



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA ALAZÁN**

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

AUTOR: HENRY PATRICIO VÉLEZ SARMIENTO

TUTOR: ING. FRAN ZHOVANI REINOSO AVECILLAS, PhD.

Cuenca-Ecuador

2024

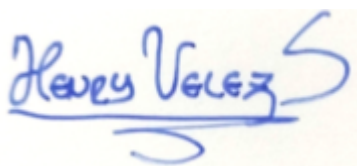
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Henry Patricio Vélez Sarmiento con documento de identificación N° 0104263843, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 31 de julio del 2024

Atentamente,



Henry Patricio Vélez Sarmiento

0104263843

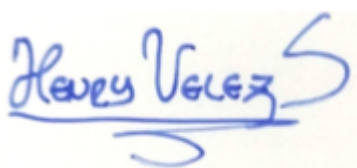
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Henry Patricio Vélez Sarmiento con documento de identificación No. 0104263843, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Propuesta de rediseño del sistema contra incendios de la Central Hidroeléctrica Alazán”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de julio del 2024

Atentamente,



Henry Patricio Vélez Sarmiento

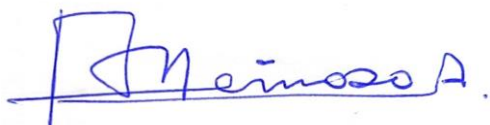
0104263843

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fran Zhovani Reinoso AVECILLAS con documento de identificación N° 0102257425, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN, realizado por Henry Patricio Vélez Sarmiento con documento de identificación N° 0104263843, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Fran Zhovani Reinoso AVECILLAS, PhD.

0102257425

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios que ha sido mi pilar a lo largo de mi carrera.

A mis padres Hernán Vélez y Rosa Sarmiento que han sido mis motivadores desde el primer día de clases y me han enseñado que la perseverancia y el sacrificio constante tienen sus resultados.

A mi amada esposa Yanisel Zayas y mi hijo José Vélez que son mi motivación diaria para seguir en adelante trabajando por mis propósitos y sueños.

A mi abuelo Luis Vélez quien ha sido mi ejemplo de toda la vida, también mis abuelos Rosa Alicia Peña, Rosa Virginia Matute, Luis Humberto Sarmiento y mi tío Luis Eduardo Vélez que ya no están presentes físicamente, pero desde el cielo junto a Dios me protegen.

Sin todos ellos nada hubiera sido posible.

Henry Patricio Vélez Sarmiento.

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial a Dios que día a día me ha dado fuerza y valor para seguir en adelante.

A mis padres, mis hermanos, mi esposa y mi hijo quienes han vivido esta etapa en los momentos buenos y difíciles y siempre han confiado en mí incondicionalmente otorgándome esa confianza para poder lograr cosas grandes.

A mi querida UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA que me ha brindado esta honrosa oportunidad de terminar mi carrera, por la paciencia y dedicación en la que me han enseñado todos los conocimientos para desarrollare como un profesional, y en especial al Ing. Fran Zhovani Reinoso AVECILLAS Ph.D. por haberme guiado y ayudado durante todo este proyecto, ya que sin su orientación nunca hubiera culminado con éxito el mismo.

A la Central Hidroeléctrica Alazán y a todo el personal de CELEC EP- HIDROAZOGUES del cual tengo el honor de ser parte todo mi agradecimiento por permitirme desarrollar este proyecto técnico para su futura implementación

A todos ustedes muchas gracias.

Henry Patricio Vélez Sarmiento.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como propósito realizar la propuesta de rediseño del sistema contra incendios para la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL), para el efecto se lleva a cabo la revisión de las tecnologías y normativa NFPA (National Fire Protection Association) aplicados a sistemas contra incendios; a continuación se determina la situación actual del sistema contra incendios de la CHAL, se realiza la propuesta de rediseño hidráulico y mecánico del sistema contra incendios y finalmente se elabora un estudio presupuestario del sistema. Los resultados del proceso de diseño muestran que se garantiza la operación estable del sistema suministrando un caudal de 423,3343 GPM @ 82,018 psi que abastecerá al sistema de diluvio que protegerá al transformador principal de 69 KV y a los tres hidrantes de boca siamesa que estarán colocados en los exteriores de casa de máquinas de la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL).

PALABRAS CLAVE: Rediseño, NFPA, incendios, caudal, diluvio, transformador.

ABSTRACT

The purpose of this research project is to carry out the redesign proposal of the fire fighting system for the Alazán Hydroelectric Power Plant (CHAL), for this purpose a review of the technologies and NFPA (National Fire Protection Association) regulations applied to fire fighting systems is carried out; then the current situation of the fire fighting system of the CHAL is determined, the hydraulic and automatic redesign proposal of the fire fighting system is carried out and finally a budget study of the system is elaborated. The results of the design process show that the stable operation of the system is guaranteed by supplying a flow of 423.3343 GPM @ 82,018 psi that will supply the deluge system that will protect the 69 KV main transformer and the three Siamese mouth hydrants that will be placed outside the powerhouse of the Alazán Hydroelectric Power Plant (CHAL).

KEY WORDS: Redesign, NFPA, fire, flow rate, deluge, transformer.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ABREVIATURAS	XIX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Justificación	4
2.3 Objetivo General	5
2.4 Objetivos Específicos	5
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Normativas para la extinción de los fuegos aplicados en el campo hidroeléctrico ...	6
3.2 Aprobaciones UL/FM	8
3.3 Sistema para la protección contra incendios en equipos de alta tensión y centrales hidroeléctricas	8
3.3.1 Tipos de exposición al fuego.....	9
3.3.2 Sistemas de extinción móviles (extintores)	9
3.3.3 Sistema contra incendios Firetrace.....	11
3.3.4 Sistemas de extinción fijo	12
3.4 Componentes de un sistema contra incendios	15

3.4.1 Tanque de reserva.....	16
3.4.2 Rociadores	18
3.4.3 Gabinete contra incendios (BIE`s)	24
3.4.4 Hidrantes y boca contra incendios	25
3.4.5 Líneas de tuberías de distribución	26
3.4.6 Accesorios	29
3.4.7 Válvulas.....	31
3.4.8 Bombas contra incendios	37
3.4.9 Detección de incendios.....	41
3.4.10 Determinación de parámetros principales para el dimensionamiento de sistemas contra incendios.....	43
4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN (CHAL)	46
4.1 Estado de la instalación del sistema contra incendios de la CHAL.....	46
4.1.1 Alcance y limitantes del sistema contra incendios de la CHAL	49
4.2 Sistemas de extinción móviles que posee actualmente la CHAL	54
4.2.1 Áreas donde existe protección contra incendios en la CHAL.....	55
4.2.2 Áreas donde existen detectores de humo, alarmas y señales contra incendios en la CHAL	57
5. REDISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN (CHAL).....	61
5.1 Tipo de investigación	61

5.2 Selección de tecnologías y normativas adecuadas para el sistema contra incendios de la CHAL.....	61
5.2.1 Protecciones contra incendios en casa de máquinas (CM).....	69
5.2.2 Protecciones contra incendios en transformador principal de 69 KV e instalaciones anexas	69
5.2.3 Ubicación de los equipos principales del sistema contra incendios de la CHAL	70
5.3 Datos de partida para el rediseño y cálculo del sistema contra incendios en transformador principal de 69 KV e instalaciones anexas.....	72
5.3.1 Caudal necesario para el abastecimiento del sistema contra incendios de la CHAL	73
5.3.2 Cálculo del abastecimiento y tanque de reserva del sistema contra incendios de la CHAL	76
5.3.3 Cálculo del caudal unitario por boquilla rociadora de descarga	83
5.3.4 Pre diseño de longitudes y diámetros de las tuberías del sistema contra incendios de la CHAL	93
5.4 Procedimiento para el cálculo hidráulico de pérdida de carga	98
5.5 Cálculo de pérdida de carga desde el punto de distribución # 1 hasta el sistema de bombeo	103
5.5.1 Resultados de cálculos de pérdida de carga y caudales.....	106
5.5.2 Análisis de las velocidades en las tuberías de distribución	107
5.6 Sistema de bombeo seleccionado.	107
5.6.1 Curva característica de la instalación	108
5.6.2 Cálculo de la potencia del sistema de bombeo.....	110

5.6.3 Cálculo del NPSHd del sistema de bombeo	111
5.6.4 Características del sistema de bombeo seleccionado	112
5.6.5 Punto de operación óptimo del sistema de bombeo	117
5.6.6 Bomba secundaria Jockey	118
5.6.7 Tableros controladores de las bombas	120
5.7 Selección de sistemas de detección de incendios (sensores térmicos)	121
5.7.1 Puntos críticos de incendio en el transformador principal de 69 KV.....	121
5.8 Selección de dispositivos de medición.....	122
5.9 Selección y ubicación de extintores móviles externos	123
5.10 Análisis de resultados del sistema de bombeo	125
6. ESTUDIO DE COSTOS UNITARIOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN (CHAL).	127
6.1 Costos unitarios de materiales y equipos empleados en el sistema contra incendios 127	
6.2 Costos de implementación del sistema contra incendios	129
6.3 Relación costo beneficio de la implementación del sistema contra incendios	131
6.4 Cálculo del indicador Costo/Beneficio	132
CONCLUSIONES.	133
RECOMENDACIONES.	138
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Normativas de sistemas contra incendios en Centrales Hidroeléctricas</i>	7
Tabla 2 <i>Tipos de rociadores según su montaje.</i>	21
Tabla 3 <i>Características técnicas de los rociadores según NFPA 13.</i>	24
Tabla 4 <i>Materiales y dimensiones de las tuberías según NFPA.</i>	29
Tabla 5 <i>Materiales y dimensiones de uniones según NFPA.</i>	30
Tabla 6 <i>Capacidades de las bombas contra incendios centrífugas según NFPA</i>	38
Tabla 7 <i>Valor C de Hazen-Williams para tuberías y tubos</i>	44
Tabla 8 <i>Índice de turbidez del agua</i>	52
Tabla 9 <i>Áreas con protección contra incendio en la CHAL</i>	55
Tabla 10 <i>Áreas con detectores contra incendio en la CHAL</i>	58
Tabla 11 <i>Tabla de riesgos de incendio por zona en la CHAL</i>	64
Tabla 12 <i>Medidas del prisma envolvente en el cuerpo del transformador principal de 69KV</i>	73
Tabla 13 <i>Medidas del prisma envolvente en el cuerpo del depósito de aceite.</i>	74
Tabla 14 <i>Volumen total del tanque de reserva.</i>	76
Tabla 15 <i>Tabla de distancias axiales según factor K, ángulo fijo y ángulo de pulverización 80°.</i>	88
Tabla 16 <i>Tabla de distancias axiales según factor K, ángulo fijo y ángulo de pulverización 110°</i>	88
Tabla 17 <i>Tabla de selección final de boquillas tipo E para el sistema contra incendios de la CHAL con factor K=25,9</i>	89
Tabla 18 <i>Requisitos de caudal de hidrantes</i>	93
Tabla 19 <i>Distancias libres desde equipos de agua pulverizada hasta componentes eléctricos energizados no aislados</i>	95
Tabla 20 <i>Longitudes equivalentes de accesorios y válvulas</i>	98
Tabla 21 <i>Resultados obtenidos de cálculo hidráulico</i>	106

Tabla 22 <i>Datos de la curva de operación del sistema.</i>	109
Tabla 23 <i>Características de los grupos de bombeo GRUNDFOS HSEF 4-10G eléctrico.</i>	114
Tabla 24 <i>Características de los grupos de bombeo GRUNDFOS HSEF 4-10G diésel.</i>	115
Tabla 25 <i>Características de la bomba Jockey AMSTRONG</i>	119
Tabla 26 <i>Ubicación de extintores móviles en los exteriores de CM</i>	124
Tabla 27 <i>Análisis del sistema de bombeo.</i>	125
Tabla 28 <i>Rubros de equipos materiales y accesorios</i>	127
Tabla 29 <i>Costo de mano de obra</i>	129
Tabla 30 <i>Tabla de beneficios de rubros a proteger</i>	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Logo de aprobación UL/FM.</i>	8
Figura 2 <i>Principales tipos de extintores usos y códigos.</i>	10
Figura 3 <i>Firetrace directo.</i>	11
Figura 4 <i>Firetrace indirecto</i>	12
Figura 5 <i>Sistema ACAF.</i>	13
Figura 6 <i>Diseño hidráulico vista en planta.</i>	14
Figura 7 <i>Transformador aplicado.</i>	14
Figura 8 <i>Transformador con sistema de agua a presión por pulverización. (Diluvio)</i>	15
Figura 9 <i>Tanque de reserva contra incendios de láminas de acero soldado.</i>	17
Figura 10 <i>Montaje de rociadores automáticos.</i>	19
Figura 11 <i>Boquilla Abierta tipo VK810 - VK817.</i>	19
Figura 12 <i>Gabinete de mangueras clase III.</i>	25
Figura 13 <i>Bocas siamesas con cajetín BIE's.</i>	26
Figura 14 <i>Hidrantes de columna húmeda</i>	26
Figura 15 <i>Tuberías típica ASTM A53 cédula 40 con extremos ranurados para la instalación de sistemas contra incendios</i>	27
Figura 16 <i>Redes de tuberías contra incendios en cuarto de bombas.</i>	28
Figura 17 <i>Accesorios ranurados para un sistema contra incendios.</i>	31
Figura 18 <i>Válvula de diluvio Vikings F1</i>	32
Figura 19 <i>Filtro en “Y” Vikings con malla filtrante FFAO.</i>	33
Figura 20 <i>Válvula de compuerta Vikings NF3352.</i>	33
Figura 21 <i>Válvulas de compuerta OS&Y ranuradas y bridadas</i>	34
Figura 22 <i>Configuración de las válvulas en el tubo distribuidor del anillo hidráulico del sistema contra incendios</i>	35
Figura 23 <i>Válvula de retención anti retorno bridada.</i>	36

Figura 24 <i>Configuración de la válvula de alivio a la salida del sistema de bombeo</i>	36
Figura 25 <i>Curva característica de una bomba contra incendios en disposición horizontal</i>	37
Figura 26 <i>Bomba principal por control eléctrico</i>	39
Figura 27 <i>Bomba horizontal con motor diésel</i>	40
Figura 28 <i>Bomba Jockey</i>	40
Figura 29 <i>Detector de humo puntual</i>	41
Figura 30 <i>Detector de energía radiante</i>	42
Figura 31 <i>Accionamiento de una válvula de diluvio por detectores de calor</i>	43
Figura 32 <i>Instalación del sistema contra incendios de la CHAL</i>	47
Figura 33 <i>Válvulas de compuerta de la instalación contra incendios</i>	48
Figura 34 <i>Filtro de la instalación contra incendios</i>	48
Figura 35 <i>Válvula reductora de presión de la instalación contra incendios</i>	49
Figura 36 <i>Tubería de abastecimiento de la instalación del Sistema Contra Incendios de la CHAL</i>	50
Figura 37 <i>Planta y detalle de la disposición de la instalación del sistema contra incendio de la CHAL</i>	51
Figura 38 <i>Hidrante de la Sub Estación Eléctrica de la CHAL</i>	51
Figura 39 <i>Extintor tipo C0_2</i>	56
Figura 40 <i>Extintor tipo PQS</i>	56
Figura 41 <i>Tablero de emergencia contra incendios</i>	59
Figura 42 <i>Detector de humo contra incendios</i>	60
Figura 43 <i>Detector de energía radiante contra incendios</i>	60
Figura 44 <i>Diagrama isométrico de la propuesta del rediseño del sistema contra incendios de la CHAL</i>	64
Figura 45 <i>Plataforma de la ubicación propuesta del tanque de reserva en la BERMA 8</i>	71
Figura 46 <i>Recorrido de tubería hasta transformador principal de 69 KV</i>	72

Figura 47 <i>Medidas generales del transformador principal de 69 KV.</i>	74
Figura 48 <i>Esquema del tanque de reserva de agua de la CHAL.</i>	78
Figura 49 <i>Detalle válvula de control de flujo MODELO J-1 VIKING de 4”</i>	80
Figura 50 <i>Esquema de válvula de flotador del tanque de reserva.</i>	81
Figura 51 <i>Disposición de la tubería colectora de la instalación contra incendios.</i>	82
Figura 52 <i>Perfil de descarga de una boquilla rociadora Tipo E</i>	87
Figura 53 <i>Serie de las boquillas VIKINGS por su ángulo de pulverización</i>	89
Figura 54 <i>Disposición y arco de cobertura de boquillas VIKINGS vista frontal.</i>	90
Figura 55 <i>Disposición y arco de cobertura de boquillas VIKINGS vista lateral.</i>	91
Figura 56 <i>Toma hidráulica siamesa de pedestal marca Potter-Roemer</i>	92
Figura 57 <i>Distribución de boquillas rociadoras en planta.</i>	94
Figura 58 <i>Disposición de la tubería de abastecimiento subterránea</i>	97
Figura 59 <i>Distribución del anillo hidráulico principal con sus tuberías y rociadores</i>	100
Figura 60 <i>Disposición de las tuberías de los ramales inferiores.</i>	101
Figura 61 <i>Disposición de las tuberías de los ramales superiores</i>	103
Figura 62 <i>Disposición de la tubería de abastecimiento al sistema contra incendios de la CHAL</i>	104
Figura 63 <i>Disposición de las tuberías en la parte alta de BERMA 8.</i>	105
Figura 64 <i>Disposición de las tuberías de sistema de bombeo y tanque de reserva.</i>	105
Figura 65 <i>Diferencia de alturas hasta la línea de descarga.</i>	109
Figura 66 <i>Presentación del grupo de presión contra incendios GRUNDFOS.</i>	113
Figura 67 <i>Bomba Jockey 4700 - VMS-01:09B.</i>	119
Figura 68 <i>Disposición de los detectores de calor en el transformador principal de 69 KV</i>	122
Figura 69 <i>Manómetro de presión en el grupo de bombeo y abastecimiento</i>	123

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 <i>Curvas de descarga nominal.</i>	84
Gráfica 2 <i>Curva de operación del sistema.</i>	110
Gráfica 3 <i>Gama de sistemas de bombeo GRUNDFOS.</i>	114
Gráfica 4 <i>Curva característica bomba HSEF 4-10G.</i>	116
Gráfica 5 <i>Punto de operación óptimo del sistema de bombeo.</i>	117
Gráfica 6 <i>Potencia del sistema de bombeo en su punto de operación óptimo.</i>	118
Gráfica 7 <i>Curva característica bomba Jockey 4700 - VMS-01:09B</i>	120

ABREVIATURAS

AC	Corriente Alterna
ACAF	Compressed Air Foam System (Sistema de Espuma con Aire Comprimido)
Caudal	Fuerza de un determinado volumen de agua
CM	Casa de Máquinas
CHAL	Central Hidroeléctrica Alazán.
DC	Corriente Continua
SIN	Sistema Nacional Interconectado
SEE	Sub Estación Eléctrica.
TC	Tanque de Carga
TP	Tubería de Presión
CM	Casa de Máquinas
VE	Válvula Esférica
NFPA	National Fire Protection Association
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
FM	Factory Mutual Approved
UL	Underwriters Laboratories
PQS	Agente Extintor por Polvo Químico Seco
CO₂	Agente Extintor por Anhídrido Carbónico

“PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN”

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación se enmarca en el ámbito de la mecánica de los fluidos y sus aplicaciones en sistemas de bombeo para el abastecimiento de agua en sistemas contra incendios. En la actualidad los sistemas contra incendio son de gran necesidad e importancia tanto en estructuras domiciliarias, industriales o en áreas abiertas en donde estén espacios verdes, en estos espacios un incendio poder ser producido por un fenómeno natural inesperado, un fallo eléctrico/térmico en un determinado proceso industrial, accidentes involuntarios o pueden ser directamente provocados. De cualquier manera, se debe estar preparado con el equipo de extinción necesario y sobre todo saber actuar con la mayor agilidad en el menor tiempo posible para evitar el mayor daño posible en los objetos, artefactos o equipos que directamente se expondrán al fuego. (Mosguidt, 2018, pág. 16)

En el caso específico de las centrales hidroeléctricas los estándares en seguridad contra incendios son muy altos, ya que en la ocurrencia de un siniestro relacionado con el fuego, se deberán de tomar decisiones inmediatas para que las personas que trabajan en el lugar puedan ser evacuadas en el menor tiempos posible, procurando proteger las instalaciones (equipos, mecanismos y sistemas de comunicación) que son fundamentales para el funcionamiento de la central hidroeléctrica en donde se está aplicando el estudio (Guachún, 2021, pág. 14)

En el presente estudio para la propuesta de rediseño de las protecciones contra incendios de la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL) se ha realizado una investigación de las normativas vigentes en sistema contra incendios de centrales hidroeléctricas, también se ha realizado un estudio en campo para determinar el estado actual de las instalaciones contra incendios que tiene la CHAL y cuáles de estas protecciones se encuentran operativas en el caso de un siniestro provocado por el fuego (CELEC EP_ Hidrozogues, 2015, pág. 322)

Tomando en consideración la información de las normativas vigentes y el estado actual de las protecciones contra incendios de la CHAL se pudo partir para la realización del cálculo hidráulico, el cual determinó las dimensiones y parámetros de selección de tuberías, válvulas, accesorios, tipo de bombas, tipo de tanque de reserva, y abastecimiento hidráulico, y finalmente se realizó un estudio de costos de implementación para analizar si el estudio es factible desde el punto de vista económico en relación al costo total de la inversión de la CHAL. (Trávez, 2012, pág. 5)

El presente documento está estructurado en cinco apartados, en el primero se plantea la problemática del sistema contra incendios de la CHAL, en el segundo se plantea un marco teórico indicando cuales son las normativas vigentes y tecnologías aplicadas en los sistemas contra incendios de centrales hidroeléctricas, en el tercero se plantea un estudio de campo indicando cual es el estado actual de la instalación contra incendio existente en la casa de máquinas de la CHAL, en el cuarto se establece la propuesta de rediseño del sistema contra incendios de la CHAL, y finalmente se presenta un apartado dedicado al estudio presupuestario del rediseño contra incendios de la CHAL.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

La generación hidroeléctrica es la mayor producción de energía que tiene el país, de la producción total de energía disponible en el Sistema Nacional Interconectado (SIN) para el consumo nacional y a las exportaciones corresponden el 89.24% a la energía hidráulica lo que representa una energía bruta producida de 24201.48 GW•h, de todas las centrales hidroeléctricas que se encuentran en sincronismo y generación. (CENACE, 2020, pág. 29)

La Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL) dispone de una unidad generadora que funciona por una Turbina Pelton de eje horizontal de capacidad máxima de potencia de 6.23MW y un caudal aprovechable de $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$, la central tiene un salto hidráulico de 204m

desde el nivel superior de tanque de carga (TC) hasta el nivel inferior de casa de máquinas (CM). (CELEC EP_ Hidrozogues, 2015, pág. 4).

Durante gran parte del año la CHAL se encuentra en período de generación comercial, donde sus sistemas principales y auxiliares se encuentran sometidos y expuestos a daños técnicos como fallas eléctricas, mecánicas, térmicas, electrónicas y de control que podrían provocar un incendio en cualquier zona de los que conforma casa de máquinas y sub-estación eléctrica (SEE).

El sistema contra incendios parte de una derivación de agua de la tubería de presión (TP) de 900mm de diámetro, desde la cual se dirige mediante una tubería galvanizada de 100mm de diámetro hasta un sistema de bombeo que está compuesto de tres válvulas reductoras de presión, seis válvulas de compuerta, acoples de codo de 90°, manómetros de presión, y un filtro limpiante manual por donde el agua se depura de los sedimentos que vienen desde la captación. La instalación del sistema contra incendios tiene una presión estática de 20,08 Bar por la diferencia de cotas que tiene entre el tanque de carga y la casa de máquinas, al entrar el fluido por una tubería de menor diámetro la presión aumenta, así como, la velocidad. Esto da como resultado mayor pérdida de fricción en la tubería principal del sistema contra incendios. Este sistema de bombeo no se encuentra operativo ante cualquier evento de incendio en la CHAL, ya que desde el sistema mencionado se derivan tres líneas hidráulicas, pero estas no tienen ningún tipo de instalación adicional, gabinetes, mangueras o accesorios que puedan extinguir algún evento de fuego tanto en CM como en SEE. (CELEC EP_ Hidrozogues, 2015, pág. 34).

