 120 | 2,07 | 107,90 | 8 | 863,2 |

Autor: Fabian Mosguidt

Con la utilización de las 8 boquillas se llega al cumplimiento del caudal requerido ya que se obtiene un caudal de 863.25 L/min, el cual es mayor que 690.93L/min, los patrones de la boquilla seleccionada se muestran en la figura 13.

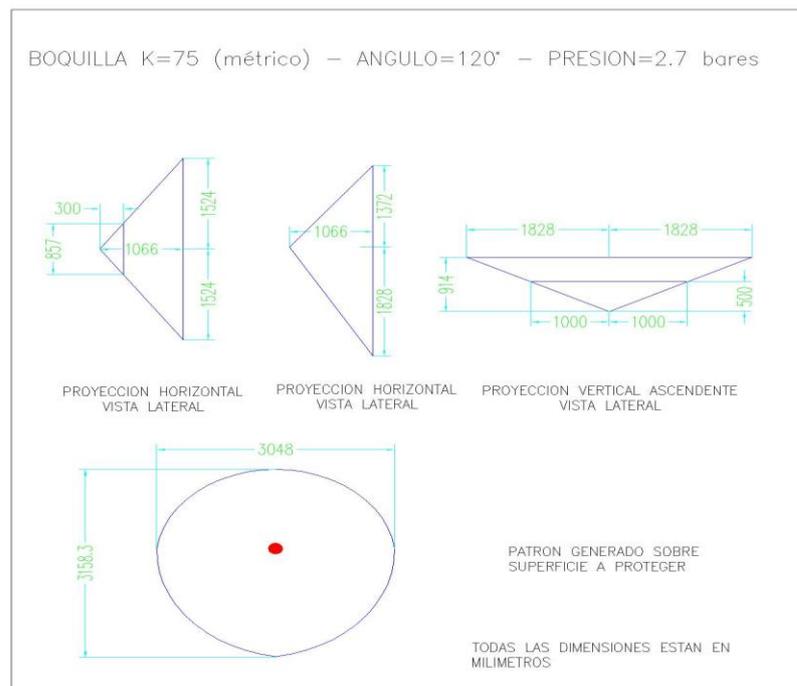


Figura 13: Patrones de descarga de boquilla de pulverización de agua a utilizar

Fuente: (Macías, 2016)

Se debe recalcar que el patrón generado sobre la superficie a proteger varía dependiendo a la distancia axial que puede poseer la boquilla, relativamente hacia la superficie a proteger (Ver Anexo 4). La ubicación de las boquillas del sistema de agua pulverizada se puede observar gráficamente (Ver Figura 14):

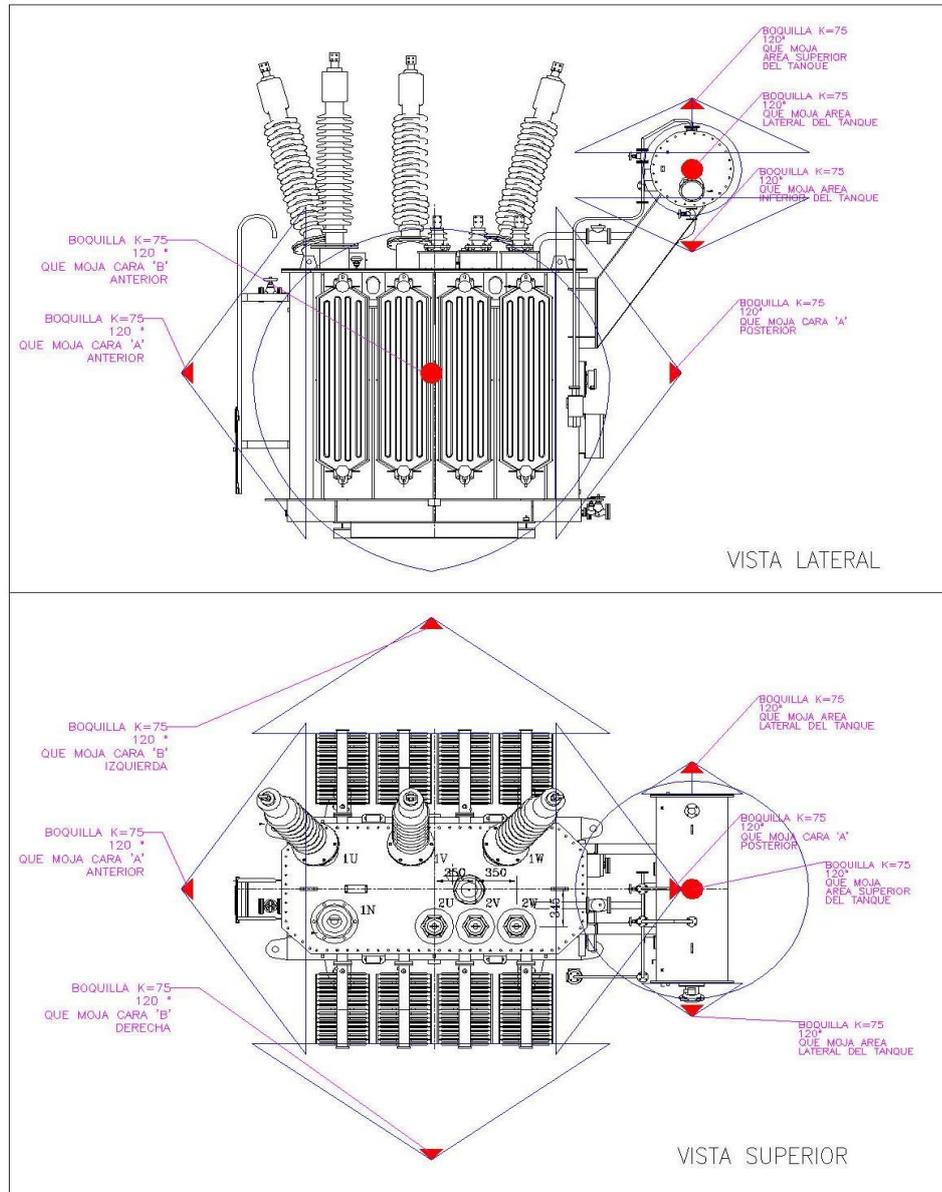


Figura 14: Distribución de boquillas de agua pulverizada

Fuente: (Macías, 2016)

Determinación de la reserva de agua: de acuerdo con la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego 15 de sistemas fijos de agua pulverizada (Edición 2012), el abastecimiento del suministro de agua del sistema contra incendios, no debe ser menor a 60 minutos, debido a esto la capacidad de reserva para incendios, que deberá estar disponible en el depósito exclusivamente para la utilización de este sistema, se aplicará la ecuación 8.

$$V_c = Q_d \times 60 \text{min}$$

Ecuación 8

Fuente: (Paz, 2017)

Donde

V= volumen de agua necesaria en la cisterna

Q_d= caudal total del requerido L/min

60min= tiempo que debe durar el reservorio de agua

Reemplazo de ecuación 8

$$V_c = Q_d \times 60\text{min}$$

$$V_c = 863,2 \frac{\text{L}}{\text{min}} \times 60\text{min}$$

$$V_c = 51792\text{L} = 51,8 \text{ m}^3$$

Con el resultado obtenido del volumen de agua para 60 minutos se dimensionará la cisterna por lo cual se propone una altura mínima de 2 m más 1m de colchón de aire para su debido mantenimiento, por lo tanto, las dimensiones quedarían de la siguiente manera:

- Largo = 5 m
- Ancho = 4 m
- Alto = 3 m

Potencia de la bomba para el sistema de agua pulverizada: para determinar la potencia del motor que ira conectado con la bomba el cual se empleara en la cisterna del suministro de agua para el sistema de agua pulverizada se empleara la ecuación 9.

$$P_{\text{teorica}} = H_B \times r \times g \times Q_T \quad \text{Ecuación 9}$$

Fuente: (Duran, 2016)

Tomando como consideración que en las operaciones se encuentran rangos de eficiencia, se debe determinar, por lo tanto, la potencia real, empleando la ecuación 10.

$$P_{\text{real}} = \frac{P_{\text{teorica}}}{(\%)} \quad \text{Ecuación 10}$$

Fuente: (Duran, 2016)

Donde

% = eficiencia (para nuestro caso la eficiencia será del 85%)

Evaluando los datos disponibles se tiene:

H_B = Altura dinámica (carga de trabajo de la bomba)

r = Densidad del agua

g = coeficiente de gravedad

Q_T = Caudal total de boquillas 863.25 L/min (228gpm) = 0,014 m³/seg

De estos datos se determinarán la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (H_B).

Altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (H_B): Para determinar este dato se emplea la ecuación 11.

$$H_B = h_{ftotal} + \left[\frac{P_2}{rg} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{rg} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right] \quad \text{Ecuación 11}$$

Fuente: (Romero, 2015)

Donde:

h_{ftotal} = pérdida de carga

P_2 = presión de la salida de la boquilla 2,07 bar (30psi)

V_2 = velocidad de flujo de agua a las boquillas

Z_2 = altura de las boquillas respecto a la bomba 1,90 m

P_1 = presión en el nivel de toma de agua de la cisterna 0,00 bar

V_1 = velocidad de flujo de agua en la cisterna 0,00 m/seg

Z_1 = altura de la toma de agua de la cisterna con respecto a la bomba 3m

R = densidad del agua 997 kg/m³

G = coeficiente de gravedad 9,8 m/seg²

Para continuar con el cálculo correspondiente, es necesario determinar previamente, la velocidad de flujo con la que se dirige el agua a la salida de las boquillas, tomando como referencia a la boquilla más alejada de la bomba (V_2) y la pérdida de carga

que se da durante el recorrido del agua por la tubería (h_{ftotal}), para la distribución del agua a las boquillas es necesario la tubería DN 50 (ver anexo 5).