Por tal motivo la CHAL se encuentra actualmente en vulnerabilidad ante cualquier siniestro o evento de fuego ya que las líneas hidrantes mencionadas no serían capaces de extinguir un posible siniestro de fuego en la parte exterior de la central en especial en sub estación eléctrica y su transformador principal de 69 KV el cual podría sufrir daños

irreversibles afectando en completo su funcionamiento; de esta problemática establecida se plantea la posibilidad de realizar el diseño y estudio del diseño hidromecánico del sistema contra incendios de CHAL que permitirá proteger la parte exterior de la central y la sub estación eléctrica.

2.2 Justificación

Debido al costo y al alto capital invertido en las fases de construcción y equipamiento de la CHAL, el sistema contra incendios en estudio es una necesidad importante y primaria para la seguridad y prevención de riesgos ante posibles incendios, basado en el plan de emergencia y contingencia, todos los sistemas auxiliares y principales de la central están expuestos y sometidos a descargas eléctricas de los motores de las bombas y servomotores. Los líquidos inflamables solventes y grasas de lubricación, son factores de riesgo importantes, así como, los cortos-circuito en tableros de control. Las altas temperaturas de operación en tuberías hidráulicas y en el bobinado del generador, durante el proceso de generación se han identificado como posibles causantes de incendios. Los fenómenos externos como descargas atmosféricas o rayos e incendios en las áreas forestales que están en el perímetro de la central, han sido tomados en consideración como peligrosos para la CHAL.

Dado los factores de riesgo identificados que pueden afectar la integridad y funcionamiento de la CHAL, se necesita realizar el estudio y rediseño del sistema contra incendios y que ayude a mantener la seguridad en todos los puntos y secciones de CM y SEE. Es importante identificar los riesgos a que está expuesto cada punto de la CHAL ya que no en todos los puntos se podrá extinguir el fuego con el aporte hídrico, existen puntos en donde los componentes son netamente eléctricos o electrónico, para estos sistemas se podrían aplicar otro tipo de tecnologías que no dañen sus componentes como extinguidores móviles sea PQS (polvo químico seco) o CO_2 .

La presente propuesta se encamina a realizar un rediseño basado en el cálculo hidráulico y el diseño mecánico, lo cual contribuirá a seleccionar los materiales y accesorios óptimos. Posteriormente todos esos parámetros establecidos, permitirán elaborar los planos de construcción y montaje de todo el sistema rediseñado.

En el rediseño se debe tener en cuenta el abastecimiento del flujo hídrico para todo el sistema, el espacio físico destinado a la construcción e implementación del tanque de reserva y del cuarto de bombas, y por último al recorrido de las nuevas líneas hidráulicas que abastecerán a todo el sistema desde su abastecimiento hasta su descarga.

2.3 Objetivo General

- Realizar la propuesta de rediseño del sistema contra incendios de la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL).

2.4 Objetivos Específicos

- Estudiar las tecnologías y normativas utilizadas en sistemas contra incendios de centrales hidroeléctricas.
- Determinar la situación actual del sistema contra incendios de la Central Hidroeléctrica Alazán CHAL.
- Realizar el rediseño hidráulico y mecánico del sistema contra incendios de la Central Hidroeléctrica Alazán CHAL.
- Realizar el estudio de costos unitarios del sistema contra incendios de la Central Hidroeléctrica Alazán CHAL.

3. MARCO TEÓRICO

A partir del siglo XVI el mundo empieza una etapa industrial en donde se crean fábricas e industrias tanto en Europa como en América, pero es principalmente en el Reino Unido y EEUU en donde se intensifica la creación de fundidoras de acero, máquinas a vapor, fábricas textiles, imprentas en donde sus instalaciones se ven vulnerables ante cualquier evento de

incendio debido a sus procesos muy riesgosos y poco seguros para la época. (Palacio, 2021, pág. 9)

Es por eso que desde el año 1896 se crea la NFPA (National Fire Protection Association) en EEUU y se crea debido a la necesidad de evitar o tomar acciones inmediatas ante cualquier siniestro de fuego ya que en el siglo XIX muchas ciudades de este país se vieron afectadas seriamente por la propagación de incendios de las industrias locales, es así que la NFPA se ha dedicado a elaborar Códigos Nacionales Contra Incendios, que están enfocados en la protección de vidas y efectos y siniestros que pueden ser devastadores para edificaciones o equipos expuestos al fuego, la NFPA sigue siendo la asesora mundial en seguridad contra incendios, para el campo eléctrico y de edificación. (NFPA JOURNAL EN ESPAÑOL, 2021).

3.1 Normativas para la extinción de los fuegos aplicados en el campo hidroeléctrico

Las tecnologías aplicadas en sistemas contra incendios para la implementación de las tecnologías de equipos, sistemas de extinción, válvulas, grupos electrógenos se debe realizar con la norma vigente NFPA (National Fire Protection Association) con la aprobación de las normativas nacionales de INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), posteriormente en el caso de la implementación se debe realizar bajo los procedimientos de NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción).

Tomando en consideración estos factores (ver Tabla 1) se presenta una clasificación de las tecnologías adecuadas de extinción de incendios según la norma de NFPA 851 capítulo 6 (National Fire Protection Association, 2010), donde se indican cuáles deben ser los parámetros para la selección de sistemas y equipos para un sistema contra incendios en una central hidroeléctrica

Tabla 1

Normativas de sistemas contra incendios aplicados a centrales hidroeléctricas

<i>Norma vigente</i>	<i>Designación</i>	<i>Campo de Aplicación</i>
NFPA 10	<i>Standard for portable fire extinguishers.</i>	Norma para extintores de incendio portátiles
NFPA 11	<i>Standard for Low, Medium, and High-Expansión Foam</i>	Norma para la expansión de espuma
NFPA 13	<i>Standard for the Installation of Sprinklers Systems.</i>	Norma para la instalación de sistemas rociadores
NFPA 14	<i>Standard for the installation of standpipe and hose systems.</i>	Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y mangueras.
NFPA 15	<i>Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection</i>	Norma para sistemas fijos de agua pulverizada para protección de incendios
NFPA 16	<i>Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems.</i>	Norma para la instalación de sistemas rociadores agua-espuma y espuma-agua pulverizada
NFPA 17	<i>Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems, 2009 edition.</i>	Norma para sistemas de extinción de químico seco.
NFPA 20	<i>Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection, 2010 edition.</i>	Norma para la instalación de bombas estacionarias para protección contra incendios
NFPA 22	<i>Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.</i>	Norma para tanques de agua para protección privada contra incendios
NFPA 72	<i>National Fire Alarm and Signaling Code.</i>	Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización
NFPA 750	<i>Standard on Water Mist Fire Protection Systems.</i>	Norma sobre sistemas de protección contra incendios de neblinas de agua
NFPA 2001	<i>Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems</i>	Norma sobre sistemas de extinción de agentes limpios.

Nota. Tomado de (NFPA, 2010, págs. 7-10)

3.2 Aprobaciones UL/FM

Los componentes que conforman un sistema contra incendios tales como bombas, rociadores, tuberías, extintores fijos, accesorios y válvulas están sometidos a estrictas pruebas bajo los estándares de FM (Factory Mutual Approved) y UL (Underwriters Laboratories). Todos estos requerimientos de aprobación y listado son obligados por NFPA, antes de considerar su diseño y su montaje, es por ellos que todas las casas fabricantes que comercializan los equipos contra incendios cumplen rigurosamente estos requerimientos (ver Figura 1) para que sus productos puedan tener la aprobación de NFPA vigente. (Arguello, 2021).

Figura 1

Logo de aprobación UL/FM.



Nota. Tomado de (Arguello, 2021)

3.3 Sistema para la protección contra incendios en equipos de alta tensión y centrales hidroeléctricas

Existen una variedad de agentes extintores y sistemas de extinción dependiendo de cuál sea el elemento o el ambiente en donde se va a extinguir un posible incendio. El agente extintor más común que se puede implementar para extinguir el fuego es el agua, sin embargo, este no sería el más adecuado en muchas otras situaciones en donde los componentes del elemento a ser protegido se dañarían al contacto con el agua en especial elementos que tengas componentes eléctricos y electrónicos, para esos casos existen agentes extintores tales como: Halógenos, PQR, CO₂, y espumas. (Guachún, 2021, págs. 4-7)

De igual manera se debe considerar si el sistema de extinción será móvil o fijo, ya que un sistemas móvil como un extintor manual debería ser manipulado por una persona en el

tiempo necesario para poder extinguir un incendio; mientras tanto un sistema de extinción fija es un sistema en donde puede existir un sistema automatizado que a la señal de un incendio podría activar una secuencia hidráulica mediante un sistema de bombeo y unos rociadores automáticos que descargarían el fluido para la extinción del fuego. (Guachún, 2021, págs. 8-9)

También es importante tener un sistema de detección contra incendios ya que este nos mandará señales de emergencia en el caso de haber un incendio, de igual manera puede ayudar en el pre-accionamiento de un sistema automatizado de extinción contra incendios.

3.3.1 Tipos de exposición al fuego

Según Escobar (2021), dentro de la exposición al fuego en todas las centrales hidroeléctricas están los siguientes tipos de fuego (págs. 31-32):

FUEGO CLASE A: fuego que se produce por la combustión de materiales fáciles de consumirse ante el fuego como madera, cartón, papel, plásticos o materiales textiles.

FUEGO CLASE B: fuego que se produce por la combustión de líquidos solventes y fácilmente inflamables como petróleo, gasolina, diésel, pinturas, grasas lubricantes.

FUEGO CLASE C: fuego que se produce específicamente en equipos eléctricos y de alta tensión que están energizados como paneles y tableros eléctricos, o equipos de sub-estaciones eléctricas.

FUEGO CLASE D: fuegos que se producen en aleaciones de metales, livianos como el aluminio o manganeso o níquel, esto materiales están presentes en la mayoría de placas o tarjetas electrónicas de circuitos integrados.

3.3.2 Sistemas de extinción móviles (extintores)

Con base en los procedimientos de (INEN, 2009, pág. 4) se pueden clasificar los tipos de extintores móviles (ver figura 2) como:

- Extintores de agua
- Extintores de espuma

- Extintores de polvo seco (PQS)
- Extintores de anhídrido carbónico (CO_2)

De los tipos indicados los extintores de (PQS) y los extintores de anhídrido carbónico (CO_2) son los más utilizados en el campo hidroeléctrico; según INEN (2009) indica que en la clasificación de los incendios los sistemas de extinción tipo (PQS) ayudarán a la extinción de los fuegos tipo A, B, y C y los sistemas de extinción (CO_2) ayudarán con la extinción de fuego de fuegos tipo B y C (pág. 5)

La diferenciación de uso de los dos sistemas de extinción de fuegos está en que para el sofocamiento de incendios en donde se involucran equipos energizados, lo recomendable es utilizar el sistema de extinción de (CO_2), que son adecuados para los fuegos eléctricos porque elimina el oxígeno y, además, no dañan los equipos o placas electrónicas de los sistemas.

Los sistemas de extinción (PQS) llevan entre otros ingredientes, bicarbonato sódico, que sofoca el fuego y crea una película pegajosa que impide la combustión, es recomendable utilizar este tipo de sistema de extinción si en la planta hubiera un incendio provocado por derramamiento de aceite, sintético, pintura, grasas o inflamables.

Figura 2

Principales tipos de extintores usos y códigos



Nota. Tomado de (GRUPO ADTEL, 2023)

La implementación de estos equipos móviles está de acuerdo a NFPA 10 “**Norma para extintores de incendio portátiles**” (NFPA, 2018a)

3.3.3 Sistema contra incendios Firetrace

El sistema contra incendios Firetrace es un sistema de extinción mediante agente gaseoso que se caracteriza por atacar el fuego en el lugar exacto donde se inició, es ideal para proteger espacios reducidos y otras instalaciones de difícil acceso donde otros sistemas de detección y extinción no ofrecen la misma efectividad para actuar ante un incendio (Mosguidt, 2018).

Actuación directa: La botella inicia un tubo sensor flexible (ver Figura 3) hecho en polímero, el tubo se encuentra presurizado en su interior (de 10 -18 bar) el tubo cumple la función de detección de calor y a su vez descarga el agente extintor; se comercializa con la denominación Firetrace (Mosguidt, 2018, pág. 57)

Figura 3

Firetrace directo



Nota. Tomado de (Mosguidt, 2018, pág. 57)

Actuación indirecta: Con el sistema de descarga indirecta, (ver Figura 4) el tubo detector Firetrace se utiliza solo como un dispositivo de detección. Mediante una tubería de preferencia de acero inoxidable o una manguera hidráulica, se realiza la descarga del agente extintor. Cuando se rompe el tubo detector, el agente extintor suele descargarse por boquillas localizadas dentro del perímetro protegido. (Mosguidt, 2018, pág. 58).

Figura 4*Firetrace indirecto*

Nota. Tomado de (Mosguidt, 2018, pág. 58)

3.3.4 Sistemas de extinción fijo

Las instalaciones fijas de sistemas de extinción de fuegos o también conocidas como sistemas contra incendios son utilizadas generalmente para sistemas en donde se va a utilizar una fuente hídrica, una instalación combinada (agua-espuma) o una instalación centralizada de (CO_2).

Estos sistemas han sido implementados en su mayor parte en los patios de maniobras de las Sub-Estaciones Eléctricas (SEE) donde los equipos y en especial el transformador principal, están expuestos a diversos eventos de fuego como calentamiento en su sistema óleo-hidráulico o la exposición a descargas atmosféricas que podrían causar incendios.

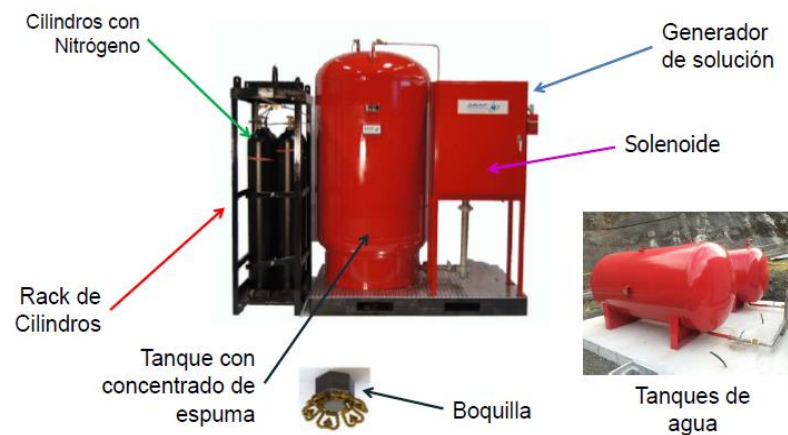
De igual manera se utilizan instalaciones fijas de (CO_2) en instalaciones cerradas como en los cuartos de control de los generadores de las turbinas de eje vertical en donde existen equipos eléctricos y electrónicos que no se puede utilizar agua a presión para eliminar un posible incendio.

Según Esh (2021), que ha realizado el diseño de sistema contra incendios de algunas SEE en diferentes centrales hidroeléctricas sugiere utilizar el sistema ACAF (COMPRESSED AIR FAOM SYSTEM) que se trata de un sistema agua-espuma (ver Figura 5).

Este sistema de extinción está compuesto por dos tanques de suministro de agua, treinta tanques de suministros de nitrógeno y un tanque de suministro de concentrado de espuma, este procedimiento está bajo la normativa NFPA 11. (Esh, 2021, pág. 5).

Figura 5

Sistema ACAF

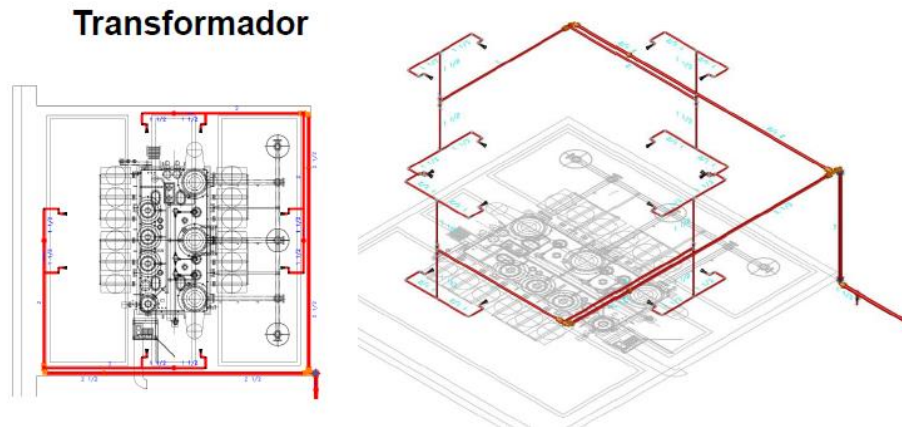


Nota. Tomado de (Esh, 2021, pág. 9)

En otras centrales y particularmente en sus SEE se utilizan el aporte único de agua a presión, según NFPA (2017) que sugiere utilizar los procedimientos de la normativa vigente **NFPA 15, norma para sistemas fijos de protección contra incendios de agua pulverizada**, donde se indican todos los parámetros hidráulicos (presión, caudal, tipo de tubería, tipo de boquilla) que necesita específicamente el sistema dependiendo del tipo de transformador que se vaya a implementar. Se puede observar cómo está instalada la red hidráulica de las tuberías alrededor del transformador (ver Figuras 6 y 7). De igual manera se puede ver el sistema bomba-motor, que permite la conducción del fluido hídrico desde el reservorio hasta el sistema de tuberías.

Figura 6

Diseño hidráulico vista en planta



Nota. Tomado de (Esh, 2021, pág. 16)

Figura 7

Transformador aplicado



Nota. Tomado de (Esh, 2021, pág. 17)

En el caso particular de las SEE de las centrales hidroeléctricas se podrá realizar el análisis y estudio de si es factible aplicar el sistema de aporte hídrico por diferencia de alturas ya que se puede utilizar el caudal y la presión que viene desde su TP, la normativa 15 de NFPA sugiere que la presión mínima para la implementación de este sistema sea de 1 Bar. (NFPA, 2017, pág. 16)

Una de las principales razones para la implementación de sistemas contra incendios en transformadores (ver Figura 8) es para proteger al equipo ante algún posible fallo en su sistema de enfriamiento de recirculación de aceite, según Jiménez (2021, pág. 66) el transformador es una máquina que apenas necesita mantenimiento, los aceites minerales con el paso de tiempo se oxidan y pierden sus cualidades electrotécnicas y sufre estas alteraciones debido a la temperatura, al contacto con la humedad, y al contacto con el oxígeno del aire.

La principal ventaja de los transformadores de aceite es que tienen una mayor resistencia a las sobretensiones y sobrecargas, por otra parte, la mayor desventaja justamente es cuando pierde sus propiedades electrotécnicas, entonces allí tienen un alto porcentaje de ser expuestos a un incendio. Como recomendación, se deben de revisar periódicamente en los mantenimientos preventivos del transformador, la calidad y estado del aceite en el sistema de enfriamiento.

Figura 8

Transformador con sistema de agua a presión por pulverización. (Diluvio)



Nota. Tomado de (AM GROUP, 2023).

3.4 Componentes de un sistema contra incendios

La gama de diseños de los sistemas contra incendios es muy amplia, sin embargo, entre los sistemas más utilizados y comunes están los sistemas hidráulicos, estos sistemas son los más rentables en el campo hidroeléctrico, ya que, se pueden utilizar como recurso de

abastecimiento el agua que ingresa a generación, o a su vez el aprovechamiento del agua turbinada, estos esta conformados por:

- Tanque de reserva
- Rociadores o boquillas
- Gabinetes de incendio (BIE`s)
- Hidrantes
- Líneas de tuberías de distribución
- Accesorios
- Válvulas
- Sistema de bombeo (Bombas del sistema contra incendio)

3.4.1 Tanque de reserva

Para la implementación del diseño de un tanque para un sistema contra incendios se deben de considerar muchos aspectos, tanto en base a la norma vigente que es NFPA 22, como a las condiciones físicas y espacio que debe tener el lugar en donde se vaya a implementar el tanque de reserva, según la clasificación de NFPA 22 literal 4.1. (NFPA, 2018b, pág. 10). Un aspecto importante que considera la norma es que la capacidad y dimensiones del tanque de carga se deben considerar por el flujo y duración de incendio requerido para el sistema de protección contra incendios conectados y las presiones requeridas (ver Figura 9)

De la altura del tanque de reserva la altura útil se considera desde la tubería de rebose hasta la placa de anti-vórtice según los especificado por NFPA 22 literal 4.1.4, este aspecto es importante en el momento de dimensionar el tanque de reserva para considerar la capacidad útil. (NFPA, 2018b, págs. 11-12)

Según NFPA 22 literal 4.3.1 la ubicación de los tanques debe ser tal, que el tanque y la estructura estén protegidos contra la exposición al fuego, tomando en consideración que el tanque podría estar cercano a la zona de exposición al fuego. (NFPA, 2018b, pág. 12).

Figura 9

Tanque de reserva contra incendios de láminas de acero soldado



Nota. Tomado de (INCISAN, 2022).

Estos depósitos de agua (cisternas), deben de cumplir con las siguientes características para que sean aceptados como suministros de agua para un sistema contra incendios:

- Suministro principal de alimentación
- Agua a presión de la red estatal
- Tanque por gravedad
- Reservorio de almacenamiento con una o varias bombas.

Para el tanque de reserva que se vaya implementar en el sistema contra incendio, es importante definir cuál es el diámetro y la longitud de la tubería la cual va a ser abastecido el tanque de reserva desde los tanques de purificación, las válvulas de control que se ubicarán en el sistema y también las características de la placa anti-vórtice que va para descargar el fluido al sistema de bombeo.

Según NFPA 22 literal 14 indica los parámetros técnicos para la selección de los accesorios mencionados, sus características son las siguientes (NFPA, 2018b, págs. 36-42):

- Placa anti vórtice

- Tubería de succión
- Tubería de limpieza
- Tubería de alimentación
- Tubería de rebose

3.4.2 Rociadores

Los rociadores o boquillas rociadoras son los accesorios de descarga automática de un sistema contra incendios, es un aplicador de agua con un tapón termo sensible que está diseñado para destruirse a temperaturas predeterminadas, provocando en forma automática la liberación de un potente chorro de agua pulverizada, que puede extinguir el fuego justo en la zona donde éste se ha iniciado y evitar su propagación. (Pérez, 2016, pág. 40)

Los sistemas de rociadores automáticos (ver Figura 10) son el método más eficiente existente en la actualidad para evitar la propagación de los incendios y salvar vidas humanas, de igual manera existen boquillas rociadoras (ver Figura 11) que tienen una pre acción por un sistema de detección que activa una válvula como la de la pulverización o la de diluvio. Existen varios tipos de sistemas de rociadores automáticos está de acuerdo con los parámetros de NFPA 13 y NFPA 15 (NFPA, 2019, pág. 76); (NFPA, 2017, pág. 10)

Figura 10

Montaje de rociadores automáticos



Nota. Tomado de (Cottes, 2021).

Figura 11

Boquilla Abierta tipo VK810 - VK817



Nota. Tomado de (VIKING, 2013).

La clasificación de los tipos de rociadores según su montaje y funcionamiento hidráulico está de acuerdo con NFPA 13 literal 7.2 (NFPA, 2019, pág. 56). Las características de un rociador (ver Tabla 2) son las siguientes:

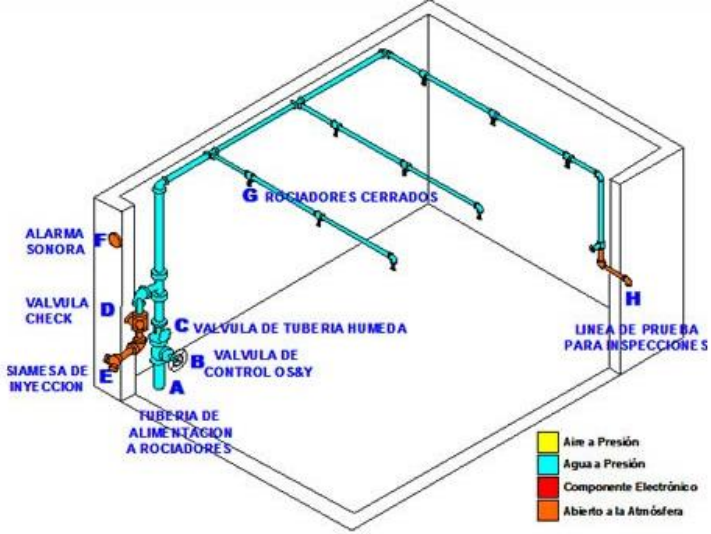
- Sensibilidad térmica
- Temperatura de activación

- Diámetro de orificio
- Orientación de la instalación
- Características de la distribución del agua

Las características más importantes de los rociadores son su factor K , (ver Tabla 3) este factor puede llegar a determinar cuánto es el caudal que consume un rociador o boquilla y a que presión trabaja, este factor es importante ya que ayuda a determinar el cálculo de consumo de un sistema contra incendio, en los diferentes tipos de montajes antes mencionados.