Cálculo de la velocidad del flujo de agua a la salida de la boquilla más alejada de la bomba (V_2): para determinar la velocidad del flujo de agua a la salida de las boquillas se utilizará la ecuación 12:

$$Q=A \times V_2 \quad \text{Ecuación 12}$$

Fuente: (Macías, 2016)

Donde

Q = Caudal en el extremo del rociador ($0,014 \text{ m}^3/\text{s}$)

A = Sección interna de la tubería (tubería DN 50)

$$A = \frac{pD^2}{4} \quad \text{Ecuación 13}$$

Fuente: (Romero, 2015)

Reemplazo de ecuación 13

$$A = \frac{3,34 \times 2 \text{ plg}^2}{4}$$

$$A = 3.34 \text{ plg}^2$$

$$A = 0.0022 \text{ m}^2$$

V_2 = Velocidad de flujo de agua

Se reemplaza la ecuación (12)

$$V_2 = \frac{0,014 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,0022 \text{ m}^2}$$

$$V_2 = 6,4 \text{ m/seg}$$

Cálculo de pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería (h_{ftotal}):
para determinar este punto se empleará la ecuación 14:

$$h_{ftotal} = \frac{f \times L_{eq} \times v_2^2}{2 Dg}$$

Ecuación 14

Fuente: (Romero, 2015)

Donde

f = Coeficiente de fricción

L_{eq} = Longitud equivalente

D = Diámetro interior de la tubería 2 plg (0,050 m)

V_2 = Velocidad de flujo de agua de la boquilla 6,4 m/seg

G = Coeficiente de gravedad = 9,8 m/seg

Para obtener la pérdida de carga total, es necesario determinar previamente, el coeficiente de fricción de la tubería, como la longitud total de la tubería del suministro de agua para el sistema de pulverización, los cuales son datos que aún no se ande terminado por lo tanto se los realizara a continuación.

Cálculo del coeficiente de fricción: El coeficiente de fricción (f) este se determinará a partir de nomograma “Factor de fricción en función del número de Reynolds con Rugosidad Relativa como parámetro”, por lo cual es necesario conocer, el número de Reynolds (N_{RE}), como también es necesario la rugosidad absoluta ($\frac{k}{D}$) de la tubería.

Cálculo del número de Reynolds (N_{RE}): Su valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento, para determinar este cálculo se emplea la ecuación 15.

$$N_{RE} = \frac{D \times V_2 \times \rho}{\mu}$$

Ecuación 15

Fuente: (Arteaga, 2017)

Donde

D = diámetro interior de la tubería 2 plg (0,050 m)

V₂ = velocidad del agua de la boquilla 6,4 m/seg

r = Densidad del agua 997 kg/m³

m = Viscosidad del agua a 20 °C = 0,001 cp (centipoise)

Se reemplaza la ecuación (15)

$$N_{RE} = \frac{0,050m \times 6,4m/seg \times 997 \text{ kg/m}^3}{0,001cp}$$

$$N_{RE} = 319$$

Cálculo de la rugosidad relativa $\left(\frac{k}{D}\right)$ de la tubería: este se determina a partir del nomograma “Rugosidad Relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales” tomando en cuenta que, para suministrar agua a las boquillas, se empleara tuberías de acero comercial se observa:

$$\left(\frac{k}{D}\right) \cong 0,0015$$

Con los datos obtenidos para el N_{RE} y la $\left(\frac{k}{D}\right)$ se aplica el nomograma para los coeficientes de fricción, obteniendo el resultado de: f= 0,022

Para realizar el cálculo de la longitud equivalente a la tubería: está deberá estar comprendida por la distancia de la tubería de forma lineal y la longitud de los elementos que forman parte de la línea de abastecimiento de agua para lo cual se emplea la ecuación 16.

$$Leq = l + leq_{acc} \qquad \text{Ecuación 16}$$

Fuente: (Arteaga, 2017)

Donde

Leq= longitud equivalente

L= longitud de la tubería 60m

Leq.acc= longitud de accesorios se utilizará alrededor de 16 codos de 90°

Para obtener el dato de Leq.acc se realizará la siguiente calculo:

$$\text{Leq. 1 acc}=l \times D$$

$$\text{Leq. 1 acc}=60\text{m} \times 0,050=3 \text{ m/accesorios}$$

Cálculo de longitud de 16 accesorios

$$3 \text{ m/accesorios} \times 16 \text{ accesorios}= 48\text{m}$$

Con los datos obtenidos se calcula la longitud total remplazando la ecuación (16).

$$\text{Leq}=60+48=108 \text{ m}$$

Recopilando todos los datos anteriormente calculados se procede a determinar la perdida de carga total (h_{ftotal}) remplazando la ecuación (14).

$$h_{\text{ftotal}}=\frac{f \times L_{\text{eq}} \times v_2^2}{2 Dg}$$

$$h_{\text{ftotal}}=\frac{0,022 \times 108 \times 6,4^2}{2 \times 0,050 \times 9,8}$$

$$h_{\text{ftotal}}=99,3 \text{ m}$$

Con los datos anteriores, se procede a determinar la carga de trabajo de la bomba (H_B) remplazando la ecuación (11).

Datos

$$h_{\text{ftotal}}= 99,3\text{m}$$

$$P_2 = 2,07 \text{ bar} (206,84 \text{ K.m/sug}^2)$$

$$V_2 = 6,4 \text{ m/seg}$$

$$Z_2 = 1,90 \text{ m}$$

$$P_1 = 0,00 \text{ bar}$$

$$V_1 = 0,00 \text{ m/seg}$$

$$Z_1 = 3\text{m}$$

$$R = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$G = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$H_B = h_{\text{ftotal}} + \left[\frac{P_2}{r \times g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{r \times g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right]$$

$$H_B = h_{\text{ftotal}} + \frac{P_2}{r \times g} + \frac{v_2^2}{2 \times g} + z_2 - z_1$$

$$H_B = 99,3\text{m} + \left(\frac{206,84 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}^2}}{997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} \right) + \left(\frac{\left(6,4 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right)^2}{2 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} \right) + (1,90\text{m} - (-3\text{m}))$$

$$H_B = 104,6 \text{ m}$$

Calculo para la potencia de la bomba del sistema de agua pulverizada reemplazando la ecuación (9).

$$P_{\text{teorica}} = H_B \times r \times g \times Q_T$$

$$P_{\text{teorica}} = 104,6 \times 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \times 0,014 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$P_{\text{teorica}} = 14308,1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{seg}^3}$$

Potencia teórica de la bomba

Teniendo en cuenta que 1 Hp = 745 W

$$\text{Hp} = \frac{14308,1}{745} = 19,2 \text{ Hp}$$

La eficiencia de la bomba será de 85%

La potencia real de la bomba que será necesaria se obtiene reemplazando la ecuación (10) es la siguiente

$$Hp = \frac{19,2}{0,85} = 22,6$$

Con el resultado obtenido de la potencia teórica del motor se considera el inmediato superior siendo así de 23 Hp, por lo general se considera un margen de error por lo que sería considerable un motor de 25 Hp de potencia (ver anexo 6).

A continuación, se presenta un resumen de la cantidad de dispositivos de alarmas, detectores y sistemas de extinción contra incendios que son requeridos en la Central Hidroeléctrica Sibimbe (ver tabla 32).

Tabla 32: Dispositivos del sistema contra incendios

| Áreas | Alarmas | Sensores o detectores de incendios | Sistema contra incendios fijos | Extintores portátiles | Normativa empleada | |
|----------------------------------|---|--|---|--|--|--|
| Casa de maquinas | Oficina y sala de control | 1 sirena, 1 luz estroboscópica 1 PANEL BOSCH FPA-1000-V2 | 2 detectores de Humo puntual | Sistema Firetrace directo con 10kg de CO2. | 1 potencial extintor 4A de agua pulverizada clase A-C | NFPA 72 - literal 17.7 D,H y 18 A,N. NFPA - Anexo C selección de extintores |
| | Cuarto de baterías | X | 1 detector de Hidrogeno | X | 1 potencial extintor 4A de QPS clase A,B,C | NFPA 72-literal 17.10 D, gas. NFPA 10 nexo C selección de extintores |
| | Baños | X | X | X | X | X |
| | Control principal (Interruptores de potencia) | X | 1 detector de Humo puntual | Sistema Firetrace directo con 8kg de CO2. | 1 potencial extintor 4A CO2 clase B-C | NFPA 72 -literal 17.7 D,H NFPA 10 - Anexo C selección de extintores |
| | Transformador de servicios 220VAD | x | 1 detector de Humo puntual | 4 generadores de aerosol de 1,2 kg | x | NFPA 72 - literal 17.7 D,H. NFPA 2010 - literal 7.5.1 Cantidad de cálculo |
| | Bodega | X | 1 detectores de temperatura regulable | X | 1 potencial extintor 4A de PQS de clase A, B, C | NFPA 72 -literal 17.6 D.C. NFPA 10 - Anexo C selección de extintores |
| | Puente grúa | X | X | Sistema Firetrace directo con 1kg de CO2 | X | NFPA 10- Anexo C selección de extintores |
| | Área de generadores sincrónicos de 8,50 Mw | X | 10 detectores de llama y 10 detectores de humo tipo haz | 8 generadores de aerosol de 2,5 kg | 2 potenciales extintores 4A de PQS de clase A, B, C | NFPA 72 -literales 17.8 D, Energía radiante. 17.7 D,H y 17.7.3.4 techos a un agua .NFPA 2010 -literal 7.5.1 C,C. NFPA 10 Anexo C selección de extintores |
| | Grupo de generador de emergencia | X | 1 detector de llama | 4 generadores de aerosol de 1,5 kg | X | NFPA 72 literales 17.8 D, energía radiante . NFPA 2010 - literal 7.5.1 C,C. |
| | Bodega de aceites | X | 1 detector de Humo puntual | X | 1 potencial extintor 4A de PQS de clase A, B, C | NFPA 72 -literal 17.7 D,H. NFPA 10- Anexo C selección de extintores |
| Pasillo | x | x | x | 2 potenciales extintores de PQS | NFPA 10 Anexo C selección de extintores | |
| Ducto de ventilación | X | 4 detector de Humo puntual | X | 2 potenciales extintores 4A de espuma | NFPA 72 -literal 17.7 D,H. NFPA 10 - Anexo C selección de extintores | |
| Subestación o patio de maniobras | Transformador de 69Kv | X | 2 detectores de temperatura regulables | Sistema de agua pulverizada 863 L/min | X | NFPA 72 -literales 17.6 D.C. NFPA 851- literal 7,7 .NFPA 15 |