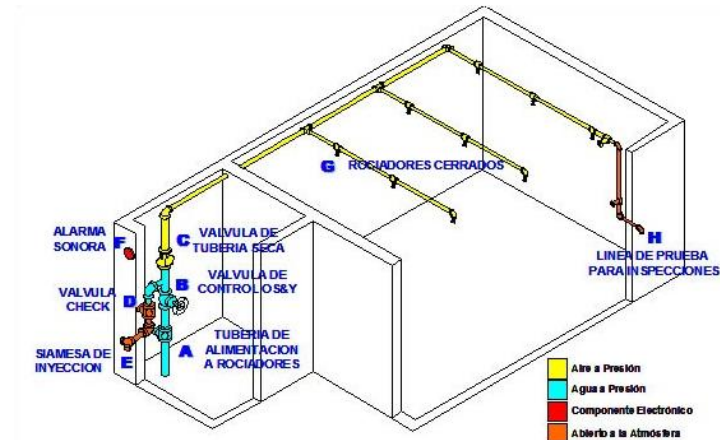
Tabla 2

Tipos de rociadores según su montaje

Tipo	Descripción	Esquema
Sistema de rociadores de tubería húmeda.	Es un tipo de sistema que contiene en todo momento agua bajo presión que es descargada inmediatamente por todos los rociadores que se hayan abierto.	

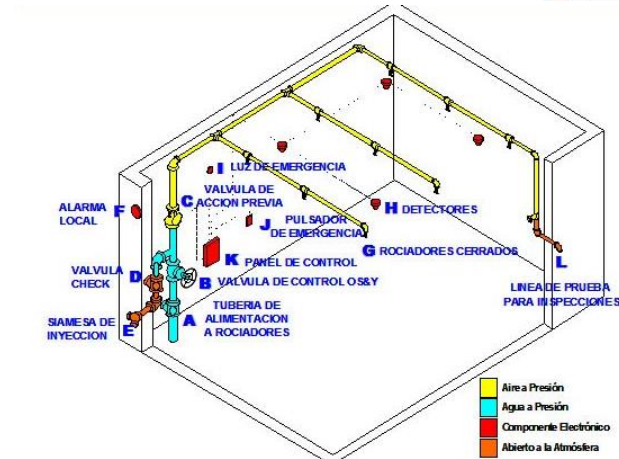
Sistema de rociadores de tubería seca.

Es un tipo de sistema que contiene en todo momento agua bajo presión que es descargada inmediatamente por todos los rociadores que se hayan abierto.



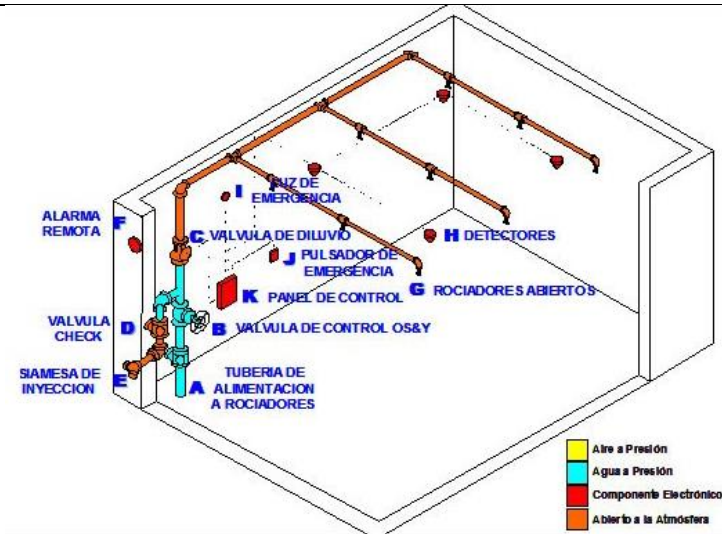
Sistema de rociadores de acción previa.

Es un sistema de rociadores que está interconectado a un sistema de detección de incendios (humo, calor, llama), cuando el sistema de detección se activa, envía una señal de apertura a una válvula que contiene el agua bajo presión, al abrirse la válvula el agua fluye por todos los rociadores que se hayan abierto.



Sistema de rociadores de diluvio

Es un sistema que utiliza rociadores abiertos (sin elemento fusible) que está interconectado a un sistema de detección de incendios (humo, calor, llama), cuando el sistema de detección se activa, envía una señal de apertura a una válvula que contiene el agua bajo presión, al abrirse la válvula el agua fluye por todos los rociadores.



Nota. Tomado de (ISHSA, 2019).

Tabla 3

Características técnicas de los rociadores según NFPA 13

Factor K nominal [gpm/(psi) ^{1/2}]	Factor K nominal [L./min/(bar) ^{1/2}]	Rango del factor K [gpm/(psi) ^{1/2}]	Rango del factor K [L./min/(bar) ^{1/2}]	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca
1.4	20	1.3–1.5	19–22	25	½ pulg. (15 mm) NPT
1.9	27	1.8–2.0	26–29	33.3	½ pulg. (15 mm) NPT
2.8	40	2.6–2.9	38–42	50	½ pulg. (15 mm) NPT
4.2	60	4.0–4.4	57–63	75	½ pulg. (15 mm) NPT
5.6	80	5.3–5.8	76–84	100	½ pulg. (15 mm) NPT
8.0	115	7.4–8.2	107–118	140	¾ pulg. (20 mm) NPT o ½ pulg. (15 mm) NPT
11.2	160	10.7–11.7	159–166	200	½ pulg. (15 mm) NPT o ¾ pulg. (20 mm) NPT
14.0	200	13.5–14.5	195–209	250	¾ pulg. (20 mm) NPT
16.8	240	16.0–17.6	231–254	300	¾ pulg. (20 mm) NPT
19.6	280	18.6–20.6	272–301	350	1 pulg. (25 mm) NPT
22.4	320	21.3–23.5	311–343	400	1 pulg. (25 mm) NPT
25.2	360	23.9–26.5	349–387	450	1 pulg. (25 mm) NPT
28.0	400	26.6–29.4	389–430	500	1 pulg. (25 mm) NPT

Nota: Se aplica el factor K nominal para rociadores del tipo seco para la selección de los rociadores. Ver 27.2.4.10.3 sobre el uso de factores K ajustados para rociadores del tipo seco a los fines de los cálculos hidráulicos.

Nota. Tomado de (NFPA, 2019, pág. 56).

Cabe resaltar que cada casa fabricante tiene sus parámetros de diseño basados en NFPA; sin embargo, pueden agregar muchos otros parámetros como ángulos de descarga y de montaje para el diseño del sistema.

3.4.3 Gabinete contra incendios (BIE's)

Un gabinete contra incendios es un cajetín metálico que contiene equipamiento capaz de prestar auxilio en caso de presentarse un siniestro, estos no se encuentran ubicados a más de 30 m entre sí; la normativa NFPA 14 regula la instalación y utilización de estos dispositivos. Los parámetros que se deben manejar en la implementación de gabinetes en la red contra incendios se encuentran en la NFPA 14 (NFPA, 2019, págs. 19-22). Los gabinetes de mangueras pueden ser de tres tipos:

- Sistema clase I (conexiones de manguera de 2 ½" diámetro)
- Sistema clase II (conexiones de manguera de 1 ½" diámetro)
- Sistema clase III (conexiones de manguera de 2 ½ "y 1 ½" de diámetro)

Para el uso de estos sistemas se necesita que el personal sea capacitado para un eventual incendio en el caso de no llegar a tiempo el cuerpo de bomberos. La representación gráfica de un gabinete de mangueras clase III está contenida en la siguiente figura 12:

Figura 12

Gabinete de mangueras clase III



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

3.4.4 Hidrantes y boca contra incendios

Un hidrante o una boca toma de incendio es un accesorio o dispositivo hidromecánico que fue diseñado para proveer el caudal necesario en un posible evento de incendio o fuego, estos dispositivos se encuentran generalmente fuera de una planta, o instalación y generalmente están conectados a una red de agua externa, en muchos de los caso en especial en plantas grandes las instalaciones de hidrantes o boca contra incendios que están conectados a un grupo de bombeo propio de lugar y ante cualquier evento de incendio este se podrá activar y dará paso al fluido proporcionando el suficiente caudal y presión para la extinción de incendio (EXTINTORES LA UNIÓN, 2017), se pueden ver los tipos de hidrantes y bocas contra incendios más utilizadas (ver Figuras 13 y 14)

Figura 13

Bocas siamesas con cajetín BIE's



Nota. Tomado de (EXTINTORES LA UNIÓN, 2017).

Figura 14

Hidrantes de columna húmeda



Nota. Tomado de (EXTINTORES LA UNIÓN, 2017).

3.4.5 Líneas de tuberías de distribución

La mayoría de sistemas de tuberías que se encuentran instalados tanto de distribución de aguas, gas o aire incluyen múltiples conexiones en serie y paralelo de las cuales se tienen diversas fuentes de suministros y abastecimiento, también cada sistema de tuberías tiene descargas de fluido en cada tramo que sea requerido. Un proyecto de tuberías puede implicar el diseño de un nuevo sistema o la expansión de un sistema existente. (Cengel, 2018, pág. 384)

Según las normas de NFPA 13 y 15 citadas en Cruz & Martínez (2020) se recomiendan que en la red de tuberías se usen materiales (tabla 4) como la fundición dúctil y el acero protegido contra la corrosión como el acero galvanizado ASTM A 795 y acero normal sin costura ASTM A53 cédula 40 (ver Figura 15) y (ver Figura 16), estos materiales tienen una alta resistencia mecánica con una presión de ruptura de 3000psi con un factor de seguridad muy alto y en los sistemas contra incendios se manejan presiones entre 80 a 150 psi dependiendo del diseño establecido. Las tuberías serán sometidas a una prueba de hidrostático a 250 psi de presión, por un tiempo mínimo de 4 horas, durante este tiempo de prueba no deben existir fugas, en la tabla 4 se indica las características técnicas de las líneas de tuberías según los requerimientos de NFPA.

Figura 15

Tuberías típica ASTM A53 cédula 40 con extremos ranurados para la instalación de sistemas contra incendios



Nota. Tomado de (Cruz & Martínez, 2020).

Figura 16

Redes de tuberías contra incendios en cuarto de bombas



Nota. La disposición de las tuberías corresponde a un sistema de diluvio múltiple, tomado de (MCC,FIRE SECURITY, 2019).

Tabla 4

Materiales y dimensiones de las tuberías según NFPA

Materiales y dimensiones (Especificaciones)	Norma
Tubería ferrosa	
<i>Tubería de hierro-ductil, vaciada centrifugamente, para agua.</i>	AWWA C151
<i>Tubería de hierro ductil con bridas roscadas de hierro ductil o hierro gris</i>	AWWA C115
Tubería de acero soldada por resistencia eléctrica	
<i>Especificación de norma para tubería de acero soldada por resistencia eléctrica.</i>	ASTM A 135
Acero soldado y sin costuras	
<i>Especificación de norma para tubería de acero para uso en protección contra incendios, negra y revestida con zinc por inmersión en caliente(galvanizada) soldada y sin costuras</i>	ASTM A 795
Tubería de acero soldada y sin costuras	
<i>Especificación de norma para tubería, acero, negra y revestida con zinc por inmersión en caliente, soldada y sin costuras.</i>	ASTM A 53
<i>Tubería de acero forjado con y sin costura</i>	ANSI B36.10M
Tubo de cobre (Estirado, sin costuras)	
<i>Especificación de norma para tubo de cobre sin costuras</i>	ASTM B 75
<i>Especificación de norma para tubo de cobre para agua sin costuras</i>	ASTM B 88
<i>Especificación de norma por requisitos generales para tubo de cobre forjado sin costuras y aleaciones de tubo de cobre</i>	ASTM B 251
Metal de aporte para soldadura fuerte (Clasificaciones BCuP-3 o BCuP-4)	
<i>Especificación para metales de aporte para soldadura fuerte y soldadura con bronce</i>	AWS A5.8

Nota. Adaptado de (NFPA, 2017, pág. 12).

3.4.6 Accesorios

De acuerdo a la normativa NFPA 13 (NFPA, 2019, pág. 46) y NFPA 15 (NFPA, 2017, pág. 17) los accesorios usados en sistemas de tubería vertical deben estar basados en los parámetros de la tabla 5:

Tabla 5*Materiales y dimensiones de uniones según NFPA*

Materiales y dimensiones	Norma
Hierro fundido	
<i>Accesorios roscados de hierro gris</i>	ANSI B16.4
<i>Bridas y accesorios bridados de tubería de hierro gris</i>	ANSI B16.1
Hierro maleable	
<i>Accesorios roscados de hierro maleable</i>	ANSI B16.3
Hierro dúctil	
<i>Accesorios de hierro dúctil y hierro gris</i>	AWWA C110
<i>Accesorios compactos de hierro dúctil para servicio de agua</i>	AWWA C153
Acero	
<i>Accesorios soldados al tope en acero forjado hechos en fábrica</i>	ANSI B16.9
<i>Terminales soldados al tope</i>	ANSI B16.25
<i>Especificación de norma para accesorios de tubería de acero forjado al carbono y acero aleado para servicio de temperatura moderada y alta</i>	ASTM A 234
<i>Bridas de tubería y accesorios bridados</i>	ANSI B.16.5
<i>Accesorios forjados, de manguito soldado y roscados</i>	ANSI B16.11

Nota. Tomado de (NFPA, 2017, pág. 12).

En la selección de los accesorios (ver Figura 17) se debe de analizar qué necesita cada tramo hidráulico, la norma NFPA 15 (NFPA, 2017, pág. 12) literal 5.4.4 permite realizar montajes con accesorios roscados, bridados o ranurados según sea la necesidad del diseño. Cada accesorio tiene su pérdida de carga según su diámetro y características, de igual manera en el caso de accesorios ranurados su pérdida de carga se encuentra en los catálogos de las características técnicas del fabricante.

Figura 17

Accesorios ranurados para un sistema contra incendios



Nota. Tomado de (Grinell, 2018).

3.4.7 Válvulas

Son elementos hidromecánicos que permiten, regulan y controlan el paso de un fluido o un gas, en el caso de las redes contra incendios son elementos indispensables que ayudan al paso del fluido desde el tanque de reserva al sistema de bombeo y finalmente hasta los puntos de descarga (hidrantes, mangueras y rociadores). De las válvulas más utilizadas en las configuraciones contra incendios son las siguientes:

- **Válvula de diluvio**

Todas las válvulas serán de acople soldado, salvo la válvula de diluvio (ver Figura 18) que será por acople bridado, esta válvula será la que de la pre-acción al sistema de diluvio de boquillas ya que tiene un control eléctrico mediante sensores de calor que serán distribuidos por la parte superior del transformador, para ella se ha seleccionado una válvula de diluvio marca VIKING, esta válvula cumple con los parámetros de diseño para el sistema hidráulico.

Según VIKING (2009) un sistema de diluvio es un sistema fijo en donde las tuberías de la red están secas hasta que por una señal eléctrica o disparo la válvula de diluvio se abre y permite el paso del flujo hidráulico presurizado por la red de tuberías del sistema y finalmente el

flujo llega hasta sus puntos de descarga que son los rociadores o boquillas de descarga conectadas a la red; la activación de una válvula de diluvio puede ser por señal o disparo eléctrico, por activación neumática e incluso activación manual, en cada punto crítico del áreas a proteger se encuentran sensores térmicos los cuales mandan señales hasta el panel de comando de la válvula.

Figura 18

Válvula de diluvio Vikings FI



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

- **Filtro en “Y”**

Antes de que el fluido hidráulico llegue a la válvula de diluvio lo aconsejable es que se realice una instalación de un filtro en “Y” (ver Figura 19), el objetivo del filtro es contener o retener todas las partículas que viene en el fluido y así pueda entrar lo más limpio posible a la válvula de diluvio y posteriormente a las boquillas rociadoras. En el interior del filtro existe una malla filtrante en donde los sólidos o partículas serán retenidos en la malla y se acumularan en el cuerpo del filtro, posteriormente por la brida que está en el ramal angular se podrá retirar los desechos acumulados.

Figura 19

Filtro en “Y” Vikings con malla filtrante FFAO



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021)

- **Válvulas de compuerta**

Las válvulas de compuerta (ver Figura 20) son las más utilizadas en los procesos industriales que se emplean redes de tuberías. Es una válvula que permite el pasar o detener el fluido en la línea hidráulica. Cuando la válvula se encuentra en servicio está completamente abierta y eso permite que el disco de la válvula esté totalmente abierto y a su vez su pérdida de carga sea muy baja (García, 2021). Para lograr un cierre efectivo, cuando la válvula está completamente cerrada, se requiere un contacto de superficie de 360° entre el disco y los asientos.

Figura 20

Válvula de compuerta Vikings NF3352



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

Otro tipo de válvula de compuerta utilizada en los sistemas contra incendios son las válvulas OS&Y, estas válvulas a diferencia de las de compuerta convencional, tiene que al girar el volante este queda fijo y el que gira y se desplaza para abrir y cerrar la válvula es su vástago, estas válvulas también tienen baja pérdida de carga y se utilizan principalmente para aislar el fluido del sistema, se puede observar los tipos de válvulas OS&Y (ver Figura 21).

Figura 21

Válvulas de compuerta OS&Y ranuradas y bridadas



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

Se muestra la configuración convencional de la tubería vertical (ver Figura 22) antes de llegar a los anillos rociadores, en la configuración desde abajo está instalada una válvula de compuerta OS&Y seguido por un filtro en “Y” y finalmente la válvula de diluvio que da la señal para la activación de la bomba y las boquillas rociadoras.

Figura 22

Configuración de las válvulas en el tubo distribuidor del anillo hidráulico del sistema contra incendios



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

- **Válvula de retención anti retorno**

Esta válvula (ver Figura 23) se instalará a un metro de la brida de descarga del sistema de bombeo, la función específica de este dispositivo hidráulico es servir como un anti retorno del fluido, ya que, en su interior posee un disco interno accionado por un resorte, cuando la fuerza del flujo supera la fuerza del resorte el flujo sigue en su sentido de circulación e impide el retorno de flujo ya que el disco interno se cierra por la posición del resorte (ZENSITEC, 2021).

- **Válvulas de alivio y desaireación**

Dentro de la configuración de válvulas también se agregará las válvulas de alivio (Figura 24) en el caso de existir una sobrepresión tanto en la línea hidráulica y en el sistema de bombeo, según NFPA 20 se debería instalar una válvula de alivio de presión cuando el valor de presión sobrepasa la suma del 121% de shut-off, (175 psi- 12 bar) más la presión estática del tanque de reserva.

Figura 23*Válvula de retención anti retorno bridada*

**COMPONENTES DE UNA VÁLVULA ANTIRRETORNO DE INCENDIO
SWING CHECK VALVE - CERTIFICADO UL**



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

Figura 24*Configuración de la válvula de alivio a la salida del sistema de bombeo*

Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

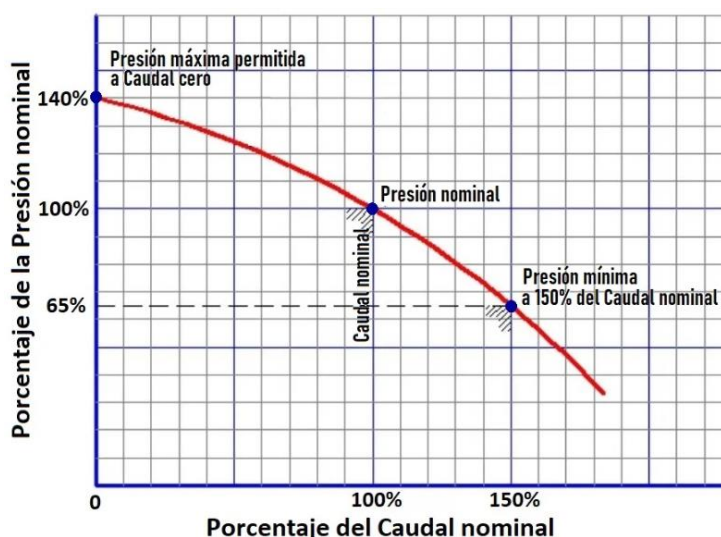
3.4.8 Bombas contra incendios

Según la norma de 20 de NFPA:

“la bomba debe ser capaz de proporcionar hasta el 150% del caudal nominal. La bomba debe dar por lo menos el 65% de la presión nominal al 150% de la capacidad. La bomba debe tener la curva con el incremento de presión hacia el cierre y no exceder el 140% del valor nominal de presión”. (NFPA, 2016b, pag 22). En la figura 25 se muestra el comportamiento caudal vs presión.

Figura 25

Curva característica de una bomba contra incendios en disposición horizontal



Nota. Tomado de (ZENSITEC, 2021).

En los sistemas contra incendios, en la mayoría de los casos, las bombas proporcionan menos del 140% de la presión nominal a caudal 0, y más del 65% de la presión nominal al 150% del caudal nominal, estas características (ver Tabla 6) casi siempre coinciden cuando se realiza la selección de una bomba centrífuga horizontal. De igual manera NFPA 20 (NFPA, 2016b, pág. 17) sugiere una lista de caudales de operación de las bombas, estos caudales en su mayoría coinciden con los caudales que tienen cada fabricante de bombas.

Tabla 6

Capacidades de las bombas contraincendios centrífugas según NFPA

gpm	L/min	gpm	L/min
25	95	1,000	3,785
50	189	1,250	4,731
100	379	1,500	5,677
150	568	2,000	7,570
200	757	2,500	9,462
250	946	3,000	11,355
300	1,136	3,500	13,247
400	1,514	4,000	15,140
450	1,703	4,500	17,032
500	1,892	5,000	18,925
750	2,839		

Nota. Tomado de (NFPA, 2016b).

- **Configuración del cuarto de bombas para un sistema contra incendios**

La configuración de la implementación y el equipamiento de un cuarto de bombas para un sistema contra incendios debe estar de acuerdo a la normativa de NFPA 20, según los cálculos previos se puede establecer cuál será el caudal y la presión necesaria hasta la brida de descarga de la bomba, de allí en adelante el diseñador o el constructor del sistema contra incendios será el encargo de seleccionar la bomba adecuada basada en el rendimiento y curva de desempeño adecuada para dicho sistema. El cuarto de bombeo tiene que estar equipada principalmente de:

- Bomba principal (Motor eléctrico)
- Bomba secundaria (Motor diésel)
- Bomba Jockey

La instalación de bombeo es totalmente automática, y ante cualquier evento de incendio estos equipos deben actuar de forma inmediata y presurizar toda la red hidráulica diseñado hasta llegar a su descarga en los rociadores o hidrantes, en el caso de un posible fallo de la bomba eléctrica principal deberá entrar en funcionamiento inmediato la bomba secundaria diésel, las dos bombas por lo general están conectadas en paralelo con la conexión de aspiración y de descarga.

- **Bomba principal eléctrica**

Esta bomba como se indica en la figura 26, es la encargada directamente de presurizar al sistema hidráulico, ante cualquier evento de incendio la señal eléctrica de los sensores térmicos en el sitio del incendio o de la activación de un sistema de diluvio el tablero principal de la bomba activara de bomba inmediatamente por el impulsor del motor eléctrico (Fernández, 2022).

Figura 26

Bomba principal por control eléctrico



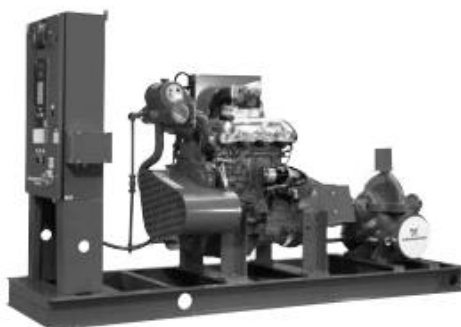
Nota. Tomado de (GRUNDFOS, 2009).

- **Motores diésel**

Los motores a diésel (ver Figura 27) para el impulso de bombas contra incendio son motores térmicos de combustión interna y se produce por la ignición en la mezcla de aire y diésel (sin chispa), para que se consuma el combustible el motor utilizará la elevada temperatura del aire que alcanza al ser comprimido por este motor de 4 tiempos (admisión-compresión-combustión-escape) y de esta manera se produce la combustión en dicho motor mientras dura la inyección del diésel (Barragán, 2016), estos motores deben tener un recinto o tanque de combustible que siempre deberá estar lleno para garantizar la operatividad del motor y la bomba en el caso que se requiera.

Figura 27

Bomba horizontal con motor diésel



Nota. Adaptado de (GRUNDFOS, 2021).

- **Bomba Jockey**

Según Osinergmin (2019) la bomba Jockey (ver Figura 28) tiene la función de mantener la presión del sistema en la red contra incendios. En algunos casos existe la posibilidad que la bomba principal pierda presión por existencia de fugas en el sistema entonces, es allí que entra el trabajo de la bomba Jockey. Estas bombas trabajan con una presión superior a la de la bomba principal; pero con un caudal mucho menor en muchos casos en donde se utiliza rociadores o boquillas abiertas el caudal de trabajo representa al caudal nominal de la boquilla rociadora. Generalmente esta bomba está instalada en paralelo desde la línea de aspiración hasta la línea de descarga. (pág. 16)

Figura 28

Bomba Jockey



Nota. Tomado de (Katayama, 2021).

3.4.9 Detección de incendios

En los sistemas contra incendios es importante tener detectores ya que estos dispositivos electrónicos y de control dan la señal ante cualquier variación de temperatura o presencia de humo en la zona a proteger, de acuerdo a NFPA 72, literal 7 (NFPA, 2022, págs. 39-40) los detectores más utilizados son los siguientes:

- **Detectores de humo**

Los detectores de humo puntual conocidos como tipo SPOT (ver Figura 29) son los más utilizados en la detección de incendios, estos son detectores instalados en un lugar alto de un recinto generalmente el techo y su función es detectar partículas de combustión, también existen detectores puntuales de humo que opera por principio de dispersión de luz fotoeléctricas ósea que detectan partículas visibles. (INFOTECNIKO, 2022).

Figura 29

Detector de humo puntual



Nota. Adaptado de (INFOTECNIKO, 2022).

- **Detectores de energía radiante**

Estos detectores son utilizados en lugares donde se necesite una detección rápida para que pueda actuar de inmediato un sistema de protección o supresión, estos detectores son infrarrojos (UV/IR) de alta velocidad que son comandados por un microprocesador (ver Figura 30) pueden combinarse con varias opciones de mitigación, incluidas boquillas de agua

nebulizada, compuertas de interrupción, sistema de gas CO₂, compuertas deslizantes, entre otros (Technology, 2022).

Figura 30

Detector de energía radiante



Nota. Tomado de (Technology, 2022).

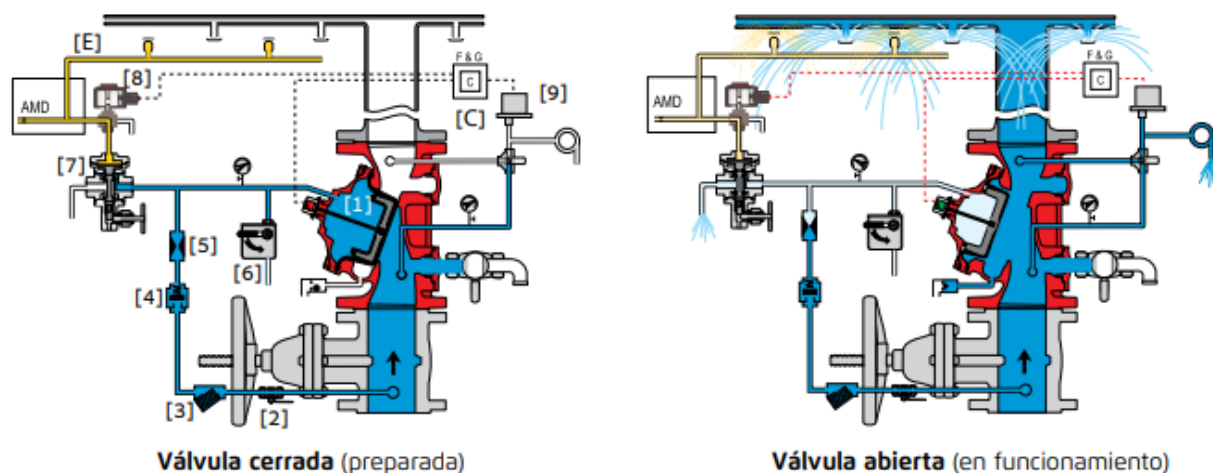
- **Detectores de calor**

Según de NFPA 72 literal 17.6.2.1. (NFPA, 2022, pág. 105) para la activación de las boquillas rociadoras o boquillas abiertas que se quiera implementar se va a realizar un sistema de diluvio (ver Figura 31) para ello se necesita instalar una válvula de diluvio antes del circuito de boquillas. Esta válvula actúa mediante señales térmicas que reciben sus detectores de calor y van hasta su tablero de control permitiendo el paso del flujo hídrico desde el sistema de bombeo hasta las boquillas rociadoras.

Este tipo de detectores son ideales para colocar en sistemas de diluvio como en los sistemas de transformadores y sistemas de almacenamiento de gases ya que ante una variación de temperatura del rango normal o el rango limite estos detectores darán una señal a la válvula de diluvio y esta a su vez dará la señal hasta el sistema de bombeo para dar paso al fluido.

Figura 31

Accionamiento de una válvula de diluvio por detectores de calor



Nota. Tomado de (BERMAD, 2020).

3.4.10 Determinación de parámetros principales para el dimensionamiento de sistemas contra incendios

Según Jiménez (2021), para poder dimensionar el grupo de presión, se debe calcular las pérdidas de carga en la instalación y debido a esto, teóricamente se podría calcular las pérdidas de carga desde la boquilla en situación más desfavorable (a mayor altura y recorrido) desde la impulsión del grupo de presión, con esto obtenemos el requerimiento más restrictivo, en cuanto a necesidades de presión, que debe ser capaz de suministrar el equipo de bombeo (pág. 163).

Según NFPA 15 literal 8.5.1 (NFPA, 2017) las pérdidas por fricción de las tuberías deben determinarse basándose en la fórmula de “Pérdida de presión por fricción de Hazen-Williams”, dado por la siguiente ecuación 1 (NFPA, 2017, pág. 28):

$$P_m = 6.05 * \frac{Q_m^{1.85}}{C^{1.85} * D_m^{4.87}} * 10^5 \quad (1)$$

Donde:

P_m Pérdida de presión por fricción (bar por metro de tubería)

Q_m Flujo. [L/min].

C Coeficiente de pérdida por fricción.

D_m Diámetro interior real. [mm]

De los datos que se establecen en la fórmula planteada el dato de C se debe escoger de tablas, en el caso del sistema que se está diseñando se escogerá un $C=120$ que es un coeficiente para tuberías de acero negro y acero galvanizado como se muestra en la tabla 7:

Tabla 7

Valor C de Hazen-Williams para tuberías y tubos

Tubería o tubo	Valor C de Hazen-Williams
De hierro dúctil o fundido sin revestimiento	100
De acero negro (sistemas húmedos, incluidos sistemas de diluvio)	120
De acero negro (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero galvanizado (sistemas húmedos, incluidos sistemas de diluvio)	120
De acero galvanizado (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De plástico (listado) — subterráneo	150
De hierro dúctil o fundido con revestimiento de cemento	140
De tubos de cobre o de acero inoxidable	150

Nota. Tomado de NFPA 15 8.5.3.10. (NFPA, 2017, pág. 28).

Según NFPA 15 literal 8.5.1.4.3 (NFPA, 2017, pág. 28) los cálculos en los puntos de empalme hidráulico, excepto en los lazos, deben equilibrarse con la presión más alta, mediante la fórmula “*Equilibrio de presiones en empalmes hidráulicos*” de la ecuación 2 (NFPA, 2017, pág. 28)

$$Q_1/Q_2 = \sqrt{P_1/P_2} \quad (2)$$

Esta fórmula se aplica cuando existen bifurcaciones de fluido o empalmes en anillos cerradas en donde el punto de distribución debe tener la misma presión en ambos lados.

- **Descarga en boquilla rociadora**

Un factor importante para la selección de una boquilla rociadora es la determinación de su “*Factor de Descarga de Boquilla (K)*” que es igual a la siguiente ecuación 3 (NFPA, 2017, pág. 28):

$$K = \frac{Q}{\sqrt[2]{P}} \quad (3)$$

Donde:

K Factor de Boquilla. [$L/min * bar^{1/2}$]

Q Caudal de Orificio. [L/min]

P Presión del Sistema. [bar]

Se puede escoger este factor tomando en consideración la presión y el caudal que se conoce y aproximando al valor nominal del rociador, otra manera de saber este factor es tomando de la siguiente gráfica en donde tenemos en los dos ejes la presión y el caudal y podemos aproximar a la curva de las gráficas que tienen los valores nominales de K.

4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN (CHAL)

En la actualidad la CHAL cuenta con una instalación hidromecánica de sistema contra incendios que fue instalado por la contratista en la fase de construcción del proyecto la CHAL. De igual manera cuenta con una distribución de sistemas de extinción móviles (extintores) en toda la planta de casa de máquinas y sala de control, estos sistemas han sido evaluados y considerados por el departamento de seguridad de la central. La CHAL cuenta también con detectores de humo ubicados en cada sala y gabinete de la central, estos detectores están conectados a un tablero local el cual manda una señal de alarma en toda la central, para definir la situación, estado y operatividad de los sistemas de protección contra incendios actuales de la CHAL se realizó el siguiente estudio de campo.

4.1 Estado de la instalación del sistema contra incendios de la CHAL

Este sistema parte de una derivación de agua de la tubería de presión (TP) de 900mm de diámetro de la cual se dirige mediante una tubería galvanizada de 114mm de diámetro hasta un sistema de bombeo que se encuentra ubicado en la cota (2269.94 m) adjunto al sistema de válvula esférica (VE) (ver Figura 32) la derivación de la tubería del sistema de bombeo comienza 300mm antes de llegar al tramo de VE y está a 45° del eje de la TP. Desde el sistema de bombeo parten tres líneas hidráulicas de las cuales dos líneas se encuentran en el patio de SEE y una tercera se encuentra en la parte posterior de CM.

En la actualidad, la instalación del sistema contra incendios cuenta con elementos mecánicos e hidromecánicos que sirven para conducir el fluido hidráulico desde su derivación en la TP hasta el sistema de bombeo y posteriormente hasta las líneas hidráulicas, cabe resaltar que estos elementos no han tenido utilización ni pruebas hidráulicas desde que se realizó su montaje en la etapa de construcción de la CHAL, el resumen de los elementos está de acuerdo a los planos anexos.

Figura 32*Instalación del sistema contra incendios de la CHAL*

Nota. Fotografía del sistema de bombeo contra incendios instaladas en casa de máquinas de la CHAL.

El sistema de bombeo existente (ver Figuras 33-35) está diseñado para funcionar con la presión estática de 2.0005 MPa generada por la diferencia de las alturas entre el TC y CM dando un salto hidráulico de 204m y con un caudal medio de operación de $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$, según los planos as-built del sistema contra incendios de la CHAL el sistema comienza con una tubería galvanizada de 114 mm de diámetro que abastece a todo el conjunto hidromecánico, de igual manera indica que la presión del sistema luego de pasar por la válvula reductora de presión es de **0.37 MPa-0.50MPa** (ver planos anexo 8) y la presión de salida hacia la descarga luego de pasar por la válvula de descompresión de seguridad es de **0.47 MPa**.

Los sistemas mencionados se encuentran nuevos en su totalidad ya que nunca se ha realizado ningún evento de extinción de incendio ni tampoco se han realizado pruebas hidráulicas. En algunas ocasiones se ha planificado algún tipo de mantenimiento preventivo en estos equipos, sobre todo para la limpieza de los mismos, se ha procedido a cambiar algunos empaques y la limpieza de la parte exterior de las válvulas y tuberías.

Figura 33

Válvulas de compuerta de la instalación contra incendios



Nota. Fotografía de las válvulas de compuerta que permiten la entrada de caudal en la instalación de bombeo contra incendios de la CHAL.

Figura 34

Filtro de la instalación contra incendios.



Nota. Fotografía del filtro de sedimentos de partículas arenosas de la instalación de bombeo contra incendios de la CHAL.

Figura 35

Válvula reductora de presión de la instalación contra incendios



Nota. Fotografía de las válvulas reductoras de presión del sistema de la instalación de bombeo contra incendios de la CHAL.

4.1.1 Alcance y limitantes del sistema contra incendios de la CHAL

Dentro la funcionalidad del sistema contra incendios de la CHAL en cuanto al alcance de su actual instalación y las limitantes que están implica tenemos los siguientes puntos:

- **Operatividad y control**

La instalación del sistema contra incendios de la CHAL tiene limitaciones en cuanto a su operatividad y control, esta instalación no tiene la autonomía de poder controlar sus sistemas hidromecánicos mediante el sistema SCADA o mediante un tablero local *in situ*, su pilotaje en el caso de requerir su funcionamiento se deberá realizar la apertura de la válvula de compuerta ubicada al inicio del tramo de la instalación hidromecánica esta válvula da apertura directamente al fluido que viene desde la derivación con la TP (ver Figura 36), de igual manera al pasar el fluido por la válvula de entrada se tendría que hacer un control y apertura manual de las válvulas reductoras y el filtro. Al no ser un sistema automático controlado por el sistema SCADA o un tablero local tomaría demasiado tiempo en abrir las válvulas del sistema existente, ya que un evento de incendio podría propagarse en cuestión de segundos y dañar gravemente a los equipos que estén expuestos al fuego.

Otra observación que se puede apreciar de este sistema manual es la necesidad del recurso humano en el momento de la activación, se necesitaría por lo menos dos personas en la apertura de las válvulas y dos en la conexión de una manguera Tipo I-Tipo II en el hidrante, esta acción podría tomar entre 2 a 3 min, en ese tiempo el fuego podría consumir y dañar el sistema que este expuesto, de igual manera este sistema no está preparado en el caso de haber un evento de incendio. Por otro lado, en el turno solo se encuentre un operador de central en jornada nocturna en esta situación sería imposible que un solo técnico pueda hacer la activación manual de la instalación del sistema contra incendios, por esta razón, cualquier sistema o mecanismo de la central que este expuesto al fuego en estas condiciones tendría un daño irreversible en su funcionamiento.

Figura 36

Tubería de abastecimiento de la instalación del Sistema Contra Incendios de la CHAL

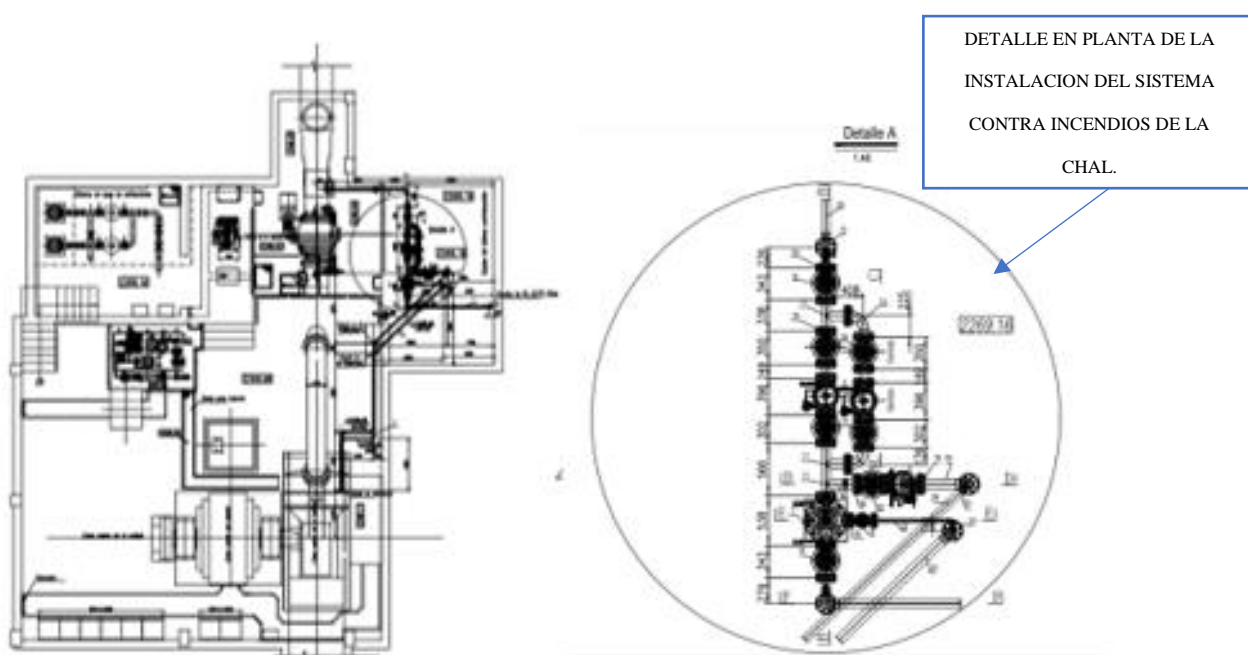


Nota. Fotografía del ramal de conexión entre la tubería de presión y la instalación de bombeo contra incendios de la CHAL.

Las tres líneas hidráulicas poseen cada una un hidrante (ver Figura 37) y (ver Figura 38); pero actualmente no poseen ningún tipo de gabinete hidráulico en cual permitiría actuar con la mayor agilidad posible a extinguir un posible incendio siendo esta una de sus principales limitantes.

Figura 37

Planta y detalle de la disposición de la instalación del sistema contra incendio de la CHAL



Nota. Tomado de (CELEC EP_ Hidrozogues, 2015).

Figura 38

Hidrante de la Sub Estación Eléctrica de la CHAL



Nota. Fotografía de uno de los hidrantes conectados a la instalación de bombeo contra incendios de la CHAL.

- **Calidad del agua**

La instalación del sistema contra incendios no tiene autonomía propia para la selección de la calidad de agua que circula por su tuberías y válvulas, nuevamente se realiza el análisis de la conexión directa a la TP ya que por esta circula el flujo principal que va hasta los inyectores y posteriormente hasta el rodete de la unidad, la calidad del agua para la generación de la central depende de las condiciones climatológicas que se tengan en la captación principal, desde el sistema SCADA se tiene un sensor de turbidez el cual nos indica el rango de partículas arenosas y material coluvial con la que viene el agua en su ingreso por la tubería principal, a más turbidez mayor cantidad de material coluvial y arenoso tendrá el agua los cuales pueden dañar los sistemas de la central en especial los del sistema SAE en donde el material lodoso daña directamente a los impulsores de las bombas y sus empaquetaduras, se tiene un rango de operación bajo los límites de turbidez, se observa en la tabla 8:

Tabla 8

Índice de turbidez del agua

<i>No.</i>	<i>Rango de turbidez (NTU)</i>	<i>Riesgo</i>	<i>Observaciones</i>
1	1-100	Aceptable	El flujo hídrico está limpio desde su afluente, no se observan partículas que puedan afectar el paso de flujo por la captación o a los equipos hidromecánicos.
2	100-500	Leve	El flujo hídrico presenta escasas muestras de partículas como hojarascas, material pétreo y arenoso; generalmente estos tipos de materiales se quedan en la base de los desarenadores permitiendo que el flujo llegue lo más limpio posible hasta los equipos hidromecánicos.
3	500-1000	Moderado	En este nivel el flujo hídrico presenta una coloración más turbia (marrón) ya que presenta más cantidad de partículas pétreas y arenosas, la mayor parte de estas partículas se quedan en la base de los desarenadores, pero una parte va

			en flujo directo a los equipos hidromecánicos de la central por lo que se debe tomar precauciones en la operatividad de los mismos.
4	1000-2000	Alto	En este nivel el flujo hídrico viene con una cantidad considerable de material pétreo y arenoso, de igual manera cuando alcanza este rango el flujo viene con material coluvial lo cual produce que el agua sea más densa y turbia, y la mayor parte de este material va hasta los equipos hidromecánicos de la central de generación.
5	2000-3000	Muy Alto	Cuando el flujo de agua alcanza este nivel prácticamente se debe evaluar inmediatamente en parar la unidad de generación para no poner en riesgo la integridad de los equipos hidromecánicos, recomendable cerrar la compuerta de captación para impedir el paso del flujo.

Nota. Elaborado con base en la operación de los equipos de la CHAL.

En el caso de utilizar la instalación del sistema contra incendios y el agua estar con una alta concentración de turbidez el sistema no tiene la capacidad de poder filtrar con eficiencia el agua de sus sedimentos, por ejemplo, si el agua entrara al sistema con una concentración de Turbidez > 3000 NTU su filtro manual no sería capaz de retener todos esos sedimentos coluviales y arenosos, esa concentración de partículas podrían afectar seriamente a los aspersores de agua a instalarse, de igual manera una concentración de agua lodosa no sería ideal de mezclarse con espuma en el caso de implementar un sistema ACAF.

- **Sistema de bombeo**

La instalación del sistema de bombeo de la CHAL depende únicamente de la presión que da la diferencia de alturas entre el TC y CM, por lo que no posee un sistema de bombeo propio y emergente. La CHAL en algunas tramos del año entra en período de mantenimiento situación por la cual se debe vaciar el TC y la TP, en los períodos de mantenimiento se realizan muchos trabajos de soldadura, oxicorte, y también se trabaja con solventes tanto para la limpieza como para la pintura, todos estos trabajos podrían provocar un evento de fuego y la instalación del

sistema contra incendios quedaría completamente desabastecida razón por la cual en etapas de mantenimiento los sistemas y equipos de generación quedan muchos más expuestos y vulnerables ante este tipo de siniestros.

- **Instalaciones complementarias**

Según los planos del anexo 8 la descripción física de la instalación del sistema contra incendios se puede observar y verificar en los planos que existen las tres tomas de hidrantes antes mencionadas; pero no existe ninguna instalación adicional en cada punto, por ejemplo en el patio de SEE se podría instalar un sistema de boquillas aspersores alrededor del transformador principal; pero al no tener una calidad adecuada de agua y un abastecimiento uniforme del fluido no se puede instalar este sistema que ayudaría ante cualquier evento e fuego en el transformador principal.

- **Áreas aplicativas del sistema contra incendios**

Se debe tener presente que cualquier sistema contra incendios que se utilice el agua como fuente de abastecimiento no se podría implementar en toda el área de una central hidroeléctrica, dentro de las áreas de las centrales tenemos muchas áreas en donde existen sistemas eléctricos, electrónicos y de control en donde sería imposible extinguir un fuego con agua ya que dañaría en su totalidad su funcionamiento, el sistema contra incendios deberá ser útil en sistemas donde el agua no dañe la integridad de sus equipos por ejemplo como el ya mencionado transformador principal en donde según las normas NFPA se podría utilizar agua como fuente de abastecimiento o agua mezclada con espuma conocido como sistema ACAF, para el resto de áreas se debe analizar el tipo de fuego que está expuesto cada sistema.

4.2 Sistemas de extinción móviles que posee actualmente la CHAL

En la CHAL se encuentran distribuidos sistemas de extinción móviles (extintores) tanto en CM, sala de control, oficinas y pasillos de las instalaciones, para cada zona de la central el departamento de seguridad industrial a clasificado por los riegos existentes y también por la el

tipo de equipo o elemento que se va a proteger; en la actualidad la CHAL cuenta con la siguiente distribución de agentes extintores móviles contra incendios:

4.2.1 Áreas donde existe protección contra incendios en la CHAL

En la tabla 9 están las áreas donde existen protecciones contra incendios en la CHAL, son las siguientes:

Tabla 9

Áreas con protección contra incendio en la CHAL

<i>Área</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Extintores</i>	<i>Capacidad [lb.]</i>
Casa de Máquinas	Sala de Control	2 extintores CO_2	10 lb. C/U
	Pasillo Superior	1 extintor CO_2	10 lb.
	Pasillos de acceso a Casa de Máquinas	4 extintores CO_2	10 lb. C/U
	Celdas de Media Tensión	3 extintores CO_2	10 lb. C/U
	Área de generadores sincrónicos de 6,50 MW	1 extintor CO_2	10 lb.
	Válvula Esférica	1 extintor CO_2	10 lb.
	Sistema de Agua de Enfriamiento	1 extintor CO_2	10 lb.
	Generador Diesel	1 extintor CO_2	10 lb.