Fuente: Investigación propia

Autor: Fabian Mosguidt

A continuación, se presentan los esquemas con las distintas protecciones contra incendios como son:

Extintores manuales en casa de máquinas

En el layout presentado a continuación hace referencia a los lugares donde estarán colocados los extintores manuales (ver figura 15), con la debida descripción del tipo y capacidad de agente extintor con el que cuenta para cada área ya que por medio de un plano pueden ser identificados con mayor facilidad los lugares donde están ubicados en caso de una emergencia.

Sistemas fijos de extinción de incendios

Los sistemas fijos están ubicados en áreas donde se encuentran elementos de gran importancia y valor económico (ver figura 16), los cuales cumplen un rol importante para la generación de energía hidroeléctrica los mismos que serán protegidos con generadores de aerosol y el sistema Firetrace.

Sistema de detección y alarmas

Los sistemas de detección están situados en toda la superficie de casa de máquinas dependiendo los requerimientos de cada área, se puede encontrar el tipo de dispositivo de detección de incendios en el plano a continuación (ver figura 17), también se encuentran las alarmas acústicas y visuales, además se cuenta con pulsadores de actuación manual de los dispositivos contra incendios.

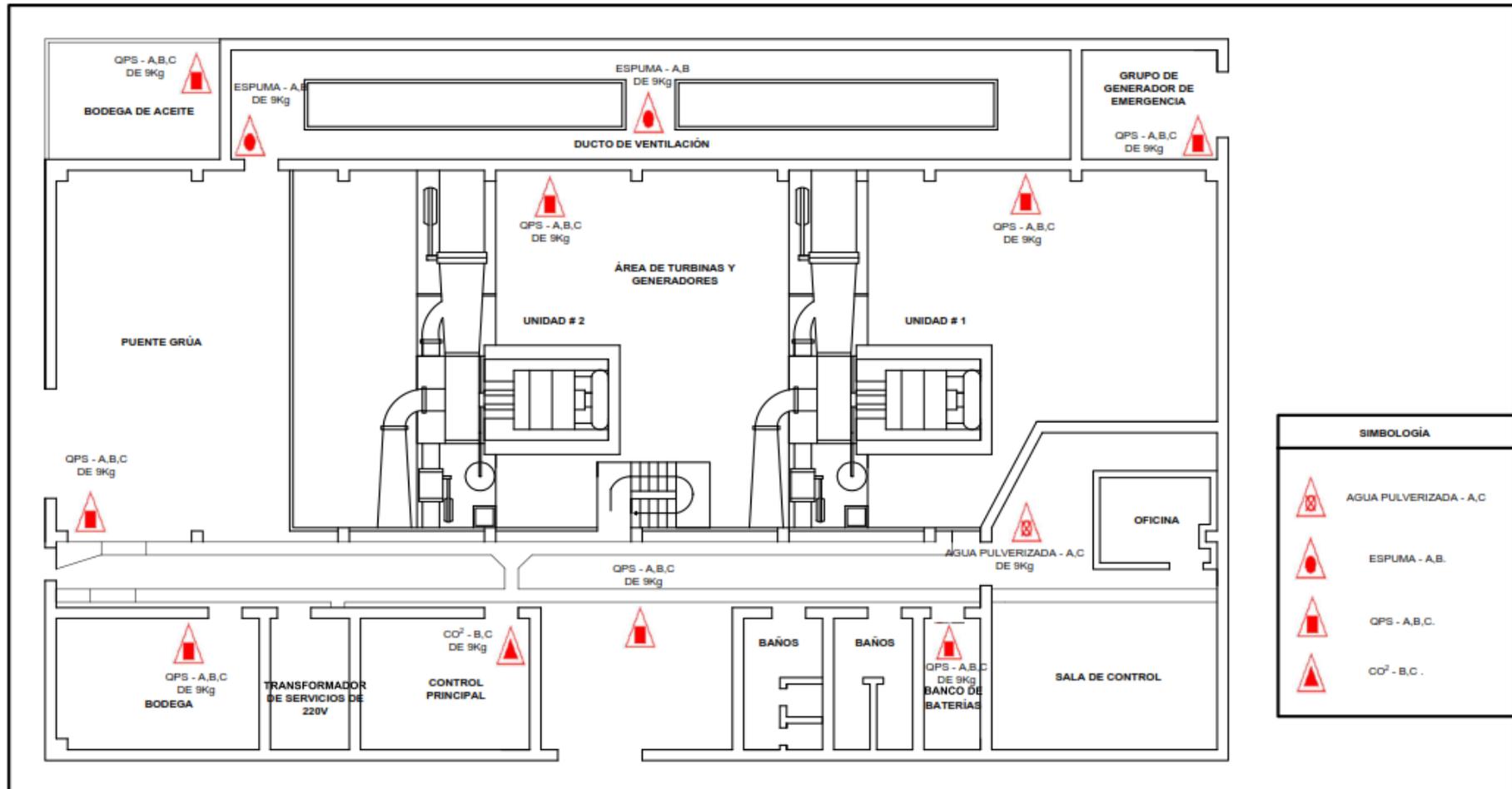


Figura 15: Extintores manuales Casa de máquinas

Autor: Fabian Mosguidt

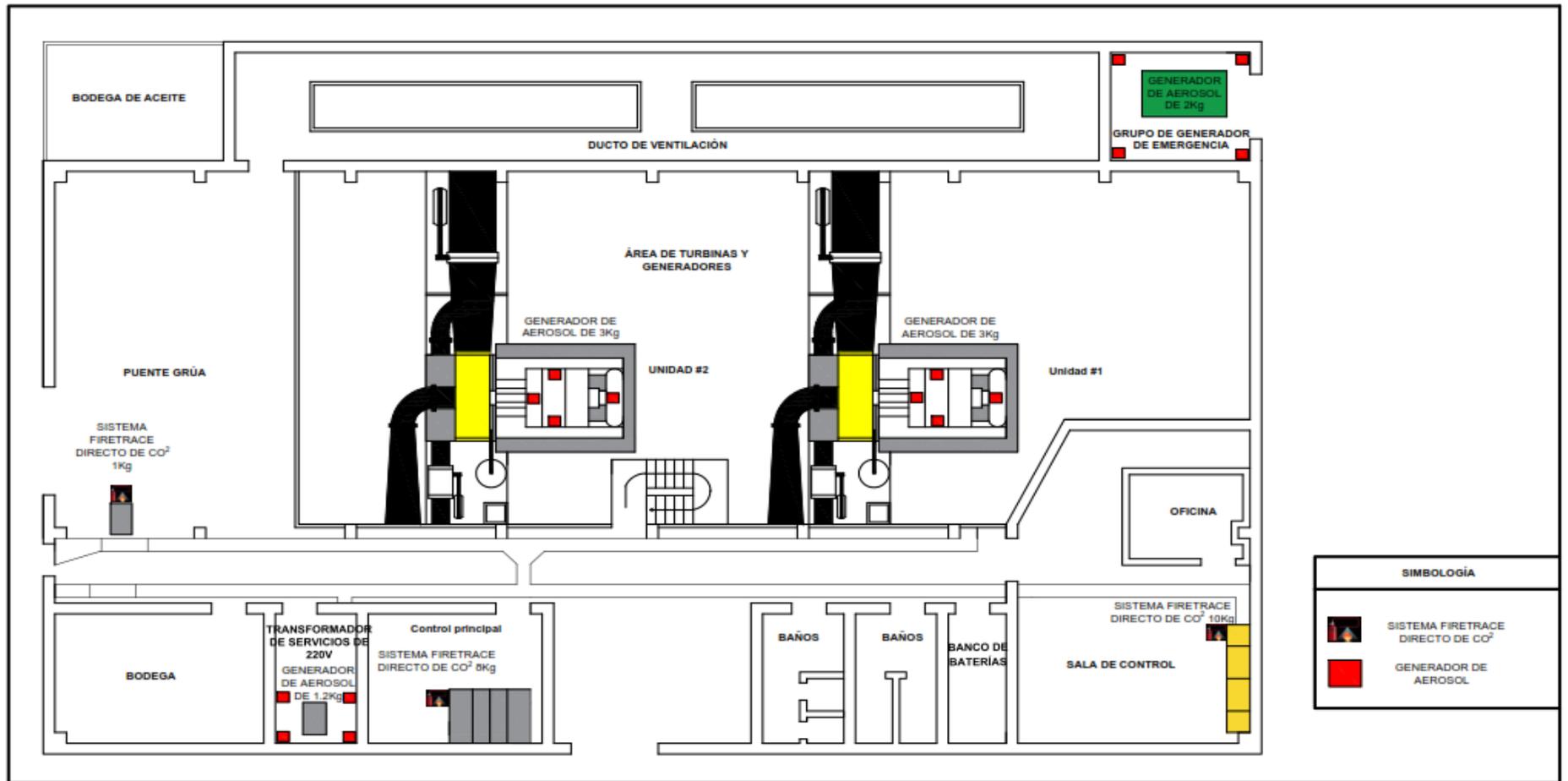


Figura 16: Sistemas fijos de extinción de Incendios
Autor: Fabian Mosquidt

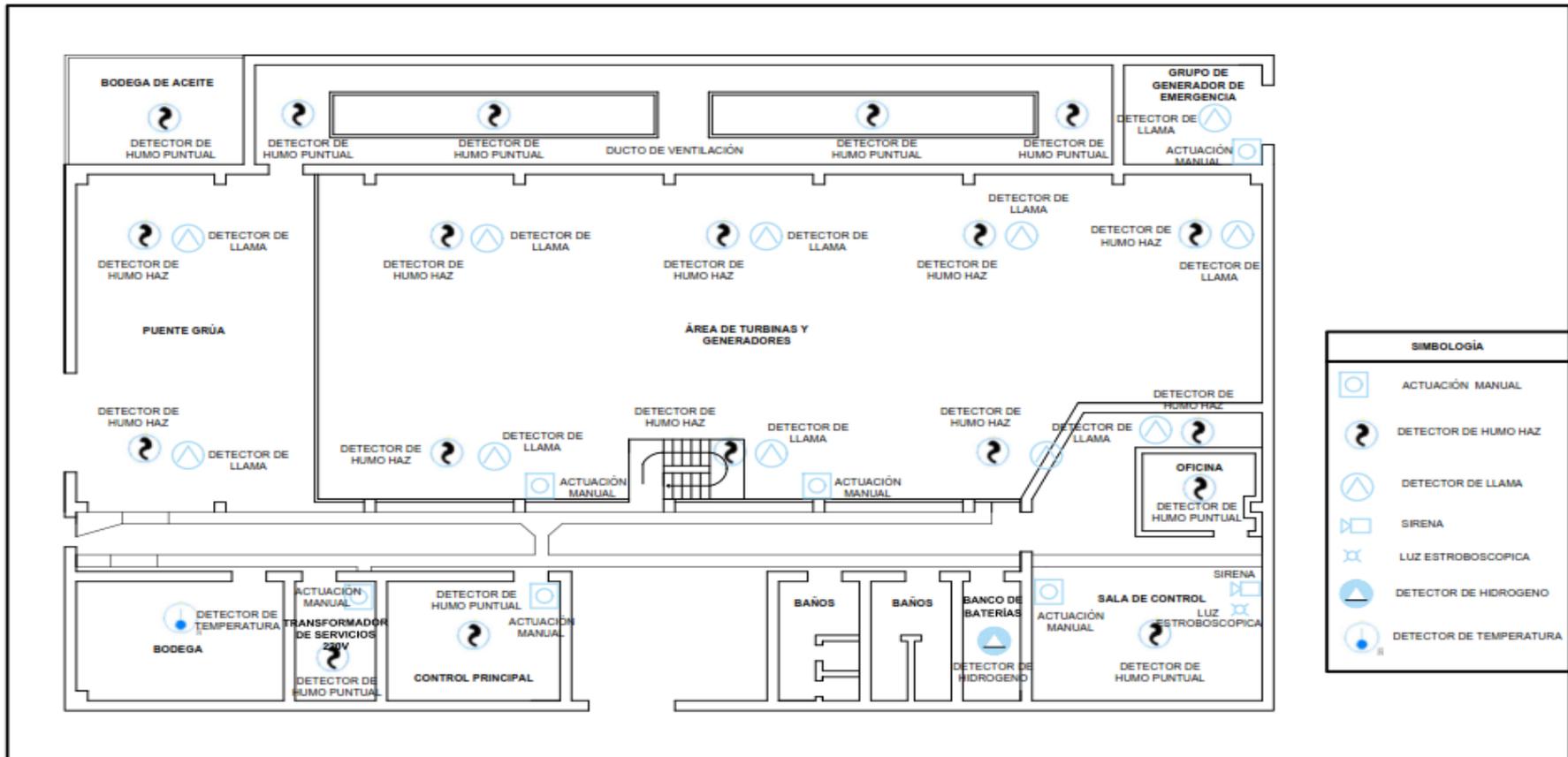


Figura 17: Sistema de detección y alarma
Autor: Fabian Mosquidt

Resultados esperados

Con el presente proyecto se pretende proteger las distintas áreas de la Central Hidroeléctrica Sibimbe, donde existe un mayor riesgo de originarse un conato de incendio el cual si se produjera este pueda ser controlado a tiempo disminuyendo así la posibilidad de que se pueda ocasionar un siniestro de mayor proporción el cual podría causar graves daños.

Para lograr una protección adecuada para cada sitio se basará en los requerimientos que impone la normativa internacional de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), este sistema estará compuesto por un panel principal de control, contara con la presencia de alarmas acústicas y visuales las cuales estarán ubicadas en la sala de control.

Como método de detección se emplea detectores de humo puntual en la sala de control, interruptores de potencia, transformador de servicios, bodega de aceites y ducto de ventilación, también se utiliza detectores de temperatura regulables en la bodega y transformador de 69 KV, los detectores de llama se emplean en la área de turbinado y generador de emergencia, la detección de gases es necesaria en el cuarto de baterías, con estos sensores se podrá monitorear la situación diaria de la central hidroeléctrica cabe recalcar que la señal de todos estos sensores llegan a la sala de control.

Como métodos de extinción se encontrarán en los tableros eléctricos sistemas Firetrace, en los generadores sincrónicos de 8.5 MW, transformador de medio voltaje y grupo de generador de emergencia se emplean generadores de aerosol y para el transformador se utilizará un sistema de agua pulverizada, también se contará con extintores portátiles en las debidas áreas.

El sistema contra incendios brindara protección y seguridad a los bienes de la empresa y al personal que labora en la misma, el sistema de alarmas permitirá conocer la ubicación exacta del siniestro, la cual se reflejara en el tablero de control todos los eventos se podrán ver reflejados en el panel, permitiendo así un breve actuar tanto del sistema de extinción, como al personal de turno para que tomen sus debidas precauciones.