Nota. Elaborado con base a la ubicación de los equipos de la CHAL.

Como se puede ver en la tabla 9, esas son las áreas que tienen un extintor, en su mayoría los extintores son CO_2 (ver Figura 39) y están lo más cercanos a los equipos y tableros de control ya que si hubiera un incendio estos son los más adecuados para que el equipo no se dañe al contacto con el agente extintor, también se tienen dos extintores PQS (ver Figura 40) los cuales pueden ser empleados en incendios que sean provocados por solventes o grasas en equipos mecánicos.

Figura 39

Extintor tipo CO₂



Nota. Fotografía de extintor CO₂ ubicado en los pasillos de casa de máquinas de la CHAL.

Figura 40

Extintor tipo PQS



Nota. Fotografía de extintor PQS ubicado en los equipos principales de generación de casa de máquinas de la CHAL.

En la tabla 9, se indican cuantos extintores existen por cada clasificación, como se puede ver existe una distribución de 14 extintores móviles por todos los sistemas eléctricos y electrónicos de la CHAL y existen dos extintores móviles en cada piso de la central para fuegos provocados por trabajos mecánicos y de mantenimiento.

La instalación actual de extintores móviles cumple con los requisitos de NFPA 10.5. , en el área del patio de equipos principales y en el patio de acceso de CM, se recomienda la ubicación de otro extintor PQS de 100 lb ya que en estas áreas es posible que el fuego se propague y un extintor no sea suficientes para extinguir o sofocar el incendio tomando en consideración que en la misma área existen 3 equipos principales en funcionamiento lo ideal sería tener el actual y un extintor back-up ubicado 13.80 m en frente al lado del GOVERNOR.

4.2.2 Áreas donde existen detectores de humo, alarmas y señales contra incendios en la CHAL

En cuanto a los detectores de humo, estos están ubicados en la mayor parte de las instalaciones de la central en especial en los tableros y sistemas eléctricos y de control. Los detectores mandan una señal a un tablero local el cual activa las alarmas y sirenas de la CHAL para que el personal que se encuentre ese momento evacue de forma inmediata.

Las áreas que cuentan con los detectores de humo son las que están relacionadas en la tabla 10:

Tabla 10

Áreas con detectores contra incendio en la CHAL.

<i>Área</i>	<i>Detectores De humo</i>	<i>Pulsadores manuales de emergencia</i>	<i>Tableros de control con alarma</i>	<i>Cámaras térmicas</i>	
Casa de máquinas	Sala de control	2 detectores			
	Oficina superior	1 detector			
	Comedor	2 detectores			
	Pasillo superior	1 detector	1 Pulsador manual de emergencia	1 tablero con alarma de emergencia.	
	Gradas de acceso	1 detector	1 Pulsador manual de emergencia		
	Taller eléctrico	1 detector			
	Cuarto de baterías	1 detector			
	Cafetería	1 detector			
	Taller mecánico	1 detector			
	Celdas de media tensión	2 detectores			
	Área de generadores sincrónicos de 6,50 MW			1 tablero con alarma de emergencia.	2 detectores de energía radiante.
	Válvula esférica	1 detector			
	Sistema de agua de enfriamiento	1 detector	1 Pulsador manual de emergencia		
	Bodega de insumos electromecánicos	1 detector			
	Generador diésel	1 detector			
	Sistema aire comprimido	1 detector			

Nota. Elaborado con base a la operación de los equipos de la CHAL.

Estos sistemas de detección de incendios (ver Figuras 41-43) están ubicados en diferentes lugares de la CHAL y están colocados principalmente sobre los tableros de control, que por la temperatura que generan están expuestos a algún tipo de incendios, también se encuentran en cada oficina de la CHAL y en cada lugar cerrado como el área de cafetería o comedor. Cuando los dispositivos detectan humo mandan una señal al tablero local de emergencia que se encuentra en cada piso de la CHAL y a su vez manda una señal al tablero Gabinete de Control y Alarmas Contra Incendios que se encuentran en la parte de gabinetes de Sala de Control, el gabinete es el que activa todas las alarmas de la central y da aviso para que el personal pueda desalojar todas las instalaciones.

En el caso de la zona de los equipos de generación principal en especial en el área de Generador Síncrono de 6.5 MW se encuentran dos cámaras térmicas para detectar algún aumento de la temperatura y un posible incendio en la zona mencionada. La temperatura del generador se registra y monitorea horariamente mediante 12 termocuplas que se encuentran dentro de su bobinado y un aumento gradual de estas temperaturas podría generar un incendio en todo el cuerpo del Generador, es muy importante el control térmico del principal sistema de generación de la CHAL. De igual manera estas cámaras térmicas cumplen la misma función de enviar la señal a un tablero local y este a su vez al gabinete principal que activa una alarma.

Figura 41

Tablero de emergencia contra incendios



Figura 42

Detector de humo contra incendios



Nota. Fotografía de los sensores de humo ubicados en casa de máquinas de la CHAL.

Figura 43

Detector de energía radiante contra incendios



Nota. Fotografía del detector de energía radiante ubicado en la parte posterior del generador síncrono de la CHAL.

El estudio se basará netamente en la ubicación para la detección de humo y fuego en cada sistema, la integración y conexión eléctrica y de control no será parte de este estudio. En los planos anexos se encuentra la disposición de las alarmas y detectores de humo de la CHAL.

5. REDISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN (CHAL)

5.1 Tipo de investigación

Para determinar el sistema de extinción contra incendios se ha realizado un análisis de las posibles exposiciones al fuego de cada punto de la CHAL tanto en CM como en sus exteriores, en el caso de los equipos y áreas que están fuera de CM se realizará el rediseño mediante el cálculo hidráulico e implementación de Sistema Contra Incendios el cual por sistema de red cerrada de rociadores se protegerá al transformador principal de 69 KV que se encuentra en el patio de SEE, de igual manera se realizará una derivación del sistema de bombeo por grupo electrógeno que se diseñará para la implementación de las bocas hidrantes en cada línea hidráulica existente, estos equipos nos ayudarán a extinguir el fuego en las zonas que están fuera de CM; para el diseño del grupo de bombeo se debe proponer un espacio físico en donde se pueda colocar el cuarto de bombas, un tanque de almacenamiento y también la fuente o afluente hidráulico de donde se realizará el abastecimiento del agua de igual manera el tipo y material de tuberías que se utilizarán en todo el sistema.

Para toda este diseño e implementación se proponen una selección de tecnologías y normativas de acuerdo a NFPA para llevar a cabo dicho diseño.

5.2 Selección de tecnologías y normativas adecuadas para el sistema contra incendios de la CHAL

Es importante tener un punto de partida clasificando las zonas de peligro de la CHAL y a qué tipo de fuego estarían expuestas en caso de una propagación de un incendio, según NFPA 851 literal 2.2 para las prácticas recomendadas para la protección contra incendios de plantas de generación hidroeléctrica se exponen las normativas vigentes que componen la protección en cada área de la planta a proteger (National Fire Protection Association, 2010, págs. 8-9), en el caso del sistema contra incendios de la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL) se ha realizado una tabla de

ponderación (ver Tabla 11) en donde se expone el tipo de fuego al que está expuesto cada sistema y sección de la CHAL y cual tecnología será la adecuada para la implementación del sistema de extinción, se deberá trabajar con un agente extintor diferente ya que no se puede utilizar el mismo fluido o el mismo gas en un sistema mecánico o en un sistema electrónico de control en donde el aporte de una fuente hídrica podría dañar sus circuitos integrados y su funcionalidad en torno de la generación de la central hidroeléctrica.

En lo que tiene que ver con el rediseño hidráulico del sistema contra incendios de la CHAL se pudo establecer en el apartado del anterior capítulo cual es la situación actual del sistema de bombeo existente en casa de máquinas, en principio este sistema de bombeo manual fue instalado para abastecer a las tres líneas de hidrantes existentes que se encuentran en los exteriores de casa de máquinas de los cuales dos están dentro del patio de sub-estación eléctrica y un tercero está instalado en la parte posterior de la CHAL.

Según NFPA 851 literal 6.2 las plantas hidroeléctricas se encuentran en ubicaciones adyacentes a afluentes naturales de agua como ríos o lagos, de estos afluentes es permitido utilizar el flujo hídrico para utilizar en el diseño contra incendios siempre y cuando se tome las consideraciones especiales a estos tipos de afluentes en especial la alta concentración de la sedimentación (NFPA, 2010, pág. 19). En el caso de la CHAL se puede implementar un sistema contra incendios tomando como afluente el flujo hídrico que entra a la generación hasta la turbina, lo que se puede hacer es utilizar el sistema de bombeo manual existente y partiendo de esta instalación poder suministrar a un tanque de reserva en la parte exterior de casa de máquinas de la CHAL. En cuanto a la sedimentación se puede planificar el llenado del tanque de reserva en uno de los mantenimientos preventivos de la CHAL en donde la calidad de agua sea menor a 100 NTU como indica en la tabla 8, de igual manera el sistema de bombeo manual tiene un filtro de partículas arenosas como se puede ver en la figura 34 y ayuda que el flujo pase al tanque de reserva con la menor turbidez posible.

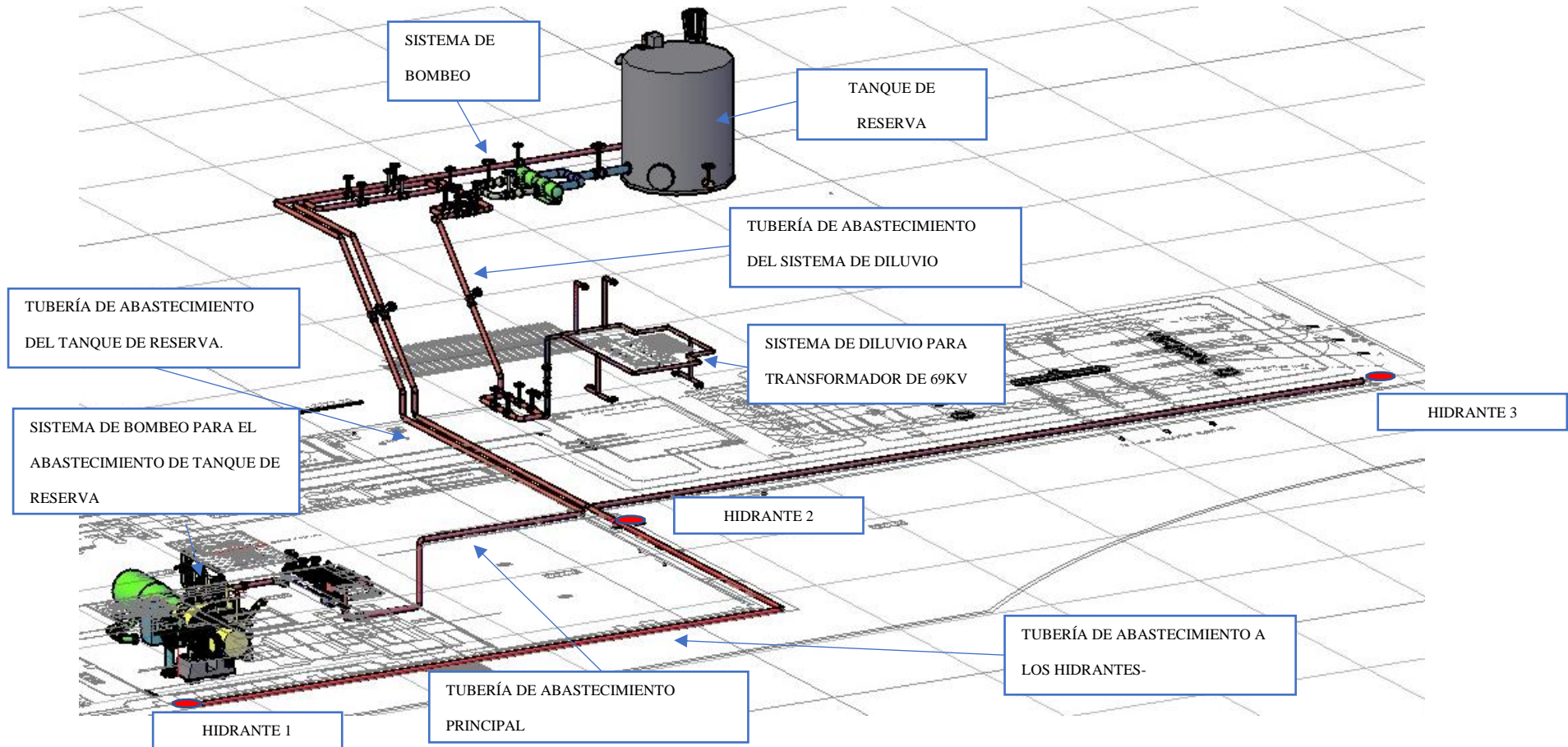
Según NFPA 851 literal 7.7 indica que los transformadores de potencia se pueden proteger con sistema de supresión automática de agua o espuma (NFPA, 2010, pág. 24), en cuanto al transformador principal de 69 KV de la CHAL se va a proteger con un sistema de supresión automático de diluvio con boquillas rociadoras tomando en consideración la norma vigente de NFPA 15, el transformador principal está en la parte exterior de casa de máquinas de la CHAL en el patio de sub-estación eléctrica por lo cual está expuesto a fenómenos naturales, en especial en recibir constantemente aguas lluvia sobre sus aisladores y no provocar un corto circuito o un fallo el flujo.

Según Lizama-Cámara (2012), en los transformadores de potencia se deben aplicar diferentes tipo de limpieza con agua a alta presión sobre sus aisladores en línea viva, esto para evitar su falla debido a la contaminación del ambiente, los métodos de limpieza a presión se pueden aplicar con chorros desde diferentes ángulos sobre los aisladores, este procedimiento garantiza que si se aplica un sistema de supresión de diluvio sobre el transformador principal no generaría un arco eléctrico cuando las partículas pulverizadas actuarían sobre las zonas que estén expuesta al incendio por esta razón el aporte hídrico es considerado como idóneo para el rediseño del sistema contra incendios de la CHAL, en la figura 44 se indica la propuesta de diseño planteada para el rediseño del sistema contra incendios de la CHAL.

En la siguiente tabla 11 se han realizado una ponderación de las tecnologías aplicables según NFPA según los riesgos existentes en las principales zonas de la CHAL (casa de máquinas, transformador principal de 69 KV y patio de su estación eléctrica e instalaciones anexas), esta tabla de ponderación se ha realizado según NFPA 851 literal 7, en donde indica la identificación de protecciones (tecnologías) y peligros para cada zona de una central hidroeléctrica (NFPA, 2010, págs. 22-25)

Figura 44

Diagrama isométrico de la propuesta del rediseño del sistema contra incendios de la CHAL



Nota. El diagrama indica la ubicación de los componentes del sistema contra incendios de la CHAL, en los planos del anexo 8 se detalla cada componente que está indicado en este esquema.

Tabla 11

Tabla de protecciones y peligros de incendio por zona en la CHAL

<i>No.</i>	<i>Área de análisis de la planta</i>	<i>Norma vigente aplicable.</i>	<i>Tipo de exposición de fuego</i>	<i>Agente extintor o tecnología adecuada</i>	<i>Observaciones</i>
1	Sub-estación eléctrica	NFPA 13 NFPA 15 NFPA 14 NFPA 20 NFPA 22 NFPA 72	CLASE C	• Sistema de extinción de incendios por rociadores (agua, espuma).	La SEE está ubicada en la parte exterior de CM y se requiere instalar un sistema fijo de diluvio contra incendios para la protección del transformador de 69 KV.
2	Puente grúa	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE B	• Extintores de polvo seco (PQS)	En el puente grúa se tiene sistemas mecánicos y oleo hidráulicos en donde se utilizan lubricantes y grasas en donde se podría provocar un incendio.
3	Celdas de media y baja tensión.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17	CLASE C	• Extintores de anhídrido carbónico (CO2)	En las celdas de media y baja tensión se tiene sistemas eléctricos y electrónicos los cuales se tiene que precautelar su funcionamiento con extintores (CO2).
4	Generador/Turbina	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE C	• Extintores de anhídrido carbónico (CO2)	En el grupo generador/turbina se tienen sistemas eléctricos y electrónicos los cuales se tiene que precautelar su funcionamiento con extintores (CO2).
5	Sistema de enfriamiento por agua.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE B CLASE C	• Extintores de polvo seco (PQS) • Extintores de anhídrido carbónico (CO2)	En el Sistema de Enfriamiento por Agua tenemos equipos eléctricos como los tableros de control y los motores y equipo mecánicos como los filtros, bombas y tuberías, en este sistema es necesario tener extintores tipo PQS y CO2.

6	Sistema de lubricación.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE B CLASE C	<ul style="list-style-type: none"> • Extintores de polvo seco (PQS) • Extintores de anhídrido carbónico (CO2) 	En el sistema de enfriamiento por agua tenemos equipos eléctricos como los tableros de control y los motores y equipo mecánicos como los filtros, bombas y tuberías, en este sistema es necesario tener extintores tipo PQS y CO2.
7	Tableros AVR/LCU.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE C	<ul style="list-style-type: none"> • Extintores de anhídrido carbónico (CO2) 	En estos tableros están los paneles de control de los sistemas principales de la central, en su mayoría son elementos electrónicos, se debe tener extintores tipo CO2.
8	Generador diésel.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE B CLASE C	<ul style="list-style-type: none"> • Extintores de polvo seco (PQS) • Extintores de anhídrido carbónico (CO2) 	El generador diésel es un grupo electrógeno en donde funciona con un combustible (diésel), en este sistema se debe tener extintores tipo PQS y CO2.
9	Aire comprimido.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE B CLASE C	<ul style="list-style-type: none"> • Extintores de polvo seco (PQS) • Extintores de anhídrido carbónico (CO2) 	En este sistema existen componentes mecánicos y eléctricos es recomendable tener extintores de anhídrido carbónico (CO2).
10	Bodega de repuestos.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE A CLASE B	<ul style="list-style-type: none"> • Extintores de polvo seco (PQS) 	En la bodega de repuestos existen insumos como tela, guaípe, o paños absorbentes que sirven para la limpieza de solventes y lubricantes, es recomendable tener extintores de polvo seco tipo (PQS).
11	Acopio de rodetes y herramientas.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE A CLASE B	<ul style="list-style-type: none"> • Extintores de polvo seco (PQS) 	Se tiene un espacio junto a la entrada principal en donde se colocan los rodetes de back-up, de igual manera existen algunas herramientas mecánicas nuevas que están cubiertas de plásticos y madera, es recomendable tener extintores de polvo seco tipo (PQS).
12			CLASE A		

	Pasillos de Casa de Máquinas.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE B	•Extintores de polvo seco (PQS)	En los pasillos de CM puede haber derramamiento de lubricantes y solventes, es recomendable tener extintores de polvo seco tipo (PQS).
13	Laboratorio de Control.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE C CLASE D	• Extintores de anhídrido carbónico (CO2)	En el laboratorio de control existen muchos componentes electrónicos los cuales están compuestos de materiales especiales (magnesio, titanio, zirconio, cobre), es recomendable tener extintores de anhídrido o carbónico (CO2).
14	Bodega de Limpieza.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE A	•Extintores de polvo seco (PQS)	En la bodega de limpieza existen insumos como papel de limpieza, fundas plásticas, telas de limpieza, aromatizantes aerosoles, es recomendable tener extintores de polvo seco tipo (PQS).
15	Oficinas.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE C	• Extintores de anhídrido carbónico (CO2)	Las oficinas tienen equipos electrónicos (monitores, CPU's, impresoras), es recomendable tener extintores de anhídrido carbónico (CO2).
16	Cuarto de Baterías	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE C	• Extintores de anhídrido carbónico (CO2)	Los cuartos de baterías tienen componentes de carga de corriente continua (CC), es recomendable tener extintores de anhídrido carbónico (CO2).
17	Cafetería	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE A	•Extintores de polvo seco (PQS)	En la cafetería existen almacenamiento de cajas de comestibles, es recomendable tener extintores de polvo seco tipo (PQS).
18	Escaleras de Acceso.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 72	CLASE A CLASE B	•Extintores de polvo seco (PQS)	En las escaleras de CM puede haber derramamiento de lubricantes y solventes, es recomendable tener extintores de polvo seco tipo (PQS).

19	Oficinas planta alta.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE C	• Extintores de anhídrido carbónico (CO ₂)	Las oficinas tienen equipos electrónicos (monitores, CPU`s, impresoras), es recomendable tener extintores de anhídrido carbónico (CO ₂).
20	Sala de control.	NFPA 10 NFPA 11 NFPA 17 NFPA 72	CLASE C	• Extintores de anhídrido carbónico (CO ₂)	Las oficinas de sala de control tienen equipos electrónicos (monitores, CPU`s, impresoras) además tienen los tableros de control de todos los equipos de la central los cuales tienen componentes eléctricos y electrónicos es recomendable tener extintores de anhídrido carbónico (CO ₂).
20	Zonas verdes.	NFPA 14 NFPA 24 NFPA 20	CLASE A	• Sistema de extinción de incendios por BIE`s (mangueras hidráulicas).	Las zonas verdes que están fuera de CM podrían provocar un incendio debido a la hojarasca que cae de los árboles y del pasto seco de las áreas verdes, es necesario instalar BIE`s en cada línea hidráulica instalada.

Nota. Para la selección de cada sistema de extinción se ha tomado en consideración la clase de riesgo a la que pertenece y el tipo de agente extintor que es el adecuado para cada equipo de la CHAL.

5.2.1 Protecciones contra incendios en casa de máquinas (CM)

Para poder proteger cada zona que conforma CM se realizó un análisis de las protecciones actuales con las que cuentan para proteger cada equipo eléctrico, electrónico, control y mecánico que sirven para el funcionamiento de la central hidroeléctrica. Partiendo de ese estudio de análisis en campo se pudo confirmar en el análisis de la situación actual de las protecciones contra incendios que se encuentran actualmente instaladas cumplen con los requerimientos de NFPA 10 y garantizan la protección de los equipos principales dentro de CM, de los puntos expuestos en la tabla 11 de las secciones correspondientes a CM todos cumplen en el tipo de agente extintor y norma vigente de NFPA para el caso.

5.2.2 Protecciones contra incendios en transformador principal de 69 KV e instalaciones anexas

En el caso de todos los elementos, equipos y áreas que están fuera de CM se tendrá que realizar una implementación completa partiendo del rediseño del grupo de bombeo existente dentro CM que está conectado a los tres hidrantes que están en los exteriores de la misma, lo que se pretende realizar es un rediseño del grupo de tuberías existentes que conectan a los hidrantes y poder acoplarlas a un nuevo grupo de electrógeno de bombeo y de igual manera desde este grupo de bombeo diseñar un sistema de diluvio por boquillas rociadoras abiertas el cual pueda proteger al transformador principal de 69 KV.

Para poder realizar el rediseño hidráulico y mecánico del sistema contra incendios se han tomado en consideración los siguientes parámetros:

- Abastecimiento hidráulico
- Selección y ubicación del tanque de reserva
- Selección del sistema de tuberías de distribución
- Selección de boquillas rociadoras
- Selección de accesorios

- Selección de válvulas
- Selección de hidrantes y su equipamiento
- Selección del grupo de bombeo
- Selección de sistemas de detección de incendios
- Selección de dispositivos de medición
- Selección y ubicación de extintores móviles

Para cada una de las selecciones de los puntos se debe partir de un cálculo hidráulico tomando en consideración y partiendo del tiempo recomendado y el riesgo asignado por NFPA 15.

5.2.3 Ubicación de los equipos principales del sistema contra incendios de la CHAL

Según NFPA 22 literal 4.3.1 la ubicación del tanque de reserva y sistema de bombeo debe ser tal que el tanque y la estructura estén protegidos contra la exposición al fuego tomando en consideración que el tanque podría estar cercano a la zona de exposición al fuego (NFPA, 2018b, págs. 10-11), en el caso de la ubicación en la CHAL se ha visto factible colocar y diseñar el tanque de reserva contra incendios en la BERMA 8 cota (2276.94 m) en el mismo nivel de los tanques de purificación de agua.

Como se puede ver en la figura 45, la ubicación del tanque estará en un nivel superior del nivel de SEE, se ha delimitado esta ubicación ya que en esta BERMA la base es roca según lo explicado con el departamento de ingeniería civil de la CHAL, motivo por el cual pudiera resistir sin ningún riesgo la carga del tanque y todo el equipamiento que en ese nivel, la base del tanque de reserva se encuentra en la cota (2276.94 m) la ubicación del tanque será desde la abscisa 0+060.00 hasta 0+070.00 (se definirán las abscisas exactas dependiendo de la longitud de las líneas de tuberías que se definan hasta el sistema contra incendios del transformador principal de 69 KV) en cuanto al espacio en la BERMA 8, el ancho es de 5.30 m por lo cual se podría disponer en ese espacio del ancho del tanque de reserva de 4 m.

Figura 45

Plataforma de la ubicación propuesta del tanque de reserva en la BERMA 8



Nota. Fotografía donde indica la plataforma en donde se propone instalar el tanque de reserva y grupo de bombeo del rediseño del sistema contra incendios de la CHAL.

El desnivel entre la BERMA 8 y la SUB. ESTACIÓN es de 5,094 m y el talud es de 45° (ver Figura 46), en la plataforma de la BERMA 8 y el comienzo de la BERMA 7 existe un canal en "V" el cual sirve en general para desagüe y drenaje del tanque de reserva, este canal de igual manera servirá para drenar el tanque cuando se necesite hacer algo tipo de intervención o mantenimiento.

Figura 46

Recorrido de tubería hasta transformador principal de 69 KV



Nota. Fotografía donde indica el recorrido de la tubería de abastecimiento hasta el anillo principal hidráulico de boquillas rociadoras.

5.3 Datos de partida para el rediseño y cálculo del sistema contra incendios en transformador principal de 69 KV e instalaciones anexas

Para saber cuáles serán los datos de caudal requerido es necesario saber cuáles son los parámetros de diseño establecidos por el sistema contra incendios seleccionado para el transformador principal de 69 KV, como se va a implementar un sistema de aspersion por boquillas rociadoras mediante una válvula de diluvio hay que tomar en consideración lo que requiere la norma vigente NFPA 15 literal 7.4.4.3.1 en donde determinar un prisma envolvente del espacio o este caso el sistema que se va a proteger, se ha podido determinar las medidas que envuelven a todo el transformador desde sus lados o salientes más alejadas. También se ha considerado realizar un prisma envolvente al depósito de aceite ya que se encuentra en la parte superior del transformador y requiere un gasto extra, en la tabla 12 se indica las dimensiones del prisma envolvente del transformador principal de 69 KV, al abastecimiento total también se debe agregar el gasto el cual se calcule para el sistema de hidrantes y mangueras BIE`'s las dimensiones son las que se encuentran en (NFPA, 2017).

5.3.1 Caudal necesario para el abastecimiento del sistema contra incendios de la CHAL

Dentro del abastecimiento total que se necesitará para la protección del transformador principal de 69 KV se aplicará una tasa neta de densidad de agua según NFPA 15 literal 7.4.4.3.1. sugiere que la tasa neta para la protección de un transformador debe aplicarse a una tasa neta no inferior a 10.2 l/min por m² del área proyectada del prisma rectangular (ver tabla 12) que envuelve el transformador y sus accesorios. Se va a considerar como riesgo especial el depósito de aceite del transformador, por el contenido de material combustible en su interior. Al volumen del prisma que envuelve este depósito se aplicará una tasa de 20 l/min por m².

Tabla 12

Medidas del prisma envolvente en el cuerpo del transformador principal de 69KV.

<i>Cara</i>	<i>Dimensiones (m)</i>		<i>Nro. lados</i>	<i>Área Unit. (m²)</i>	<i>Área Total (m²)</i>
A	3.330	4.160	2	13.8528	27.7056
B	3.330	4.830	1	16.0839	16.0839
C	4.830	4.160	2	20.0928	40.1856
				Σ áreas transformador	83.9751

Como se puede ver en la figura 47 se ha tomado la referencia de la cara A como el frente y el fondo del prisma envolvente del transformador principal del 69KV, la cara B se ha tomado como referencia la parte superior del cubeto del transformador que abarca toda su área en planta, a esta cara solo se le considera un lado ya que el flujo va a actuar solo sobre la parte superior y en la cara C se ha tomado como referencia las partes laterales del transformador que también abarca los radiadores, todas estas medidas totales incluyen las medidas que abarca el depósito en la parte superior. Se realiza el prisma envolvente de dimensiones del área de depósito de aceite del transformador principal de 69 KV, estas se presentan en la tabla 13.

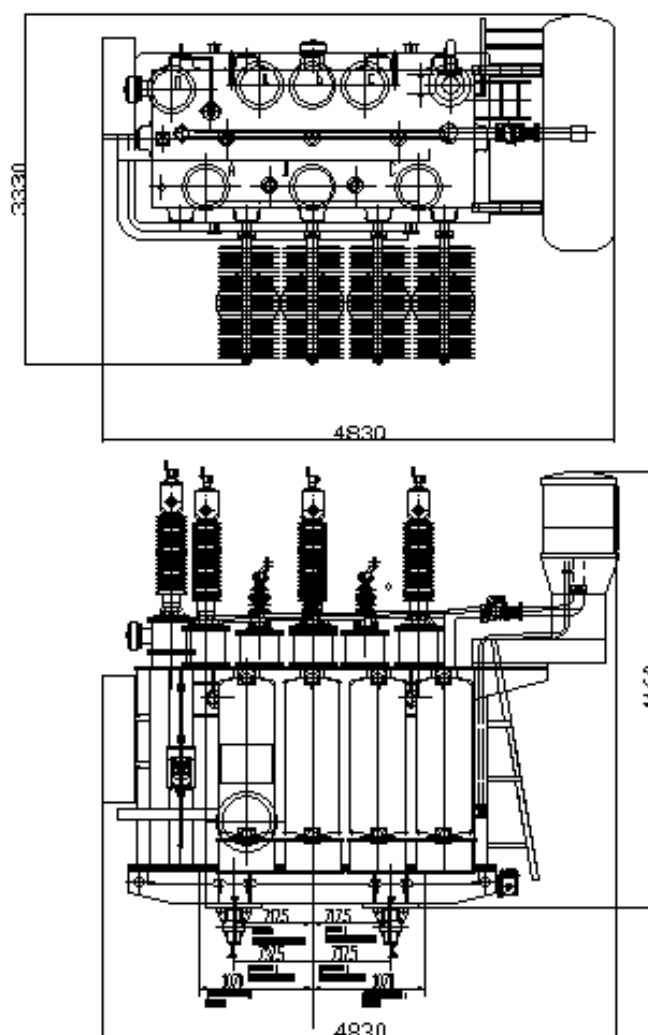
Tabla 13

Medidas del prisma envolvente en el cuerpo del depósito de aceite

Cara	Dimensiones (m)		Nro. lados	Área Unit. (m ²)	Área Total (m ²)
D	2.260	1.821	2	4.11546	8.23092
F	1.821	0.726	2	1.322046	2.644092
G	0.726	2.260	1	1.64076	1.64076
Σ áreas Depósito					12.515772

Figura 47

Medidas generales del transformador principal de 69 KV



Nota. Tomado de (CELEC EP_ Hidroazogues, 2015, págs. 166-168)

Una vez establecidas las áreas de los prismas envolvente tanto del cuerpo del transformador principal de 69 KV, como de su depósito de aceite se procede a sacar sus caudales con las tasas

indicadas (ver Tabla 13), para el cuerpo del transformador se restará el área total menos el área de depósito, la suma de las áreas por sus tasas volumétricas se expresa en “Cálculo de demanda total de caudal en transformador de 69KV” el en la siguiente ecuación 4.

$$Q_{AP.} = (ATT - ATD) * TVT + ATD * TVD \quad (4)$$

Donde:

ATT Área total del Transformador Principal de 69 KV. [m^2]

ATD Área total del Depósito de Aceite del Transformador. [m^2]

TVT Tasa Volumétrica Transformador Principal 69KV. (Riesgo Ordinario). [$\frac{L/min}{m^2}$]

TVD Tasa Volumétrica Depósito de Aceite del Transformador. (Riesgo Especial). [$\frac{L/min}{m^2}$]

Reemplazando los valores en la ecuación 4 se tiene:

$$Q_{AP.} = (83.9751m^2 - 12.5157m^2) * 10 \frac{L}{min} + 12.5157m^2 * 20 \frac{L}{min}$$

$$Q_{AP.} = 979.2005 \frac{L}{min}$$

Se ha realizado el cálculo de la demanda de agua que se necesitará para el transformador principal de 69 KV. Para saber cuál será la demanda total de caudal en el sistema debemos agregarle el gasto o demanda que tendrán las tomas hidrantes, ya que estas líneas hidráulicas estarán instaladas en paralelo con el sistema contra incendios del transformador principal.

Sumando el caudal total de lo que representa el transformador principal de 69 KV y depósito de aceite más el caudal del consumo de los hidrantes (Q_h), en la siguiente ecuación 5 se tiene:

$$CAUDAL\ TOTAL_{SCI} = Q_{AP.} + Q_h \quad (5)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 5 se tiene:

$$CAUDAL\ TOTAL_{SCI} = 979.2005 \frac{L}{min} + 600.182 \frac{L}{min}$$

$$CAUDAL\ TOTAL_{SCI} = 1579.3825 \frac{Lt}{min}$$

Con este dato tenemos la partida de como iniciar el diseño del sistema contra incendios del transformador principal del 69 KV y también podemos inicialmente diseñar y dimensionar el tanque de reserva.

5.3.2 Cálculo del abastecimiento y tanque de reserva del sistema contra incendios de la CHAL

Con el dato del caudal total del sistema contra incendios podemos calcular el volumen del tanque de reserva (V_t) para ello se estableció cual es el lugar y ubicación donde debe ser colocar dicho tanque, para sacar el volumen del tanque se ha considerado un tiempo máximo (T_{max}) de 30 minutos, el cálculo del volumen es la siguiente ecuación 6:

$$V_t = CAUDAL\ TOTAL_{SCI} * T_{max} \quad (6)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 6 se tiene:

$$V_t = 1579.3825 \frac{L}{min} * 30\ min$$

$$V_t = 47381.475\ L$$

El volumen calculado da un volumen aproximado a los $47.3825\ m^3$, para compensar valores de cálculo como la demanda de caudal por boquilla, y la altura útil desde la placa anti-vórtice se dimensionará un tanque con una capacidad neta de $50\ m^3$ y las medidas son las siguientes (ver Tabla 14):

Tabla 14

Volumen total del tanque de reserva

<i>DIAMETRO [m]</i>	<i>ALTURA [m]</i>	<i>ESPESOR [mm]</i>
4	4.5	5

El volumen de depósito cilíndrico será $56.5486 m^3$ pero se instalará una tubería de rebose 150 mm de la parte superior del depósito y la altura de la placa de anti-vortice desde la base del tanque será de 150 mm, por lo que la altura útil del tanque sería 4.20 m y su volumen útil sería de $52.7787 m^3$ este dato está por encima de volumen calculado.

Hay que tomar de igual manera cual será el caudal que tenga sistema de bombeo seleccionado, generalmente en los catálogos comerciales siempre vienen en rangos de cada 100 GPM y el valor que tenga de caudal se tendría que aproximar al que en verdad consumiría la bomba seleccionada, en ese caso se tendría que hacer un análisis si se puede aumentar el volumen del tanque de reserva aumentando su altura dependiendo de la demanda final de la bomba seleccionada.

De la altura del tanque de reserva la altura útil se considera desde la tubería de rebose hasta la placa de anti vórtice según los especificado por NFPA 22 literal 4.1.4 (NFPA, 2018b). Otro factor importante para determinar las medidas es la ubicación en donde va a estar el tanque y a qué distancia estará del lugar en donde actuará el sistema de protección contra incendios en el caso puntual la protección del transformador principal de 69 KV.

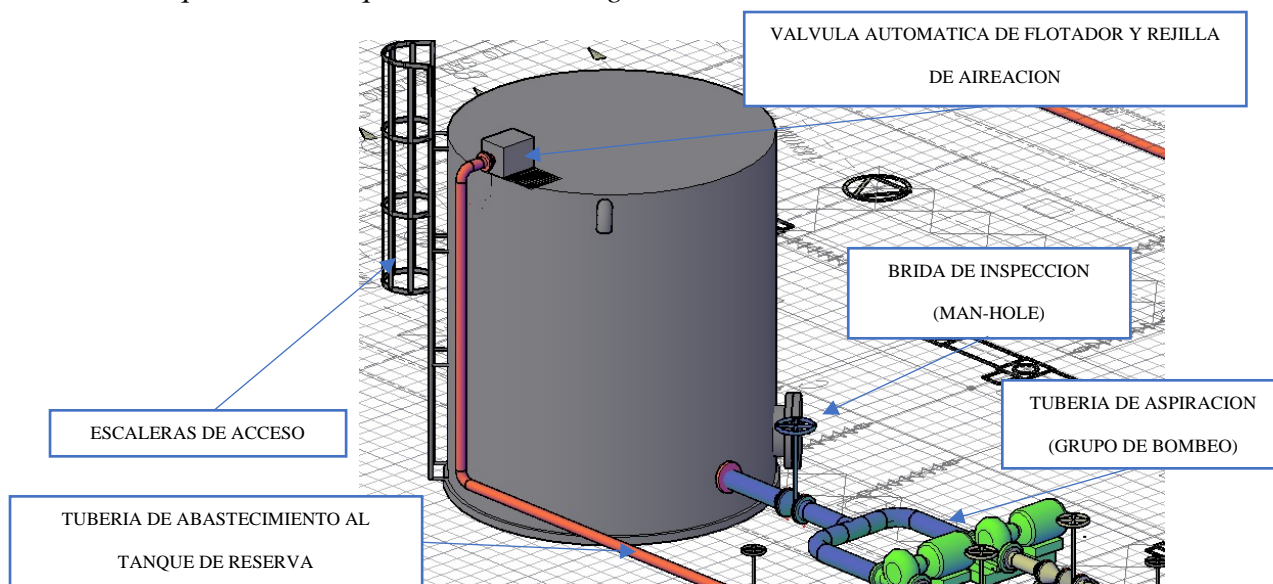
- **Tipo de tanque de reserva seleccionado**

Por el espacio disponible en la plataforma de la BERMA 8 se pretende construir un tanque o depósito cilíndrico como el de la figura 48 de aproximadamente 4000 mm de diámetro y 4500 mm de altura de los cuales el tanque estará siempre lleno de 4100 a 4400 mm, se deja una altura mayor a 4000 mm debido a que cuando se seleccione una bomba comercial probablemente su consumo o gasto de caudal sea mayor y se necesitaría una mayor capacidad de tanque para abastecer el sistema, de igual manera se debe contemplar que la altura útil comenzara desde el nivel de la placa anti vórtice y esta estará aproximadamente a 150 mm (6") de la base del tanque. En cuanto al material de la plancha será ASTM- A536 y el espesor de la plancha será 5mm.

Para el ensamble y soldadura de las planchas se requiere que sea en campo por proceso SMAW – E 7018 y bisel en “X” para soldar de ambos lados de la plancha y una separación de 3 mm entre plancha para el cordón de raíz.

Figura 48

Esquema del tanque de reserva de agua de la CHAL.



Nota. La figura corresponde a un isométrico del diseño del tanque de reserva de la CHAL.

La base del tanque (ver anexo 8) tendrá una pendiente aproximada de 5° entre la placa anti-vórtice o aspiración de bombas y la brida de vaciado, dejando esto con la intención que el flujo por gravedad vaya en dirección a la brida de vaciado.

De igual manera el tanque tendrá una escalera marinera que va desde la base hasta el punto más alto del tanque (5000mm) en donde también tendrá una plataforma con una placa de aireación. En la parte inferior del tanque de reserva se instalará una brida de inspección (Man-Hole) para que el mantenedor pueda ingresar por ese ducto de 600mm y se puedan realizar actividades de mantenimiento.

- **Recubrimiento del tanque de reserva**

El tanque de reserva estará cargado constantemente de agua que estará almacenada de manera permanente según NFPA 20, literal 4 (NFPA, 2016b). Luego de que el tanque de reserva quede desabastecido por un evento de incendio o un mantenimiento programado este deberá ser

abastecido en un tiempo no mayor de 8 horas, como en interior del tanque estará siempre con el flujo hídrico en reposo lo ideal y recomendable es colocar un recubrimiento anticorrosivo en su interior.

Como se explicó en la tabla 9, el flujo hídrico que ingresa en los diferentes sistemas de la CHAL tienen diferentes índices de turbidez dependiendo como venga el mismo desde sus afluentes principales y el principal problema en el ingreso de agua en los sistemas es la sedimentación sea en mínima o en gran cantidad, como se requiere que el agua que abastezca al tanque de reserva venga desde el sistema de bombeo que está en el interior de CM esta vendría con sedimentación la cual dañaría (oxidaría) la parte interior del tanque, aparte que una agua que contenga partículas de óxido de igual manera perjudicaría a los sistemas de bombeo, válvulas y boquillas rociadoras.

Por tal motivo se recomienda en primera instancia realizar una limpieza de la superficie (grateado) para remover todos los óxidos del material incluyendo los óxidos y escorias provocados por la soldadura, luego se deberá proceder a recubrir las superficies con la pintura base o de fondo VpCI-396, este recubrimiento duro pero a la vez flexible es un recubrimiento de uretano de características únicas porque contiene inhibidores de corrosión en Fase de Vapor VpCI, que depositan una película mono-molecular sobre las imperfecciones microscópicas del metal.

Este recubrimiento ofrece una durabilidad óptima para estructuras metálicas en especial a las que están expuestas al almacenamiento a largo plazo del fluido hidráulico, debido a la elevada resistencia mecánica y superior adherencia del revestimiento al metal, en comparación a los anticorrosivos tradicionales, pero en especial, gracias a la protección de los inhibidores de corrosión de nueva generación VpCI, incorporados a nivel de la estructura molecular.

En cuanto al recubrimiento de acabado se podrá utilizar uno de la línea Epóxido Poliamida de alto desempeño SHERWIN WILLIAMS, este recubrimiento final es ideal para tanques que necesiten tratamiento para almacenar aguas residuales o aguas no tratadas, este recubrimiento de acabado tendrá entre 10-12 mils de espesor, con este tratamiento interior al tanque de reserva se

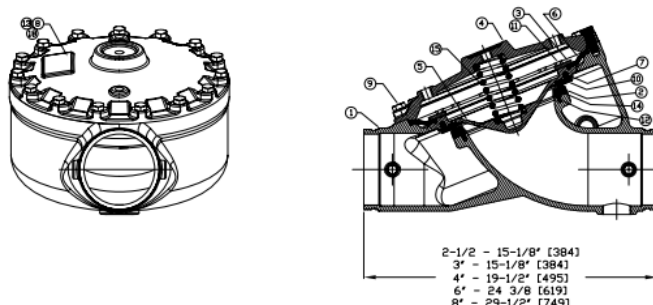
garantizará que no existan daños internos y de igual manera el flujo hídrico no se transporte con óxido al resto de sistemas. En el anexo 1 se indica la especificación técnica de los recubrimientos superficiales.

- **Nivel operativo del tanque de reserva**

Para garantizar la operatividad del tanque de reserva se plantea colocar una válvula de control pilotada (ver figura 49) MODELO J-1 VIKING de tal manera que cuando el nivel del tanque de reserva baje de un nivel menor 1000 mm un sensor de nivel de la señal a la válvula y esta permita el paso del fluido hidráulico hasta el tanque de reserva, para ella en la tubería de abastecimiento que viene desde el sistema de bombeo dentro de CM tendría que estar siempre N/A y la tubería debería estar siempre cargada hasta la válvula de control pilotada, en el anexo 2 se puede observar las características principales de esta válvula de control.

Figura 49

Detalle válvula de control de flujo MODELO J-1 VIKING de 4"

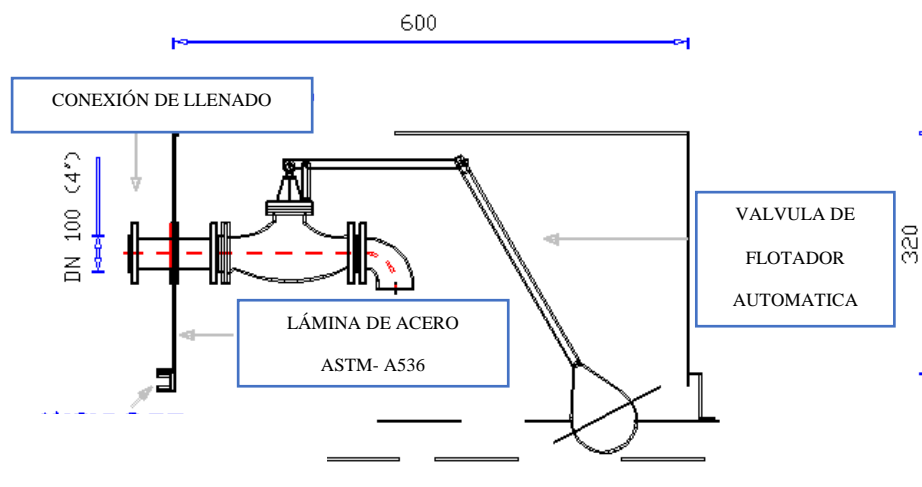


Nota. Tomado de (VIKING, 2010, pág. 506c).

De igual manera se instalará una válvula de flotador pilotada (ver Figura 50) en la parte superior del tanque está colocada la brida de conexión por donde ingresa el flujo hídrico, esta válvula regulará el llenado del tanque mediante la activación de un dispositivo que cierra y abre el paso del flujo, el nivel máximo que se alcanzará en el tanque será de 4400 mm en ese nivel la válvula de flotador se activará y cerrará el paso.

Figura 50

Esquema de válvula de flotador del tanque de reserva



Nota. La figura corresponde a un esquema de detalle del diseño del tanque de reserva de la CHAL.

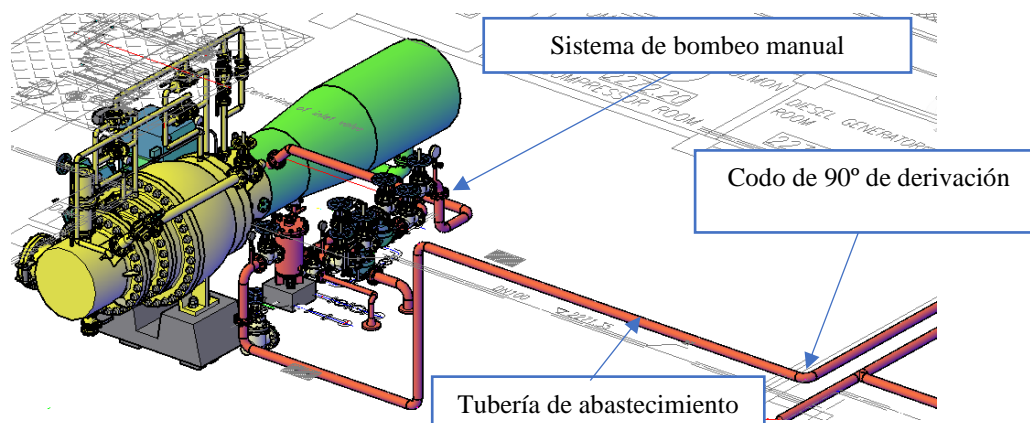
- **Abastecimiento del tanque de reserva**

Para la selección del abastecimiento de agua se debe tomar en cuenta que según NFPA 851 literal 6.2 las centrales hidroeléctricas están localizadas entre las áreas adyacentes de ríos o formaciones de lagos (represas), por lo cual es permitido que el suministro hidráulico para los sistemas contra incendios sea abastecido de estos afluentes. De igual manera se debería considerar los problemas especiales de este tipo de suministro de agua (congelamiento, flujo bajo, alta sedimentación) asociados con los requerimientos para los sistemas de protección contra incendios, equipo e instalaciones (NFPA, 2010, pág. 19).

En el caso del abastecimiento del sistema contra incendios para el transformador principal de 69 KV se utilizará la instalación de bombeo contra incendios que se encuentra dentro de CM (ver Figura 51), desde dicha instalación se deriva una tubería que es el colector principal. y abastecedor para los hidrantes que se encuentran fuera de CM en la cota (2269,16 m), lo que se procederá a hacer es utilizar la tubería colectora principal y aislar de los ramales de los hidrantes, se realizará un corte 500mm antes de llegar a la “T” que reparte el caudal al resto de las tuberías y desde ese punto se colocará un codo soldado de 100mm desde el cual se derivará una tubería que llevará el caudal hasta el tanque de reserva diseñado.