Cronograma de actividades

A continuación, se presenta el cronograma de actividades (ver tabla 33) en el cual se encuentra los diferentes puntos que se fueron cumpliendo en su determinado tiempo para poder concluir con la culminación del proyecto de titulación.

Tabla 33: Cronograma de Actividades

| Cronograma de actividades | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre |
|--|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|
| Seminario Titulación | | | | | | | | | | | | |
| Elección del Tema del proyecto | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo del Capítulo 1 Introducción | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo del Capítulo 2 Ingeniería del Proyecto | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo del Capítulo 3 Propuesta y resultados esperados | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo del Capítulo 4 Conclusiones y recomendaciones | | | | | | | | | | | | |
| Tutorías | | | | | | | | | | | | |
| Anillados | | | | | | | | | | | | |
| Corrección del proyecto | | | | | | | | | | | | |
| Empastado | | | | | | | | | | | | |
| Defensa del proyecto | | | | | | | | | | | | |

Análisis de costos

En este punto se detalla todos los gastos (ver tabla 34) que se generaría en la institución del sistema contra incendios por lo tanto se presenta, el valor unitario de los materiales requeridos para su instalación y funcionamiento.

Tabla 34: Lista de materiales

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | TOTAL |
|--|----------|----------------|------------|
| SIRENA | 1 | \$13,00 | \$ 13,00 |
| LUZ ESTROBOSCÓPICA | 2 | \$18,00 | \$ 36,00 |
| PANEL BOSCH EPA 1000 V2 | 1 | \$990,00 | \$ 990,00 |
| DETECTORES DE HUMO PUNTUAL | 9 | \$12,00 | \$ 108,00 |
| DETECTORES DE HIDROGENO | 1 | \$50,00 | \$ 50,00 |
| DETECTOR DE TEMPERATURA REGULABLE | 3 | \$23,00 | \$ 69,00 |
| DETECTOR DE LLAMA IR3 S40/40I (TRIPLE INFRARROJO) | 11 | \$30,00 | \$ 330,00 |
| DETECTORES DE HUMO TIPO HAZ | 10 | \$18,00 | \$ 180,00 |
| EXTINTOR DE DIÓXIDO DE CARBONO 10KG | 1 | \$160,00 | \$ 160,00 |
| EXTINTOR DE DIÓXIDO DE CARBONO 8KG | 1 | \$ 114,00 | \$ 114,00 |
| EXTINTOR DE DIÓXIDO DE CARBONO 1KG | 1 | \$22,00 | \$ 22,00 |
| GENERADORES DE AEROSOL DE 1,2 KG | 4 | \$300,00 | \$1.200,00 |
| GENERADORES DE AEROSOL DE 3 KG | 8 | \$530,00 | \$4.240,00 |
| GENERADORES DE AEROSOL DE 2 KG | 4 | \$450 | \$1.800,00 |
| EXTINTOR DE AGUA PULVERIZADA 9KG | 1 | \$ 170,00 | \$ 170,00 |
| EXTINTOR DE QPS 9KG | 7 | \$37,00 | \$ 259,00 |
| EXTINTOR DE DIÓXIDO DE CARBONO 9KG | 1 | \$ 114,00 | \$ 114,00 |
| EXTINTORES DE ESPUMA 9KG | 2 | 100 | \$ 200,00 |
| CABLE DE INCENDIO 4X22 (METRO) | 500 | \$ 0,33 | \$ 165,00 |
| TUBO TERMO SENSIBLE AL CALOR (METRO) | 106 | \$30,00 | \$5.300,00 |
| BOQUILLAS WÁTER SPRAY K75 (MÉTRICO) | 8 | \$20,00 | \$ 160,00 |
| BRIDA DN 100 150 LB | 2 | \$15,00 | \$ 30,00 |
| BUSHING GALVANIZADO DN25XDN15 | 4 | \$ 3,00 | \$ 12,00 |
| CABLE SUCRE 3X10 (METRO) | 60 | \$ 2,37 | \$ 142,20 |
| CABLE FLEXIBLE 14 (METRO) | 100 | \$ 0,23 | \$ 23,00 |
| CODO RANURADO ASTM A536 DN100 300 LB | 10 | \$ 4,10 | \$ 41,00 |
| FILTRO EN "Y" BRIDADO DN50 300 LB | 1 | \$ 150,00 | \$ 150,00 |
| TEE CON REDUCCION ROSCADA GALVANIZADA DN50XDN40 | 8 | \$ 4,90 | \$ 39,20 |
| TUBO ASTM A53 GRADO B SCH50 DN50 GALV ASTMA123 (METRO) | 60 | \$ 3,90 | \$ 234,00 |
| UNION UNIVERSAL ROSCADA DN50 | 8 | \$15,00 | \$ 120,00 |