Figura 51

Disposición de la tubería colectora de la instalación contra incendios



Nota. Tomado de (CELEC EP_ Hidroazogues, 2015, pág. 361).

En la cuestión que exige la calidad de agua según NFPA 851 se podrá abastecer el tanque dos veces por año para mantenimiento, y cuando el agua este en un índice de turbidez óptimo (menor de 20 NTU), en el caso de ingresar con partículas lo ideal es que estas se queden en el fondo del tanque más abajo del nivel de la placa anti vértice y el agua pueda fluir hasta el sistema de bombeo lo más limpio posible (NFPA, 2010)

De la tabla 9 sobre el referencial de turbidez, se pueden ver los valores de operación de los equipos de la CHAL y los riesgos a los que puede exponerse al trabajar con valores altos de turbidez, un agua que mantenga un alto índice de material coluvial no tendría una buena mezcla con espuma y de igual manera taponaría los rociadores en el caso que se planteara instalar un sistema ACAF, el caudal de diseño del grupo de bombeo de donde se va a abastecer el sistema es de 600,1821 l/min, en el los planos del anexo (8) se encuentra el detalla del sistema de tuberías del abastecimiento al tanque de reserva.

Para el cálculo del abastecimiento del tanque, se toma el volumen del tanque (VT) ya calculado y se toma el caudal total que necesitará todo el abastecimiento del tanque que es el caudal de diseño del grupo de bombeo (Q_{ABT}) lo cual dará un tiempo de abastecimiento (T_{ABT}) para el tanque de reserva en la siguiente ecuación 7:

$$T_{ABT} = V_T / Q_{ABT} \quad (7)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 7 tenemos:

$$T_{ABT} = \frac{56548.668 \text{ L}}{600.1821 \text{ L/min}}$$

$$T_{REABASTECIMIENTO} = 94.1159 \text{ min.}$$

Con esa tasa de caudal se podrá llenar en el tiempo calculado de 94,1159 min, para saber la velocidad que se transportará el fluido por la tubería definimos que tipo de tuberías se va utilizar, en este caso será una tubería de 4" (102,260 mm) cédula 40.

5.3.3 Cálculo del caudal unitario por boquilla rociadora de descarga

Un factor importante para la selección de una boquilla rociadora es la determinación de su factor k que es igual a la ecuación (3). Se puede escoger este factor tomando en consideración la presión y el caudal que se conoce y aproximando al valor nominal del rociador, otra manera de saber este factor es tomando de la siguiente gráfica en donde tenemos en los dos ejes la presión y el caudal y podemos aproximar a la curva de las gráficas que tienen los valores nominales de K.

Como se sabe la geometría del transformador principal de 69KV es asimétrica y tomando los requerimientos de ubicación de las boquillas rociadoras según NFPA 15.6 y NFPA 15.7 se ha procedido a colocar 18 boquillas rociadoras. Para determinar el valor unitario de caudal (Q_{UNT}) de una boquilla rociadora procedemos a dividir el caudal total que se calculó para el abastecimiento del sistema de rociadores y ese valor se divide para 18 como se indica en la siguiente ecuación 8.

$$Q_{UNT} = \frac{Q_{AP}}{\#_{Boq}} \quad (8)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 8 tenemos:

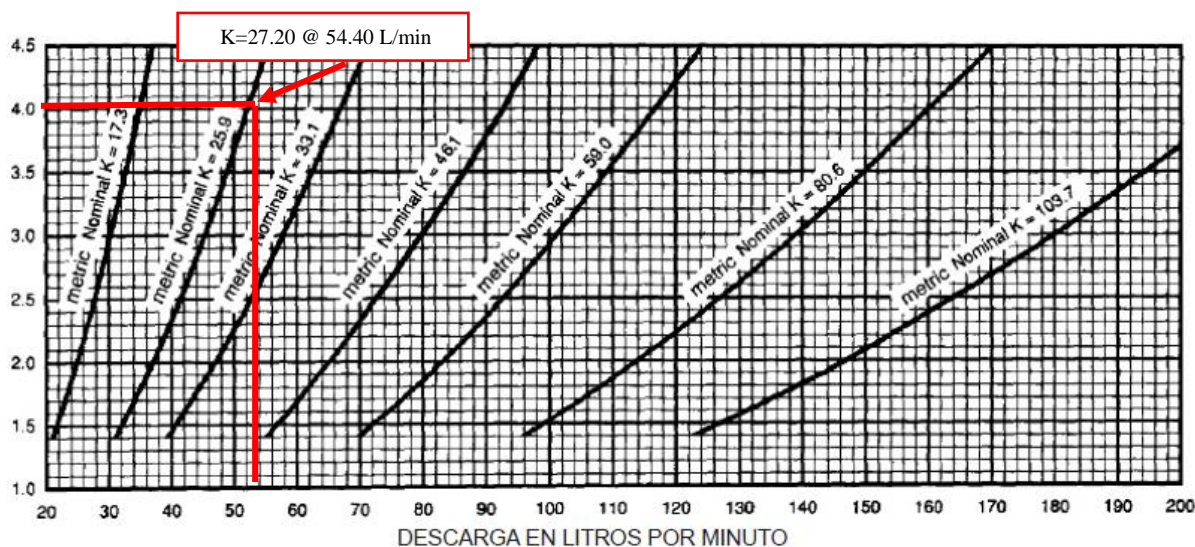
$$Q_{UNT} = \frac{979.2005 \text{ L / min}}{18}$$

$$Q_{UNT} = 54.400 \text{ L/min}$$

El caudal unitario calculado dividido para el numero de boquillas rociadoras es **54.400 L/min**, este caudal sirve para poder iterar y encontrar el caudal y el factor K exactos que descarga una boquilla (gráfica 1).

Gráfica 1

Curvas de descarga nominal



Nota. Adaptado de (VIKING, 2013, pág. 32j)

En la gráfica 1 se puede observar cual es el valor de K que tiene una boquilla rociadora VIKINGS tipo E, para sacar este factor se debe aproximar el caudal unitario de descarga con la presión requerida de la boquilla rociadora, esta selección es importante ya que para el efecto del cálculo hidráulica determinará cual será el caudal necesario y la presión para abastecer el sistema contra incendios desde un sistema de bombeo.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que el caudal total que pueda dar el cálculo hidráulico total no debería exceder el 5 % del caudal calculado para el abastecimiento inicial, con el caudal inicial calculado se procederá a calcular el factor K para una boquilla rociadora de 4 bar. Ya que es la presión de boquillas más comercial.

Reemplazando los valores en la ecuación 3 tenemos:

$$K = \frac{54.400 \text{ L / min}}{4 \text{ bar}}$$

$$K = 27.200 \text{ L}/\text{min} * \text{bar}^{1/2}$$

Para el valor de 4 bar que nos dio un valor $K = 27.200$ se puede aproximar en la gráfica 1 a la curva de **25.90**; con estos nuevos valores y con la presión seleccionada se puede sacar un nuevo caudal unitario de descarga.

Para una boquilla de 4 bar se tiene:

Reemplazando los valores tenemos en la ecuación 3 tenemos:

$$Q_{UNITARIO} = 25.900 \text{ L}/\text{min} * \text{bar}^{1/2} * \sqrt[2]{4 \text{ bar}}$$

$$Q_{UNITARIO} = 51.800 \text{ L}/\text{min}$$

Como se aprecia, los nuevos valores de caudal son menores que los valores iniciales ya que los K calculados eran mayores a los K que se aproximó en la tabla, si cada valor de caudal se le multiplicara por el número de boquillas que en este caso son 18 el resultado total fuera menor al calculado para el abastecimiento total, pero estos valores iniciales de caudal nos sirven para realizar el cálculo hidráulico de pérdidas de carga desde la boquilla rociadora más alejada y con la suma de perdidas dará un valor total de caudal el cual será el valor real que circulara por el sistema contra incendios.

- **Selección de los perfiles de descarga de boquillas rociadoras para el sistema contra incendio de la CHAL**

Para la ubicación de las boquillas rociadoras en el sistema hidráulico se debe garantizar que la descarga tenga el alcance y el ángulo necesario para cubrir las zonas que se necesiten proteger, como se indicó en la metodología se utilizará boquillas abiertas VIKINGS tipo E, estas boquillas indican tres parámetros importantes para la ubicación de las boquillas rociadora, estos son:

- Ángulo fijo de la boquilla
- Ángulo de cobertura axial de la boquilla.
- Ángulo de cobertura radial de la boquilla.

Según VIKING (2013) para varios ángulos fijos, la distancia de la boquilla a la tangente del objeto a proteger es el ángulo fijo es el ángulo formado entre la vertical (0°) y la orientación de la boquilla. El ángulo de pulverización es el ángulo formado por el perfil de la descarga de la boquilla. La distancia máxima viene determinada por el punto en el que el ángulo de la descarga, no varía en la posición vertical respecto a la tangente del ángulo fijo. Las distancias que se indican corresponden a una presión residual a la entrada de la boquilla de entre 1,4 bar (20 psi) y 4,1 bar (60 psi); en el caso de sistema contra incendio de la CHAL se utilizarán ángulos fijos de 0° en las boquillas que protegerán al depósito de aceite, ángulo de 45° para las boquillas que protegerán al sistema de enfriamiento (radiador) y 90° para las boquillas que protegerán el cuerpo del transformador y la parte superior en las tuberías de distribución de aceite a los Bushing (pág. 32e)

Las boquillas rociadoras se ubicarán alrededor del transformador en forma de anillo cerrado y tendrán una cobertura hidráulica disponible para proteger al cuerpo del radiador, depósito de aceite, cubeto o cuerpo del transformador y en la parte superior se encuentra la tubería hidráulica de aceite que funciona para el sistema de enfriamiento del transformador.

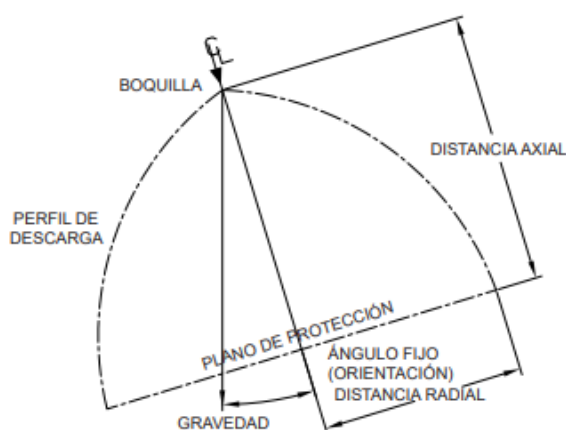
Según CELEC EP_ Hidroazogues (2015) el transformador principal de la Subestación Alazán tiene un sistema de enfriamiento “ONAN” (Circulación Natural de Aceite; Circulación Natural de Aire) y “ONAF” (Circulación Natural de Aceite; Circulación Forzada de Aire). Los ventiladores se apagan cuando la temperatura del aceite llega a los 55°C y se encienden cuando la temperatura del aceite llega a los 65°C ., si sobrepasa estos parámetros el transformador estaría en riesgo de provocar un incendio tomando en consideración que la temperatura media del aceite del transformador no sobrepasa los 40°C (pág. 147)

En la parte superior del cuerpo del transformador se debe colocar boquillas rociadoras que tengan un alcance a las tuberías de distribución de aceite y evitar que las boquillas tengan un alcance a los Bushing que si bien están expuestos a condiciones del ambiente no se podría exponer a estos elementos de alta tensión a chorros de agua a presión.

En cuanto al ángulo de descarga se utilizará un ángulo de 80° para los que tengan un ángulo fijo de 90° y 45° y se utilizará un ángulo de descarga de 110° para los que tengan un ángulo fijo de 90° es decir para las dos boquillas que están en vertical y protegerán al depósito de aceite, para saber cuáles serán las distancias según el ángulo de boquilla a utilizar hay que utilizar.

Figura 52

Perfil de descarga de una boquilla rociadora Tipo E



Nota. Adaptado de (VIKING, 2013, pág. 32f).

En la figura 52 se puede observar cual es la distancia axial y radial para una boquilla rociadora, para tener una medida más específica de la cobertura de la distancia axial tomando en consideración el ángulo fijo de montaje, el ángulo de descarga y sobre todo el factor K de descarga, se toma la referencia la siguiente tabla 15:

Tabla 15

Distancias axiales según factor K, ángulo fijo y ángulo de pulverización 80°

DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 80° EN PIES Y PULGADAS							
ÁNGULO FIJO	FACTOR K						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
30°	3.0	3.0	3.0	3.2	3.4	3.4	3.5
45°	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.0
60°	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.4	2.6
90°	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4
120°	1.5	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0	2.1
135°	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0
150°	1.3	1.4	1.4	1.7	1.8	1.8	1.8
180°	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8

Nota. Adaptado de (VIKING, 2013, pág. 32i).

Tabla 16

Distancias axiales según factor K, ángulo fijo y ángulo de pulverización 110°

DISTANCIA AXIAL MÁXIMA PARA UN ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE 110° EN PIES Y PULGADAS							
ÁNGULO FIJO	FACTOR K						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
30°	2.0	2.0	2.2	2.5	2.7	2.8	3.0
45°	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6
60°	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2
90°	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0
120°	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5
135°	0.8	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.4
150°	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3	1.4
180°	0.7	0.8	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3

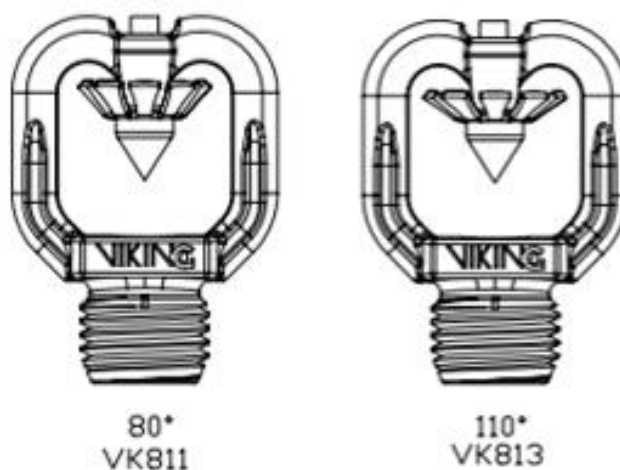
Nota. Tomado de (VIKING, 2013, pág. 32i).

En las tablas 15 y 16, respectivamente se pueden observar las medidas axiales exactas según el ángulo fijo y el ángulo de pulverización, en la tabla 15, para un ángulo de pulverización de 80 ° se puede ver que para el ángulo fijo de 45 ° este marcado de azul, y en ángulo fijo de 90 ° este marcado de rojo, en la siguiente tabla 16, para un ángulo de pulverización de 110 ° para el

ángulo fijo de 0° esté marcado de verde y para el ángulo fijo de 90° está marcado de amarillo, tomando en consideración podemos escoger las siguientes boquillas rociadoras, (ver Figura 53):

Figura 53

Serie de las boquillas VIKINGS por su ángulo de pulverización



Nota. Tomado de (VIKING, 2013, pág. 32g).

En la tabla 17 se han recopilado las características técnicas tanto de sus ángulos de descarga, ángulo de montaje y distancia axial para la selección de la boquilla abierta VIKINGS tipo – E; mientras la boquilla se encuentre en posición vertical o angular debajo de la tubería montante mayor será el alcance de la longitud axial, en el caso de los seis rociadores VK813 serán los que más radio de cobertura alcanzarán ya que estos sirven para cubrir el depósito de aceite desde la parte superior, el radiador y la cara derecha del transformador.

Tabla 17

Selección final de boquillas tipo E para el sistema contra incendios de la CHAL con factor

K=25,9

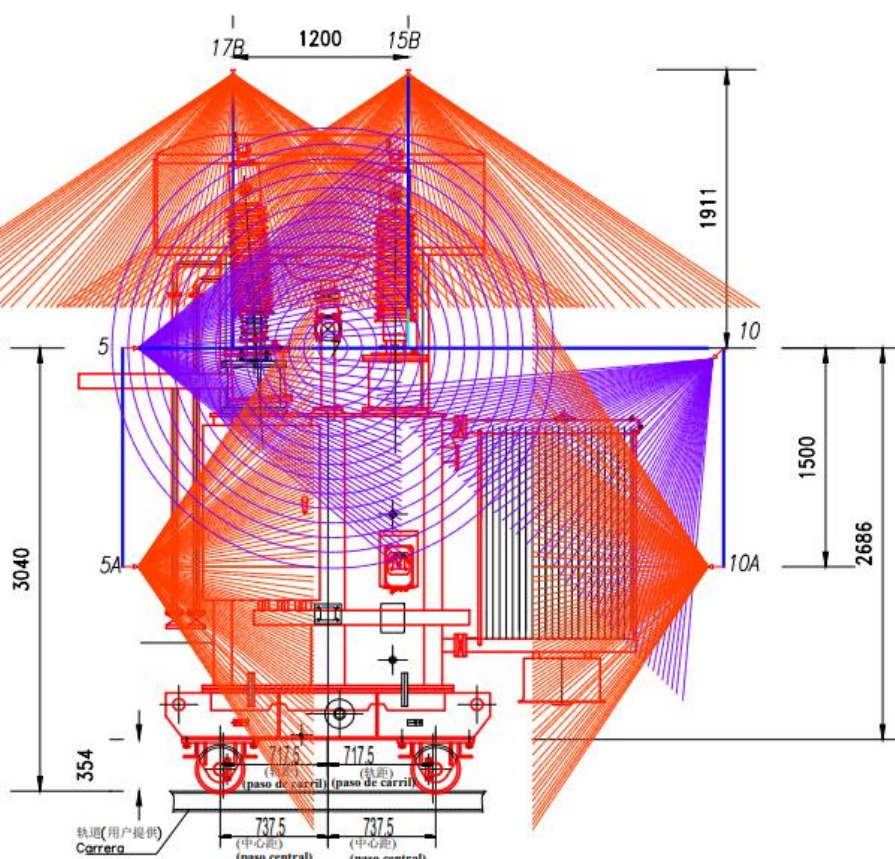
<i>Nro. boquillas</i>	<i>Serie de boquilla rociadora</i>	<i>Referencia</i>	<i>Angulo fijo de descarga</i>	<i>Angulo fijo de montaje</i>	<i>Máxima distancia axial de descarga</i>
10	VK811	12907	80°	90°	1.8
2	VK811	12907	80°	45°	2.3
2	VK813	12916	110°	0°	3.4
4	VK813	12916	110°	90°	1.2

En cuanto a las boquillas tipo VK811 se instalarán alrededor del anillo hidráulico 12 boquillas rociadoras de las cuales se instalarán 10 boquillas con un ángulo de montaje de 90° , estas boquillas serán las encargadas de extinguir el fuego en la parte superior del tanque o cubeto del transformador donde se encuentran las tuberías de aceite del transformador, las otras dos boquillas VK811 se instalarán para la protección directa del radiador del transformador y tendrán un ángulo fijo de montaje de 45° .

En las figuras 54 y 55 se puede observar el trazado de las trayectorias de los tipos de boquillas rociadoras, las de color violeta corresponde al tipo VK811 y las de color naranja corresponden al tipo VK813.

Figura 54

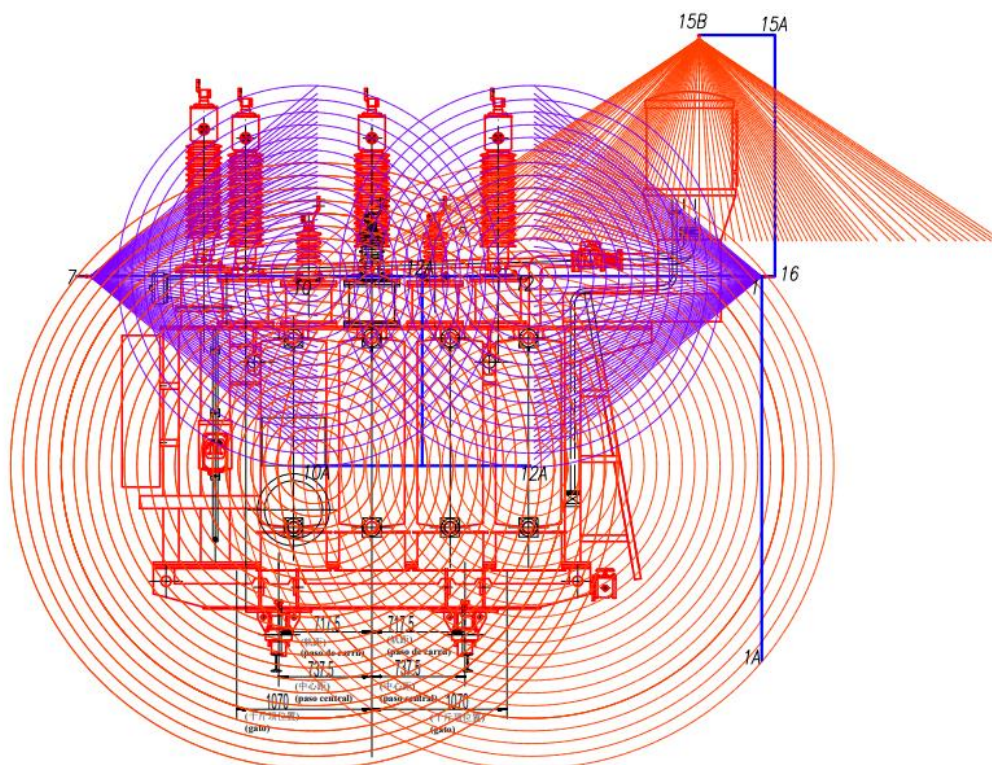
Disposición y arco de cobertura de boquillas VIKINGS vista frontal



Nota. En la figura se puede observar las trayectorias y ángulos de descarga de las boquillas rociadoras sobre las partes laterales y superiores del transformador.

Figura 55

Disposición y arco de cobertura de boquillas VIKINGS vista lateral



Nota. En la figura se puede observar las trayectorias y ángulos de descarga de las boquillas rociadoras sobre las partes laterales y superiores del transformador.

- **Selección de boca contra incendios**

Se recomienda instalar unas bocas hidráulicas siamesas de pedestal y reemplazar por los hidrantes instalados, estos dispositivos hidromecánicos son de mayor agilidad en el momento de embonar una manguera hidráulica ante cualquier tipo de incendio, la instalación de la boca siamesa será como el diagrama indicado en la figura 56.

Figura 56

Toma hidráulica siamesa de pedestal marca Potter-Roemer



Nota. Tomado de (POTTER ROEMER FIRE PRO., 2020).

Este tipo de boca contra incendio es adecuado para la red de 100mm de diámetro (4”) cada boca tiene un diámetro de 2 ½” para los acoples del hidrante se recomienda una manguera por hidrante de 2 ½ “de diámetro y 15m de largo, la manguera deberá tener un doble enchaquetado de caucho sintético, la manguera deberá tener un acople roscado macho de 2 ½ “para poder acoplar a las entradas laterales de la toma y adjunto a la toma se colocara un gabinete de mangueras tipo III así como la disposición de la figura 13.

Se ha considerado el criterio de diseño de la tabla 18 en la cual indica que el gasto de un hidrante más alejado en riesgo ordinario y por 30 min será $200 \text{ L}/\text{min}$ Como son 3 hidrantes el gasto será de $600.1821 \text{ L}/\text{min}$ de lo que representa el gasto máximo de hidrantes o BIE`s. Los cálculos totales de los sistemas de hidrantes están detallados en el anexo 4 tabla B1.

Tabla 18*Requisitos de caudal de hidrantes*

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior total combinada		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo leve	0, 50, o 100	0, 190, o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0, 50, o 100	0, 190, o 380	250	950	60–90
Riesgo extra	0, 50, o 100	0, 190, o 380	500	1900	90–120

Nota. Tomado de (NFPA, 2019, pág. 80).

5.3.4 Pre diseño de longitudes y diámetros de las tuberías del sistema contra incendios de la CHAL

Cada tramo que se va a diseñar debe tener una forma específica dependiendo del sistema de aspersión que se quiera implementar para extinguir el incendio. Para el diseño hidráulico del transformador principal de 69KV se debe implementar un diseño hidráulico con el patrón de red cerrada de tal manera que los aspersores puedan cubrir la mayor cantidad de área posible.