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | TOTAL |
|--------------------------------------|----------|----------------|--------------------|
| VÁLVULA FINAL DE LÍNEA CON MANÓMETRO | 3 | \$51,00 | \$ 153,00 |
| VALVULA CHECK RANURADA DN50 | 2 | \$43,21 | \$ 86,42 |
| VALVULA DE ALIVIO DE PRESION 300LB | 1 | \$80,00 | \$ 80,00 |
| VALVULA DESAIREADORA | 1 | \$62,00 | \$ 62,00 |
| VALVULA OS&Y BRIDADA DN50 150 LB | 1 | \$ 140,00 | \$ 140,00 |
| VALVULA REGULADORA DE PRESIÓN 300 LB | 1 | \$63,00 | \$ 63,00 |
| BOMBA ELÉCTRICA 25 HP | 1 | \$2.880,00 | \$2.880,00 |
| BOMBA (JOCKEY) | 1 | \$1.334,00 | \$1.334,00 |
| MANÓMETRO 15 BAR | 1 | \$12,00 | \$ 12,00 |
| ESTACIÓN MANUAL (PULSADORES) | 3 | \$24,00 | \$ 72,00 |
| ACCESORIOS BARIOS | | \$3.400,00 | \$3.400,00 |
| Total | | | \$24.753,82 |

Autor: Fabian Mosguidt

El costo para la implementación del sistema contra incendios para la central hidroeléctrica sería aproximadamente de \$ 24.753,82.

Relación costo beneficio de la implementación del sistema contra incendios.

Una vez determinado el costo del sistema contra incendios se realizará una comparación tomando en cuenta que los costos no deben superar los beneficios, pues si los costos superan los beneficios, significa que el sistema contra incendios es más costoso que los bienes a proteger.

Si el resultado es mayor a 1 quiere decir que el proyecto no es factible y no se debe implementar.

$$\text{Costo-Beneficio} \leq 1$$

Como beneficio se tomará en cuenta todos los bienes de la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A., por lo tanto, se determinará el valor monetario que se tomara como beneficio para el análisis correspondiente partiendo con el evaluó de la infra estructura, maquinaria, equipos eléctricos y electrónicos con un monto estimado de \$3.506.240,00.

La central genera un promedio de 80.000 MW-h al año, el precio actual del Kv-h se encuentra en 0,029 centavos de dólar, al día se está generando 220 MW-h, por lo tanto se toma como ejemplo que sucediera un conato de incendio en la central hidroeléctrica en los tableros de control de las turbinas, y este tardara un mes en ser arreglado debido a que algunos aparatos electrónicos y eléctricos no se puede encontrar dentro del país, las pérdidas diarias de producción sería de \$6.380,00 por lo que de un mes seria \$197.780,00 más los gastos de operación (sueldo de trabajadores y mantenimientos) por lo cual se realizó la consulta al Director de Operaciones de la central y manifestó que mensualmente los gastos rodea los \$100.000,00 por lo tanto se estaría perdiendo \$297.780,00.

En resumen, la implementación de un sistema contra incendios en la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A., protegerá los siguientes rubros ver tabla 35:

Tabla 35: Rubros a proteger

| Beneficios | Valor |
|--|-----------------------|
| Infra estructura, maquinaria, equipos eléctricos y electrónicos. | \$3.506.240,00 |
| Producción y operación (1 mes) | \$ 297.780,00 |
| Total | \$3.804.020,00 |

Autor: Fabian Mosguidt

Cálculo del indicador costo beneficio

Para realizar el cálculo se presenta a continuación los rubros

Costo: \$ 24.753,82

Beneficio: \$ 3'804.020,00

$$\text{costo/ beneficio} = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}}$$

$$\text{costo/ beneficio} = \frac{24.753,82}{3'804.020,00}$$

$$\text{costo/ beneficio} = 6.5 \times 10^{-3}$$

$$\text{costo/ beneficio}=0.65\%$$

Como resultado se obtiene que la implementación del sistema contra incendios es factible debido a que su costo no supera los bienes a proteger, y como respuesta de la ecuación costo beneficio se obtiene que la inversión a realizar es del 0.65% del total de los bienes a proteger.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Mediante la valoración de la situación actual de la empresa se pudo identificar las distintas funciones que cumplen cada área y su importancia dentro del proceso de generación hidroeléctrica, como también se pudo identificar el básico sistema contra incendios con el cual cuenta en su actualidad la central hidroeléctrica Sibimbe.

La valoración de los riesgos de incendios presentes en las instalaciones de la central hidroeléctrica Sibimbe por medio del método MESERI, se lo pudo realizar mediante la facilidad de accesibilidad de información y a las áreas de la central, consiguiendo así poder emplear el método y obteniendo dos resultados diferentes, uno con una puntuación de 4 el cual en la tabla de calificaciones corresponde a malo para casa de máquinas, debido a la existencia de elementos eléctricos y electrónicos los cuales pueden sufrir graves daños dentro de un conato y el otro con una puntuación de 5 correspondiente a bueno, el cual concierne a la subestación este puntaje se da debido a la fabricación robusta del transformador, pero esto no quiere decir que no pueda ocasionarse un conato.

El planteamiento de la propuesta de solución se lo realizó en base a los requerimientos de la normativa de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), como son: normativa 851 plantas de generación hidroeléctricas, 72 código nacional de alarmas de incendios, normativa 10 de extintores portátiles, normativa 2010 sistemas de extinción de incendios de aerosol fijo, normativa 15 de

sistemas fijos de agua pulverizada, y tomando en cuenta las necesidades de las áreas de la central hidroeléctrica Sibimbe.

Recomendaciones.

La central hidroeléctrica Sibimbe deberá considerar el estudio de factibilidad para la implementación del sistema contra incendios para su posterior implementación así podrá reducir la posibilidad de un conato de incendio.

El sistema contra incendios debe estar aislado del proceso productivo de la central hidroeléctrica, se debe proveer de un suministro de energía eléctrica estable e independiente para el sistema contra incendios, con el objetivo de garantizar su correcta operación y extender su vida útil.

Se recomienda la debida capacitación al personal de la central hidroeléctrica Sibimbe, acerca del funcionamiento del sistema contra incendios para que puedan actuar correctamente en el caso que se genere un siniestro.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera , José . 2012. ANÁLISIS Y EVOLUCIÓN PCI EN CENTRALES HIDROELÉCTRICAS. . Madrid : Universidad Pontificia Comillas , 2012.
- Armas, Luis. 2017. Analisis de riesgos de Incendios y mejoras. Quito : s.n., 2017.
- Arteaga, Kenya. 2017. In SlideShare. In SlideShare. [En línea] 24 de 11 de 2017. [Citado el: 13 de 6 de 2019.] <https://es.slideshare.net/kenyaarteaga1/practica2-y-3-calculo-de-numero-de-reynolds>.
- Azcúenaga, Luis. 2010. Elaboración de un plan de emergencia en la empresa. España : Fundacion confemetal, 2010. 84-96169-69-3.
- AZÚA, Javier. 2004. Agente de emergencias bombero/a del consorcio de emergencias de gran canaria. Sevilla : Editoria Mad, S.L., 2004. SE-1620-2004 (438 páginas).
- Bonehurst. 2009. Firetrace. Firetrace. [En línea] 2009. [Citado el: 19 de 4 de 2019.] <https://www.apsolucionesintegradas.com/images/firetrace/01-aplicaciones/01-supresion-de-incendios-industriales/01-limpieza-de-tanques/BROCHURE-CORPORATIVO.pdf>.
- Bonilla, Marco. 2013. Calculo de sistema de proteccion contra incendios. Quito : Ministerio de educación del Ecuador, 2013.
- Botta, Adolfo Néstor. 2011. Los agentes extintores la espuma. Argentina : Red Proteger®, 2011. 978-987-27325-1-6.
- Botta, Néstor Adolfo. 2010. Los agentes extintores el agua. Argentina : Red Proteger®, 2010. 978-987-27325-5-4.
- Carrasco, Manuel. 2016. Sistemas de detección y alarma. Barcelona : Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona, 2016.
- Casallas, Jennifer. 2013. prezi. prezi. [En línea] 2 de 11 de 2013. [Citado el: 6 de 11 de 2019.] <https://prezi.com/11kxghjkyfy5/metodo-meseri/>.
- Castillo, Rumina. 2013. scribd. [En línea] Abril de 2013. <https://es.scribd.com/doc/249279962/Metodo-meseri>.
- Cepreven. 2009. Cepreven. Cepreven. [En línea] 2009. [Citado el: 21 de 4 de 2019.] <https://www.cepreven.com/quienes-somos>.
- Cip. 2009. Cip. cip. [En línea] 2009. [Citado el: 30 de 3 de 2019.] <file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/UT3PAG9S/para-que-fuegos-son-eficaces-los-extintores-de-agua-con-aditivos.html>.

- Cortés, Daniel. 2014. Face2fire. [En línea] Marzo de 2014. <https://www.face2fire.com/riesgo-de-incendio-meseri-2/>.
- Cortés, José. 2009. Tecnicas de prevencion de riesgos laborales seguridad e higiene en el trabajo 9 edicion. Madrid : Tebar, S.L., 2009. ISBN: 978-84-7360-272-3.
- De Rosa, Juan. 2015. Infogremio portal de seguridad electronica. Infogremio portal de seguridad electronica. [En línea] 29 de 6 de 2015. [Citado el: 15 de 4 de 2019.] file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/GZKKXVUU/deteccion-de-incendios-2.html.
- Digitec. 2018. Grupo digitec. Grupo digitec. [En línea] 2018. [Citado el: 28 de 3 de 2019.] file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/MDCHP5BW/alarmas-de-incendio.html.
- DIGITEC. 2018. Grupo digitec. Grupo digitec. [En línea] 2018. [Citado el: 28 de 3 de 2019.] file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/MDCHP5BW/alarmas-de-incendio.html.
- Duran, David. 2016. In SlideShare. In SlideShare. [En línea] 8 de 2 de 2016. [Citado el: 21 de 6 de 2019.] <https://es.slideshare.net/davidleoduran/frmulas-para-determinacin-de-la-potencia-de-la-bomba>.
- Escudero, José. 2014. Logistica de almacenamiento. España : Paraninfo SA., 2014. 978-84-2832-965-1.
- Eurospray . 2010. Eurospray. Eurospray. [En línea] 12 de 5 de 2010. [Citado el: 12 de 11 de 2019.] <https://www.euspray.com/es/productos/boquillas/informacion-tecnica-la-boquilla-pulverizadora/>.
- Fernández, Florentino. 20012. Formación superior en prevención de riesgos laborales. España : Lex nova, S.A., 20012. 978-84-8406-762-7.
- FIRST , Alert. 2007. LUZ ESTROBOSCÓPICA ALIMENTADA CON CA PARA PERSONAS CON PROBLEMAS DE AUDICIÓN. Mexico : s.n., 2007. Vol. 1. M08-0188-000.
- Global. 2010. GLOBAL. GLOBAL. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de 4 de 2019.] <http://globalsamex.com/nueva/wp-content/uploads/2016/05/firetrace.pdf>.
- Gutierrez, Figuel . 2014. LinkedIn SlideShare. LinkedIn SlideShare. [En línea] 19 de 6 de 2014. [Citado el: 6 de 11 de 2019.] https://es.slideshare.net/mggutierrez/meseri-36087897?qid=f46400f0-6786-4312-b567-2f0899ac1005&v=&b=&from_search=7.
- Hidalgo e Hidalgo , Constructora. 1969. HeH constructora. HeH constructora. [En línea] 1969. [Citado el: 5 de 11 de 2019.] <http://www.heh.com.ec/index.php/heh-ecuador/quienes-somos>.

- Hidalgo, Juan. 2006. Descripción breve de funciones principales . Ventanas : s.n., 2006.
- Hidroeléctrica Sibimbe . 2006. Generación eléctrica . Ventanas : s.n., 2006.
- Hidrosibimbe. 2008. Sistema de Gestión y Operación. Ventanas : HeH, 2008.
- Jaramillo, Ana . 2012. PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LAS ESTACIONES DE SERVICIO DE COMBUSTIBLE DE LAPROVINCIA DE LOJA. Loja : UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2012.
- Jimenez, Estela. 2014. MF0075_2: Seguridad y Salud. España : Elearning, 2014. 978-84-16102-65-5.
- Macías, Alex. 2016. Diseño de un sistema contra incendios de una central hidroeléctrica de 8 mw. Guayaquil : ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 2016.
- Mapfre. 2015. Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio: MESERI. s.l. : INSTITUTO DE SEGURIDAD INTEGRAL, 2015.
- Matheu y CASANOVA. 2009. Diseño de complejos industriales. Barcelona : Universitat politècnica de Catalunya, 2009. 978-84-7653-742-8.
- Méndez, Yosti. 2013. Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización. Canada : organización internacional de códigos y normas, 2013.
- Meseri. 2014. [En línea] 2014. <http://bomberossantodomingo.gob.ec/images/docs/institucion/MESERI.pdf>.
- Miguel. 2009. Bomberos Albacete. Bomberos Albacete. [En línea] 13 de 9 de 2009. [Citado el: 30 de 3 de 2019.] <file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/RBFR6ZGL/agentes-extintores-los-hidrocarburos.html>.
- Moreno, Lenín. 2019. Arconel. Quito : s.n., 2019. 855.
- Morocho, William. 2015. LinkedIn SlideShare. LinkedIn SlideShare. [En línea] 17 de 9 de 2015. [Citado el: 6 de 11 de 2019.] <https://es.slideshare.net/williammorocho3/informe-meseri>.
- Namay, Fredy. 2013. LinkedIn SlideShare. LinkedIn SlideShare. [En línea] 2 de 10 de 2013. [Citado el: 6 de 11 de 2019.] <https://es.slideshare.net/fredynamay/meseri-26802908>.
- Navarrete. 2007. Operaciones central sibimbe . Ventanas : s.n., 2007.

- NAVARRO, Fernando. 2004. Agente de emergencias bombero/a del consorcio de emergencias de gran canaria. Sevilla : MAD, S.L., 2004. ISBN 84-665-1447-3.
- Navarro, Francisco. 2013. Revistadigital Inesem. Revistadigital Inesem. [En línea] 2 de 12 de 2013. [Citado el: 7 de 5 de 2019.] <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/clases-de-fuego-clase-d/>.
- Neira, José. 2010. Instalaciones de proteccion contra incendios. España : Fundacion confemetal, 2010. 978-84-96743-51-9.
- NFPA2010. 2015. NFPA 2010 Sistemas fijos de extinción de incendios de aerosol . Las Vegas : Asociación Nacional de Protección contra Incendios, 2015.
- Paniceres, luis. 2019. Tutorial de bomberos. Madrid : Ced S.L., 2019. 978-84-1811-345-1.
- Paz, David. 2017. Diseño y cálculo de un sistema de seguridad contra incendio para un hotel. Mexico : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2017.
- Portney, Paul. 2011. La biblioteca de economía y libertad. [En línea] 12 de 12 de 2011. <file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/YHN9CE5E/BenefitCostAnalysis.html>.
- Pozo, Hugo. 2015. Ley organica del servicio publico de energía eléctrica. [En línea] 2015. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Ley-Org%C3%A1nica-del-Servicio-P%C3%BAblico-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica-ENE2015.pdf>.
- Reinoso, Jonathan. 2017. prezi. prezi. [En línea] 22 de 5 de 2017. [Citado el: 6 de 11 de 2019.] https://prezi.com/n8buwthxx_km/meseri/.
- Rodriguez, Jose. 2010. Auxiliares de seguridad de la junta de Andalucia. España : Editorial Mad, S.L., 2010. SE-5092-2004-(186 páginas).
- Romero, Angel. 2015. Implementacion de un sistema de riego automatico en areas verdes y jardines en conjuntos habitacionales. Quito : Universidad de las americas, 2015.
- Safety, SatirNet. 2014. FORMAS DE EXTINCIÓN DEL FUEGO. [En línea] 31 de 10 de 2014. [Citado el: 9 de 11 de 2019.] <http://www.satirnet.com/satirnet/2014/10/31/formas-de-extincion-del-fuego/>.
- Salas, Nicole. 2016. Metodo simplificado de evaluacion de riesgos de incendios. s.l. : scribd, 2016.
- Sánchez, Alfredo. 2006. Central Hidroelectrica Sibimbe. Quito : s.n., 2006.

- Santaeliza, Leonardo. 2018. Issuu. Issuu. [En línea] 10 de 3 de 2018. [Citado el: 28 de 3 de 2019.] file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/XCKCMYGZ/revistainstalaciones_1eonardsanteli.html.
- . 2018. Issuu. Issuu. [En línea] 10 de 3 de 2018. [Citado el: 28 de 3 de 2019.] file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/XCKCMYGZ/revistainstalaciones_1eonardsanteli.html.
- Seguridad. 2015. Manual. Servicio de vigilancia del patrimonio histórico y artístico. Madrid : Ced, S.L., 2015. 978-84-681-8419-7.
- Sharpeye. 2012. Detectores de llama ingeniería de seguridad y tecnología. New Jersey : SharpEye, 2012.
- Tecman. 2011. Tecmanproteccion. Tecmanproteccion. [En línea] 2011. [Citado el: 28 de 5 de 2019.] <http://www.tecmanproteccion.com/PAGINA%20SOYUZ.htm>.
- Torres, Luis. 2011. Agente de emergencias bombero/a del consorcio de emergencias de gran canaria. Sevilla : Editorial Mad, S.L., 2011. SE-1620-2004 (438 páginas).
- Trávez, María. 2012. Análisis Costo/Beneficio del Sistema de Prevención de Incendios. Quito : UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, 2012.
- Villa, Alberto. 2010. Seguridad Cuatro. Seguridad Cuatro. [En línea] 27 de 3 de 2010. [Citado el: 8 de 5 de 2019.] <http://seguridadcuatro.blogspot.com/2010/03/extintores-ac-agua-vaporizada-y-resumen.html>.
- Villafuerte, Eduardo. 2017. BLOG DE PREVENCIÓN Y SISTEMAS CONTRA INCENDIOS. BLOG DE PREVENCIÓN Y SISTEMAS CONTRA INCENDIOS. [En línea] 14 de 5 de 2017. [Citado el: 27 de 3 de 2019.] file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/9UGZ4CC2/que-es-sistema-de-proteccion.html.

ANEXOS

Certificado de conformidad de la empresa.



HIDALGO e HIDALGO S. A.

DIRECCION EN QUITO
Av. Galo Plaza Lasso N51-127 y Algarrobos
Teléfonos PBX: (02)382-2720
E-mail: hidalgo@heh.com.ec

DIRECCION EN GUAYAQUIL
Km. 6½ vía a la costa
Teléfonos: (04)200-3770
E-mail: hidalgoye@heh.com.ec

Web site: www.heh.com.ec



Ventanas, 17 de Enero del 2020.

CERTIFICADO.

En calidad de Jefe Administrativo del Proyecto Central Hidroeléctrica Sibimbe tengo a bien Certificar haber asesorado esta Tesis elaborada por el estudiante : Mosguidt Ramos Fabián Andrés con cedula # 0202011714 cuyo Titulo es "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA SIBIMBE DE LA COMPAÑIA HIDALGO E HIDALGO S.A. DE LA CIUDAD DE VENTANAS DURANTE EL PERIODO 2018".

La presentación del Estudio de Factibilidad para la Implementación del Sistema Contra Incendios es de Importancia para la Central Hidroeléctrica Sibimbe en el Área de Seguridad Industrial brindando así un ambiente de trabajo más confiable.

Se expide el presente certificado para los fines que crea conveniente.

Atentamente

**Ing. Ernesto Pantoja R.
JEFE ADMINISTRATIVO
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS
HIDALGO E HIDALGO S.A.**

C.c. archivo.

Anexo 1: Espaciamiento en salas para aparatos visibles en cielorraso

Tabla 18.5.5.4.1(b) Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados sobre cielorrasos

| Tamaño máximo de la sala | | Altura máxima del lente* | | Salida lumínica mínima requerida (intensidad efectiva); una luz (cd) |
|--------------------------|-------------|--------------------------|------|--|
| En pies | En m | En pies | En m | |
| 20 × 20 | 6.1 × 6.1 | 10 | 3.0 | 15 |
| 30 × 30 | 9.1 × 9.1 | 10 | 3.0 | 30 |
| 40 × 40 | 12.2 × 12.2 | 10 | 3.0 | 60 |
| 44 × 44 | 13.4 × 13.4 | 10 | 3.0 | 75 |
| 20 × 20 | 6.1 × 6.1 | 20 | 6.1 | 30 |
| 30 × 30 | 9.1 × 9.1 | 20 | 6.1 | 45 |
| 44 × 44 | 13.4 × 13.4 | 20 | 6.1 | 75 |
| 46 × 46 | 14.0 × 14.0 | 20 | 6.1 | 80 |
| 20 × 20 | 6.1 × 6.1 | 30 | 9.1 | 55 |
| 30 × 30 | 9.1 × 9.1 | 30 | 9.1 | 75 |
| 50 × 50 | 15.2 × 15.2 | 30 | 9.1 | 95 |
| 53 × 53 | 16.2 × 16.2 | 30 | 9.1 | 110 |
| 55 × 55 | 16.8 × 16.8 | 30 | 9.1 | 115 |
| 59 × 59 | 18.0 × 18.0 | 30 | 9.1 | 135 |
| 63 × 63 | 19.2 × 19.2 | 30 | 9.1 | 150 |
| 68 × 68 | 20.7 × 20.7 | 30 | 9.1 | 177 |
| 70 × 70 | 21.3 × 21.3 | 30 | 9.1 | 185 |

Anexo 2: Kb para equipos especiales

Kb para equipos especiales

| | | |
|------------------------------|------|-----|
| Estaciones eléctricas. | 1,2 | 40% |
| Generadores eléctricos. | 2,0 | 57% |
| Imprentas de artes gráficas. | 2,25 | 61% |
| Instalaciones de pintura. | 1,2 | 40% |
| Máquinas de hilar. | 2,0 | 57% |
| Ordenadores. | 1,5 | 47% |

Anexo 3: Espaciamiento eléctrico de transformadores.

Table 6.1.2.2 Electrical Clearance from Water Spray Equipment to Live Uninsulated Electrical Components

| Nominal System Voltage (kV) | Maximum System Voltage (kV) | Design BIL (kV) | Minimum* Clearance | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|------|
| | | | in. | mm |
| To 13.8 | 14.5 | 110 | 7 | 178 |
| 23.0 | 24.3 | 150 | 10 | 254 |
| 34.5 | 36.5 | 200 | 13 | 330 |
| 46.0 | 48.3 | 250 | 17 | 432 |
| 69.0 | 72.5 | 350 | 25 | 635 |
| 115.0 | 121.0 | 550 | 42 | 1067 |
| 138.0 | 145.0 | 650 | 50 | 1270 |
| 161.0 | 169.0 | 750 | 58 | 1473 |
| 230.0 | 242.0 | 900 | 76 | 1930 |
| | | 1050 | 84 | 2134 |
| 345.0 | 362.0 | 1050 | 84 | 2134 |
| | | 1300 | 104 | 2642 |
| 500.0 | 550.0 | 1500 | 124 | 3150 |
| | | 1800 | 144 | 3658 |
| 765.0 | 800.0 | 2050 | 167 | 4242 |

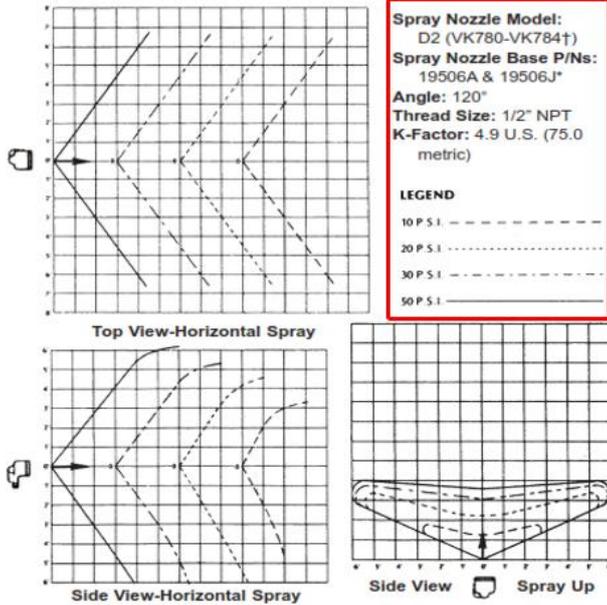
Note: BIL values are expressed as kilovolts (kV), the number being the crest value of the full wave impulse test that the electrical equipment is designed to withstand. For BIL values that are not listed in the table, clearances can be found by interpolation.

*For voltages up to 161 kV, the clearances are taken from NFPA 70, *National Electrical Code*. For voltages 230 kV and above, the clearances are taken from Table 124 of ANSI C2, *National Electrical Safety Code*.

Anexo 4: Boquilla de pulverización de agua

| | | |
|---|-----------------------|---|
|  | TECHNICAL DATA | SOLID CONE SPRAY NOZZLES - WATER DISTRIBUTION PATTERNS |
|---|-----------------------|---|

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com



Anexo 5: Diámetros de tuberías

| Tramo | Tipo | N° de BIES (funcion. simult.) | Caudal Total Simult. l/s | Diam. para Vmin (1 m/s) mm | Diam. para Vmax (3,5 m/s) mm | Diam. Adoptado | | | V m/s |
|--------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------|----|------------|----------|
| | | | | | | pulg. | DN | D int (mm) | |
| GPI-n1 | RAMAL PRINCIPAL | 2 | 3,34 | 65,21 | 34,86 | 2 | 50 | 53 | 1,514 |
| n1-B01 | DERIVACION A BIE | 1 | 1,67 | 46,11 | 24,65 | 1 1/2 | 40 | 41,8 | 1,217 |
| n1-n2 | RAMAL PRINCIPAL | 2 | 3,34 | 65,21 | 34,86 | 2 | 50 | 53 | 1,514 |
| n2-B02 | DERIVACION A BIE | 1 | 1,67 | 46,11 | 24,65 | 1 1/2 | 40 | 41,8 | 1,217 |
| n2-n3 | RAMAL PRINCIPAL | 2 | 3,34 | 65,21 | 34,86 | 2 | 50 | 53 | 1,514 |
| n3-B03 | DERIVACION A BIE | 1 | 1,67 | 46,11 | 24,65 | 1 1/2 | 40 | 41,8 | 1,217 |
| n3-n4 | RAMAL PRINCIPAL | 2 | 3,34 | 65,21 | 34,86 | 2 | 50 | 53 | 1,514 |
| n4-B04 | DERIVACION A BIE | 1 | 1,67 | 46,11 | 24,65 | 1 1/2 | 40 | 41,8 | 1,217 |
| n4-n5 | RAMAL PRINCIPAL | 2 | 3,34 | 65,21 | 34,86 | 2 | 50 | 53 | 1,514 |
| n5-n6 | DERIVACION A PLANTA | 2 | 3,34 | 65,21 | 34,86 | 2 | 50 | 53 | 1,514 |
| n6-B05 | DERIVACION A BIE | 1 | 1,67 | 46,11 | 24,65 | 1 1/2 | 40 | 41,8 | 1,217 |
| n6-B06 | DERIVACION A BIE | 1 | 1,67 | 46,11 | 24,65 | 1 1/2 | 40 | 41,8 | 1,217 |
| n5-n7 | RAMAL PRINCIPAL | 2 | 3,34 | 65,21 | 34,86 | 2 | 50 | 53 | 1,514 |

Anexo 6: Características de motores eléctricos

| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO 02 POLOS EBERLE - DELCROSA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|--------|------|----------------|--------|----------------|--------|--------|-------|-------|----------------|----|-----|---------------------|------|------|-----|-------------------------------------|------------|
| POTENCIA | | CARC | ROT | CORRIENTE 220V | | CORRIENTE 380V | | PAR | | | RENDIMIENTO EF | | | FACTOR DE POTEN COS | | | FS | GD ² kgm ² | PESO kg |
| HP | KW | IEC | RPM | In | Ia | In | Ia | Cn | Cp/Cn | Cm/Cn | 50 | 75 | 100 | 50 | 75 | 100 | | | |
| | | | | A | A | A | A | kgm | % | % | % | % | % | % | % | % | | | |
| 1/6 | 0.12 | 56a | 3300 | 0.8 | 2.6 | 0.46 | 1.5 | 0.036 | 310 | 240 | 44 | 51 | 54 | 0.55 | 0.65 | 0.74 | 1.0 | 0.0007 | 3.3 |
| 1/4 | 0.18 | 56b | 3345 | 1.0 | 4.2 | 0.60 | 2.5 | 0.053 | 280 | 280 | 44 | 54 | 60 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 1.0 | 0.0007 | 3.4 |
| 1/3 | 0.25 | 63a | 3355 | 1.2 | 6.0 | 0.70 | 3.5 | 0.070 | 300 | 245 | 56 | 62 | 65 | 0.65 | 0.62 | 0.65 | 1.0 | 0.0014 | 4.9 |
| 1/2 | 0.37 | 63b | 3370 | 1.9 | 8.0 | 1.10 | 4.6 | 0.100 | 305 | 245 | 56 | 63 | 68 | 0.51 | 0.65 | 0.78 | 1.0 | 0.0014 | 4.9 |
| 3/4 | 0.55 | 71a | 3410 | 2.6 | 14.0 | 1.50 | 8.0 | 0.160 | 270 | 250 | 64 | 67 | 67 | 0.53 | 0.70 | 0.81 | 1.0 | 0.0022 | 9.0 |
| 1.00 | 0.75 | 71b | 3420 | 3.3 | 18.0 | 1.90 | 11.0 | 0.210 | 280 | 270 | 65 | 68 | 70 | 0.54 | 0.72 | 0.81 | 1.0 | 0.0025 | 10.0 |
| 1.50 | 1.10 | 80a | 3430 | 4.6 | 30.0 | 2.70 | 17.0 | 0.310 | 280 | 270 | 68 | 73 | 80 | 0.70 | 0.77 | 0.84 | 1.0 | 0.0048 | 13.5 |
| 2.00 | 1.50 | 80b | 3430 | 5.9 | 42.0 | 3.40 | 24.0 | 0.420 | 300 | 280 | 75 | 77 | 79 | 0.70 | 0.80 | 0.84 | 1.0 | 0.0056 | 15.0 |
| 3.00 | 2.20 | 90S | 3450 | 8.5 | 65.0 | 4.90 | 37.5 | 0.620 | 310 | 300 | 74 | 77 | 78 | 0.71 | 0.82 | 0.87 | 1.0 | 0.0100 | 20.0 |
| 4.00 | 3.00 | 90L | 3460 | 11.0 | 84.0 | 6.40 | 48.0 | 0.830 | 335 | 310 | 73 | 79 | 80 | 0.74 | 0.85 | 0.80 | 1.0 | 0.0120 | 23.5 |
| 5.00 | 3.70 | 100L | 3470 | 13.4 | 116.0 | 7.70 | 66.0 | 1.030 | 300 | 300 | 80 | 81 | 83 | 0.65 | 0.79 | 0.84 | 1.0 | 0.0170 | 29.0 |
| 6.00 | 4.50 | 112Ma | 3485 | 16.5 | 119.0 | 9.50 | 69.0 | 1.200 | 300 | 285 | 78 | 80 | 80 | 0.82 | 0.89 | 0.91 | 1.0 | 0.0320 | 40.0 |
| 7.50 | 5.50 | 112M | 3460 | 21.0 | 140.0 | 12.00 | 81.0 | 1.500 | 300 | 290 | 78 | 81 | 80 | 0.81 | 0.86 | 0.88 | 1.0 | 0.0322 | 41.0 |
| 10.00 | 7.50 | 132S | 3500 | 28.0 | 203.0 | 16.20 | 117.0 | 2.100 | 310 | 300 | 82 | 83 | 83 | 0.79 | 0.85 | 0.87 | 1.0 | 0.0640 | 54.0 |
| 12.50 | 9.00 | 132Ma | 3485 | 33.0 | 247.0 | 19.10 | 143.0 | 2.600 | 300 | 270 | 84 | 85 | 84 | 0.81 | 0.86 | 0.89 | 1.0 | 0.0750 | 67.0 |
| 15.00 | 11.00 | 132M | 3500 | 40.0 | 310.0 | 23.00 | 179.0 | 3.000 | 340 | 300 | 82 | 82 | 82 | 0.78 | 0.85 | 0.87 | 1.0 | 0.0836 | 71.0 |
| 20.00 | 15.0 | 160Ma | 3530 | 53.0 | 450.0 | 31.00 | 260.0 | 4.100 | 320 | 300 | 82 | 85 | 85 | 0.68 | 0.75 | 0.88 | 1.0 | 0.0175 | 93.0 |
| 25.00 | 18.5 | 160M | 3540 | 60.0 | 500.0 | 34.00 | 290.0 | 5.000 | 300 | 280 | 86 | 87 | 87 | 0.76 | 0.85 | 0.90 | 1.0 | 0.2360 | 107.0 |
| 30.00 | 22.0 | 160L | 3540 | 71.0 | 623.0 | 41.00 | 360.0 | 6.100 | 310 | 300 | 85 | 87 | 89 | 0.80 | 0.86 | 0.92 | 1.0 | 0.3100 | 125.0 |
| 40.00 | 30.0 | 200M | 3550 | 95.0 | 720.0 | 55.00 | 416.0 | 8.100 | 330 | 310 | 87 | 88 | 89 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 1.0 | 0.6500 | 208.0 |
| 50.00 | 37.0 | 200L | 3550 | 116.0 | 970.0 | 67.00 | 560.0 | 10.100 | 340 | 315 | 89 | 90 | 90 | 0.86 | 0.90 | 0.91 | 1.0 | 0.7200 | 247.0 |
| 60.00 | 45.0 | 225S | 3545 | 147.0 | 1176.0 | 85.00 | 681.0 | 12.100 | 280 | 240 | 81 | 88 | 90 | 0.84 | 0.90 | 0.91 | 1.0 | 1.0600 | 270.0 |
| 75.00 | 55.0 | 225S/M | 3545 | 174.0 | 1420.0 | 101.00 | 822.0 | 15.200 | 320 | 305 | 86 | 89 | 89 | 0.87 | 0.91 | 0.91 | 1.0 | 1.3000 | 314.0 |
| 100.00 | 75.0 | 250S/M | 3545 | 237.0 | 1650.0 | 137.00 | 955.0 | 20.000 | 205 | 270 | 87 | 88 | 90 | 0.90 | 0.92 | 0.92 | 1.0 | 1.9500 | 420.0 |
| 125.00 | 90.0 | 280S/M | 3555 | 297.0 | 2155.0 | 172.00 | 1248.0 | 25.000 | 220 | 270 | 86 | 89 | 90 | 0.87 | 0.89 | 0.91 | 1.0 | 2.8000 | 540.0 |
| 150.00 | 110.0 | 280S/M | 3555 | 350.0 | 2280.0 | 203.00 | 1320.0 | 30.000 | 200 | 230 | 87 | 89 | 90 | 0.88 | 0.91 | 0.91 | 1.0 | 3.4000 | 576.0 |
| 175.00 | 132.0 | 315S/M | 3570 | 435.0 | 3326.0 | 252.00 | 1926.0 | 35.000 | 210 | 240 | 86 | 87 | 89 | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 1.0 | 5.1000 | 703.0 |
| 200.00 | 150.0 | 315S/M | 3570 | 477.0 | 3717.0 | 276.00 | 2094.0 | 40.000 | 205 | 230 | 86 | 89 | 90 | 0.82 | 0.87 | 0.90 | 1.0 | 6.1000 | 800.0 |
| 250.00 | 185.0 | 315S/M | 3565 | 577.0 | 4360.0 | 334.00 | 2524.0 | 50.000 | 210 | 230 | 88 | 91 | 91 | 0.88 | 0.91 | 0.91 | 1.0 | 7.1000 | 900.0 |
| 300.00 | 220.0 | 355M/L | 3570 | | | 405.00 | 2860.0 | 60.000 | 205 | 220 | 88 | 90 | 91 | 0.87 | 0.89 | 0.90 | 1.0 | 7.5000 | 1270.0 |
| 350.00 | 225.0 | 355M/L | 3570 | | | 460.00 | 3175.0 | 70.000 | 200 | 210 | 89 | 91 | 92 | 0.90 | 0.92 | 0.92 | 1.0 | 8.5000 | 1390.0 |
| 400.00 | 295.0 | 355M/L | 3570 | | | 525.00 | 3680.0 | 80.000 | 210 | 220 | 90 | 92 | 92 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 1.0 | 10.0000 | 1460.0 |
| 450.00 | 330.0 | 355M/L | 3575 | | | 585.00 | 4480.0 | 90.000 | 220 | 230 | 91 | 92 | 93 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 1.0 | 11.0000 | 1500.0 |