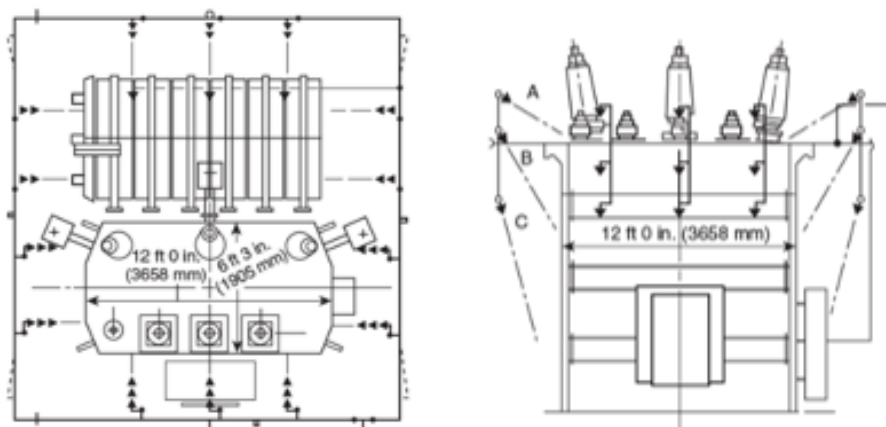
Para la selección específica de las tuberías que se adaptarán los rociadores se seleccionará una tubería de diámetro de 2” y para los ramales que saldrán de estas tuberías un diámetro de 1 ½”, este valor es teórico, ya que realizando el cálculo hidráulico se definirá si los valores asignados para los diámetros de las tuberías son los adecuados para la distribución de los caudales y la presión a la que trabajaran las tuberías.

Para la selección de los valores teóricos de los diámetros de las tuberías se ha seleccionado de la tabla de ASTM A795 SCH 40. Según NFPA JOURNAL EN ESPAÑOL (2021), se debe seguir la guía de diseño de NFPA 13 y NFPA 15 ya que estas normas contienen los temas y tamaños específicos para el “Sistemas Fijos de Protección contra Incendios de Agua Pulverizada” (ver Figura 57) y donde se mencionan los parámetros para la selección del grupo de tuberías para la implementación en un transformador de potencia, de igual manera recomienda aplicar las

prácticas de implementación de NFPA 851 y NFPA 780 norma vigente para la implementación de pararrayos en sistema contra incendios.

Figura 57

Distribución de boquillas rociadoras en planta



Nota. Tomado de (NFPA JOURNAL EN ESPAÑOL, 2021).

Para el sistema de tuberías en red cerrada que se implementarán en el transformador principal de 69 KV y la línea de tuberías que van hasta el grupo de bombeo se ha seleccionado tuberías que tienen las características relacionadas (ver Figura 44).

Según NFPA 15 6.1.2. cuando se va a realizar el diseño de boquillas rociadoras sobre o alrededor de equipos de alto voltaje como transformadores se debe tomar la siguiente referencia de la tabla 19:

Tabla 19

Distancias libres desde equipos de agua pulverizada hasta componentes eléctricos energizados no aislados

Voltaje nominal del sistema (kV)	Voltaje máximo del sistema (kV)	BIL de diseño (kV)	Distancia libre mínima*		
			pulg.	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

Nota. Tomado de (NFPA 2017, pág. 16).

Como se puede ver en la tabla 19, se encuentran las distancias mínimas que deberán de tener las tuberías y boquillas rociadoras con los equipos con alto voltaje, en el caso del transformador de 69 KV de la CHAL se necesitaría una distancia mínima de 635 mm. Tomando en consideración el espacio desde la boquilla rociadora hasta el cuerpo del transformador principal de 69 KV.

En la red cerrada central se ha realizado la disposición indicada en la tabla en donde consta de una malla de 12 boquillas rociadoras 4 bifurcaciones para los ramales y el punto en donde inicia la distribución hidráulica al anillo. Se puede observar el detalle de cada punto final del tramo sea boquilla rociadora o algún punto de distribución, debido a la forma asimétrica del transformador se ha realizado una distribución uniforme de los rociadores de tal manera que su alcance abarque la mayor parte del área del transformador.

En cada unión a 90° entre las tuberías del anillo hidráulico existirá un codo a 90°, también en cada unión con la boquilla rociadora estará conectada por una tee de 2", el diámetro indicado en la tabla de 52,40 mm corresponde a una tubería DN 50 mm o 2 "cédula 40.

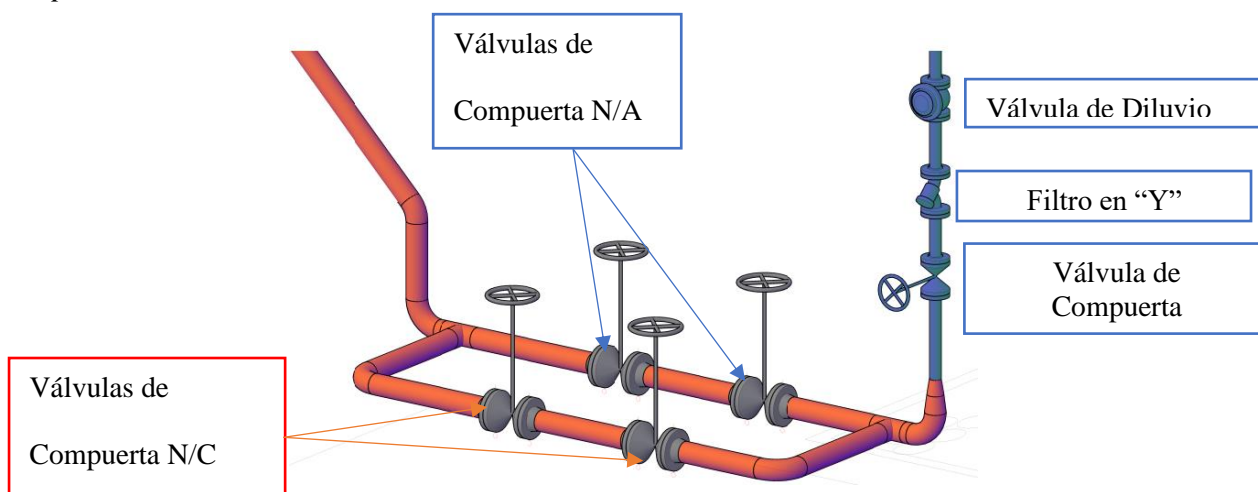
Desde el punto 1 que se ha marcado en el anillo hidráulico principal del sistema contra incendio de la CHAL, se ha diseñado las tuberías que abastecerán el sistema desde el grupo de bombeo, estas líneas de tuberías estarán equipadas con válvulas de control y accesorios en cada tramo.

Estas líneas de tuberías que conducen el fluido hidráulico hasta el sistema de boquillas rociadoras serán los que mayor presión reciban desde el sistema de bombeo en especial la línea de distribución subterránea (ver Figura 58), ya que esta línea de tubería recibirá la caída de presión de la tubería del talud, para esta tubería se requiere realizar una instalación de una tubería en paralelo, la tubería de distribución subterránea tiene una longitud de 3503 mm se realizará la instalación de una tubería en paralelo que parte de unas Tee instaladas en la línea subterráneas; la línea paralela tendrá dos válvulas de compuerta (N/C) que se podrán abrir en el caso de existir un colapso en la línea subterránea, en ese caso la línea paralela subterránea permitirá el paso del caudal hasta la válvula de diluvio la misma que dará el paso de caudal hasta las boquillas rociadoras el sistema de boquillas rociadoras ver en la figura 59, las características del sistema de diluvio de puede ver en el anexo 5.

En el diseño e implementación de tuberías para las bocas contra incendios se va a utilizar el mismo trazado que fue instalado inicialmente es decir la tubería DN100 mm que está enterrada a lo largo de la CHAL y que desemboca en los tres hidrantes que actualmente están instalados, los dos en SEE y el más alejado que está detrás de CM, lo que se pretende es integrar este sistema de tuberías al nuevo sistema de bombeo como un sistema secundario y de apoyo en el caso de propagarse algún tipo de incendio en la CHAL.

Figura 58

Disposición de la tubería de abastecimiento subterránea



De la instalación del sistema contra incendios existente dentro de CM existe una tubería de alimentación la cual distribuye el fluido al sistema de hidrantes, esta tubería se une adjunto al hidrante de SEE, para integrar el sistema de tuberías de los hidrantes se necesita cortar el codo de la última línea de los hidrantes que va hasta el extremo de SEE y colocar un codo soldado de 4" el cual se podrá integrar la tubería que irá hasta el punto en donde se une con la distribución de caudal del sistema de bombeo, lo que se va a hacer es utilizar las líneas que están conectadas para los hidrantes y desde el punto de abastecimiento común realizar una derivación para que se conecte con el nuevo sistema de bombeo, esa derivación de igual manera aislara al sistema de tuberías del antiguo sistema de bombeo contra incendios.

- **Longitudes equivalentes de los accesorios y válvulas del sistema contra incendios de la CHAL**

En todos los tramos mencionados del sistema contra incendios de la CHAL existirán accesorios, cada accesorio tiene una longitud equivalente o pérdida de carga y estos valores se deben incluir en el cálculo hidráulico, según NFPA 15 8.5.2.1 (NFPA, 2017, pág. 28) indica las longitudes equivalentes de cada accesorio (ver Tabla 20), en el anexo 6 se ha resumido los accesorios específicos utilizados en el sistema contra incendio de la CHAL, de igual manera se ha

incluido longitudes equivalentes de accesorios soldados y bridados que serán utilizados en los tramos de abastecimiento al anillo hidráulico de descarga.

Tabla 20

Longitudes equivalentes de accesorios y válvulas

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies (metros) equivalentes de tubería													
	¾ pulg.		1 pulg.		1¼ pulg.		1½ pulg.		2 pulg.		2½ pulg.		3 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	m	pies	pies	m	pies	m	pies	m
Codo 45°	1	0.3	1	0.3	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	3	0.9
Codo estándar 90°	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8	7	2.1
Codo de giro largo 90°	1	0.3	2	0.6	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5
En T o cruz (flujo con giro 90°)	4	1.2	5	1.5	6	1.8	8	2.4	10	3.1	12	3.7	15	4.6
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0.3	1	0.3	1	0.3
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	—	—	—	6	1.8	7	2.1	10	3.1
De retención a clapeta*	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	11	3.4	14	4.3	16	4.9

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies (metros) equivalentes de tubería													
	3½ pulg.		4 pulg.		5 pulg.		6 pulg.		8 pulg.		10 pulg.		12 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codo 45°	3	0.9	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	11	3.4	13	4.0
Codo estándar 90°	8	2.4	10	3.1	12	3.7	14	4.3	18	5.5	22	6.7	27	8.2
Codo de giro largo 90°	5	1.5	6	1.8	8	2.4	9	2.7	13	4.0	16	4.9	18	5.5
En T o cruz (flujo con giro 90°)	17	5.2	20	6.1	25	7.6	30	9.2	35	10.7	50	15.3	60	18.3
Válvula de compuerta	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8
Válvula mariposa	—	—	12	3.7	9	2.7	10	3.1	12	3.7	19	5.8	21	6.4
De retención a clapeta*	19	5.8	22	6.7	27	8.2	32	9.8	45	13.7	55	16.8	65	19.8

Nota. Tomado de (NFPA, 2017, pág. 30)

5.4 Procedimiento para el cálculo hidráulico de pérdida de carga

Se realizará una hoja de cálculo en donde se obtendrán todos los resultados de presiones y caudales, esta hoja tendrá como referencia los puntos establecidos en las figuras (59-64) en donde se indican qué número o literal corresponde a cada tramo desde el anillo hidráulico de boquillas rociadoras hasta el grupo de bombeo, el cálculo de esta hoja está de acuerdo a NFPA 15 8.3.1 donde sugiere realizar una hoja de trabajo detallada para encontrar la presión y caudal necesarios para el sistema, de igual manera, el factor.

Como se estableció en los datos de partida en especial en la determinación del caudal unitario por boquilla se sabe que es caudal unitario es de 51.80 l/min, este resultado de la

multiplicación de la presión de 4 bar por la raíz cuadrada del factor $K = 25.9$ despejando Q de la ecuación (3) da el resultado del caudal unitario.

Como se puede ver en la figura 59 se va a seleccionar la boquilla más desfavorable posible que en el caso en estudio es la boquilla # 10 y se realizará el cálculo hidráulico en sentido horario y anti horario hasta el punto de distribución # 1, se aplicará la ecuación (1) de Hazen Williams y su factor $C = 120$ este factor es para tuberías galvanizadas y utilizadas en sistemas de diluvio; en cada tramo para encontrar la pérdida de presión por fricción, consecutivamente se encontrará la presión por fricción dada por la siguiente ecuación 9 (NFPA, 2017, pág. 29):

$$P_F = P_m * L_T \quad (9)$$

Donde:

P_F Presión por fricción total [bar]

P_m Pérdida de presión por fricción. [bar*m]

L_T Longitud total sumado las pérdidas de accesorios. [m]

Este resultado se le debe sumar la presión inicial que en este caso se tomara de 4 bar por ser la presión unitaria inicial de la boquilla rociadora, se puede observar la distribución de las boquillas en el anillo, otro aspecto importante en el cálculo de pérdidas de carga es la forma y el tramo de cada tubería, por la forma asimétrica del transformador de 69 KV (ver Figura 59). El anillo hidráulico que lo protege también tendrá una distribución asimétrica de las boquillas rociadoras.

Por tal motivo se realizará el cálculo desde el rociador más alejado del punto de distribución 1 y en los dos tramos hasta el punto mencionado la presión deberá ser la misma y el caudal deberá ser la suma de los dos tramos en el punto 1.

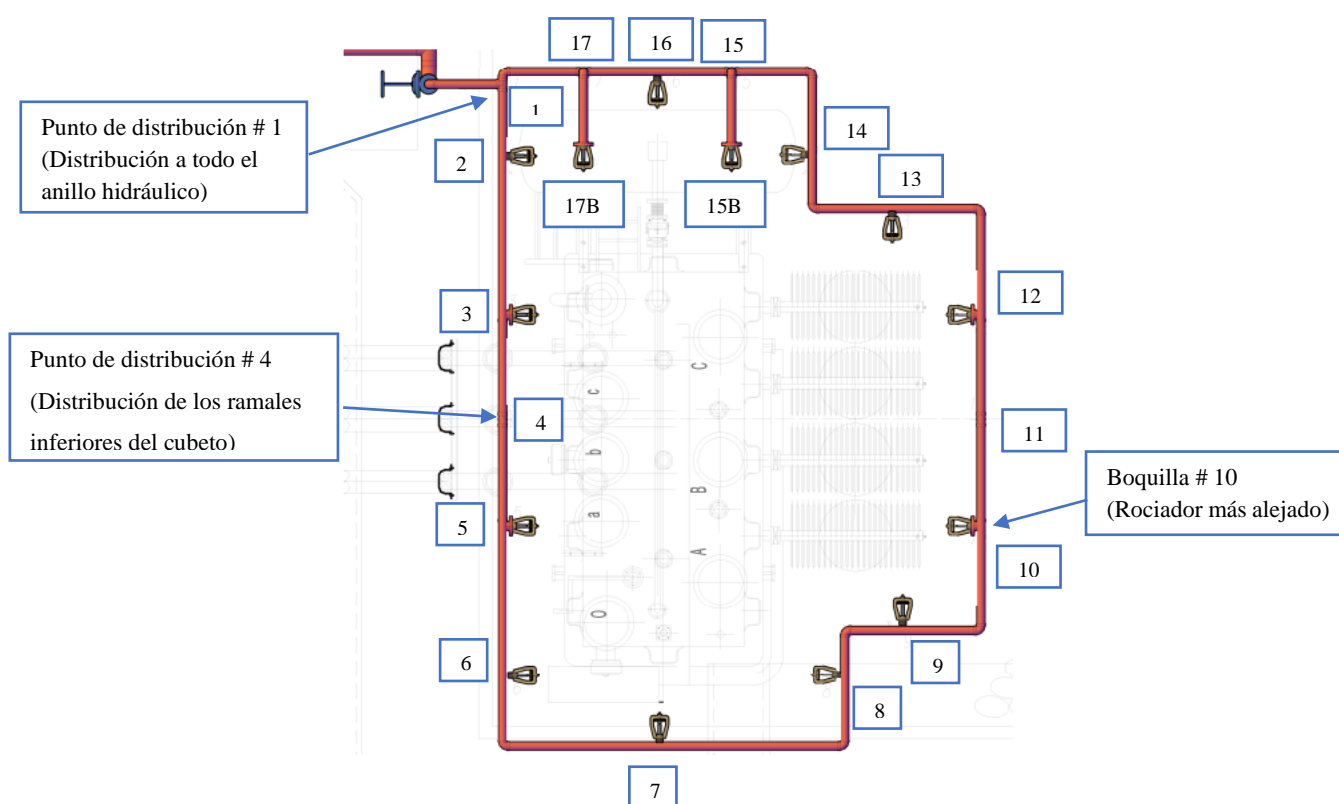
- **Cálculo de pérdidas de carga desde la boquilla # 10 en sentido horario hasta el punto de distribución # 1**

Como se puede ver en el anexo 4, tabla (A1) se ha realizado el cálculo de pérdidas de carga en sentido horario desde la boquilla # 10 hasta el nodo de distribución # 4, se puede ver en la tabla

que la presión va aumentando en cada tramo ya que cada presión residual se suma a la presión total, de igual manera se puede ver la longitud total que esta sumada con la longitud equivalente de cada accesorio por tramo en la figura 59 se puede ver el orden en sentido horario de los rociadores hasta llegar al punto de distribución # 4 en este punto se derivan los ramales hidráulicos los cuales servirán para la extinción del fuego en la parte inferior del cubeto o cuba del transformador como se puede ver en el anexo 4 tabla (A2).

Figura 59

Distribución del anillo hidráulico principal con sus tuberías y rociadores

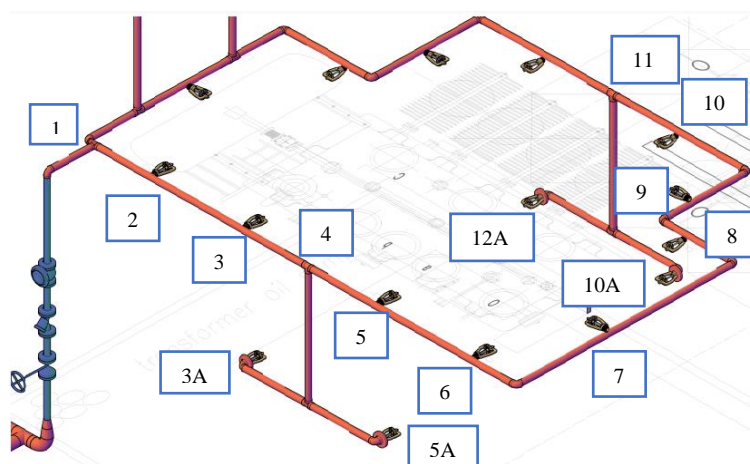


En los ramales existen dos boquillas rociadoras 3A y 5A, como se muestra en la figura 60 estas boquillas son simétricas por lo tanto tendrán la misma presión en el nodo de distribución 4A, desde el nodo 4A hasta el punto de distribución 4 se calcula la pérdida de carga y para sacar la presión por fricción, también se incluye la pérdida en altura como el flujo está en sentido de la gravedad la pérdida en altura irá con símbolo (-). Con los datos de caudal en el nodo y la presión calculado en el nodo se procede a sacar un K equivalente aplicando la ecuación 3; una vez que se tiene un K equivalente se calcula nuevamente el caudal del ramal utilizando la presión de

4.2269303 bar que es la presión que se calculó desde la boquilla #10 hasta el punto de distribución # 4, de igual manera el caudal de este ramal se une a la sumatoria de caudales en el anillo hidráulico, en el anexo 4 la tabla (A3) se puede ver los resultados desde el *nodo* de distribución # 4 hasta el punto de distribución # 1

Figura 60

Disposición de las tuberías de los ramales inferiores



Nota. La figura incluye los ramales inferiores del anillo hidráulico principal.

Se puede observar los resultados que han dado finalmente desde el punto más alejado hasta el punto de distribución al anillo hidráulico de los rociadores, como se puede ver la cuarta fila del anexo 4 tabla (A3) existe una presión de **4.569471 bar** y un caudal de **529 L/ min.**

- **Cálculo de pérdidas de carga desde la boquilla # 10 en sentido antihorario hasta el punto de distribución # 1**

Se realizará el cálculo de pérdidas hidráulicas en sentido anti horario desde la boquilla rociadora # 10 hasta el punto de distribución # 1. Como se puede observar en el anexo 4 tablas (A4) y (A5) respectivamente se realiza el cálculo de pérdidas de presión en sentido anti horario, en el primer tramo 10-11 se encuentra con el punto de distribución# 11 que es el punto donde se deriva los ramales hidráulicos de las boquillas rociadoras 12A y 10A (ver Figura 61) estas boquillas tienen la misma características y dimensiones que las boquillas del ramal de distribución # 4 y el cálculo es el mismo para obtener su K equivalente y su caudal que se sumara al caudal

total del anillo, estas boquillas son las encargadas de extinguir un incendio en la zona del radiador del transformador.

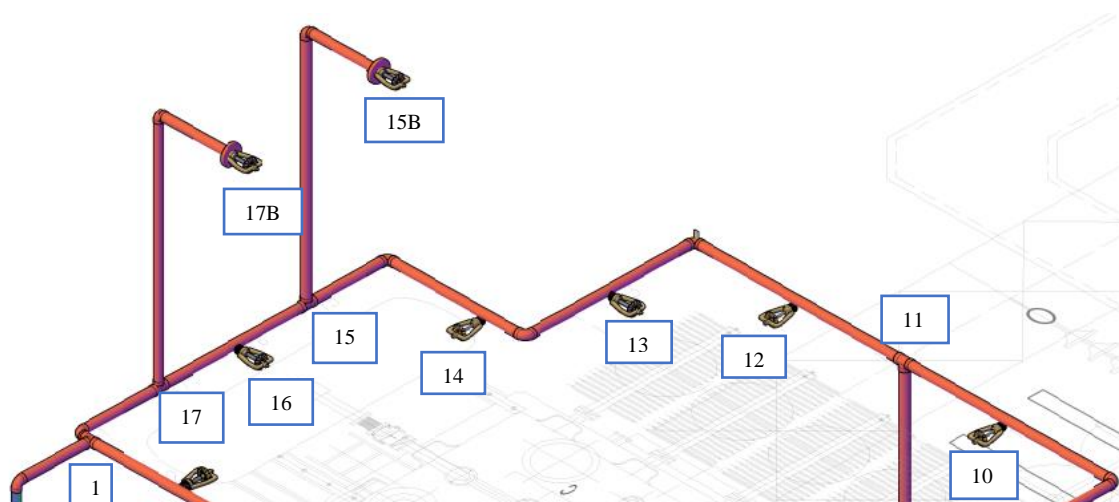
En el anexo 4 tabla (A6) se puede observar los resultados de pérdidas de carga desde el del nodo de distribución # 11 hasta el nodo de distribución # 15; en el anexo 4 tablas (A7 y A9) se pueden observar los cálculos de pérdidas de carga de las boquillas rociadoras 15B y 17B que parten de los puntos de distribución #15 y #17 respectivamente estas boquillas son las encargadas de extinguir un incendio desde la parte alta al tanque de aceite del transformador, su método de cálculo es igual a la de los otros ramales pero su diferencia es que la pérdida de carga en altura tendrá signo (+) ya que el fluido va en contra de la gravedad se debe utilizar el criterio de NFPA 15 literal 8.5.3.6 (NFPA, 2017, pág. 30). Los cambios en elevación que afectan la descarga o la presión total requerida, o ambos, deben ser incluidos en los cálculos, en la figura 61 se puede ver la distribución de estos ramales, en la mitad entre el nodo de distribución.

En medio del punto de distribución #15 y #17 se encuentra la boquilla rociadora #16 la cual será la encargada apoyar en la extinción del fuego de la parte posterior del cubeto del transformador, en el anexo 4 tabla (A8) se puede observar los resultados de su pérdida de carga.

Finalmente se realiza el cálculo de pérdida de carga hasta el punto de distribución # 1, por este tramo el caudal es de 472.9411/min y una presión de 4.55400 bar con se puede ver en el anexo 4 tabla (A10).

Figura 61

Disposición de las tuberías de los ramales superiores



Nota. La figura incluye los ramales superiores del anillo hidráulico principal.

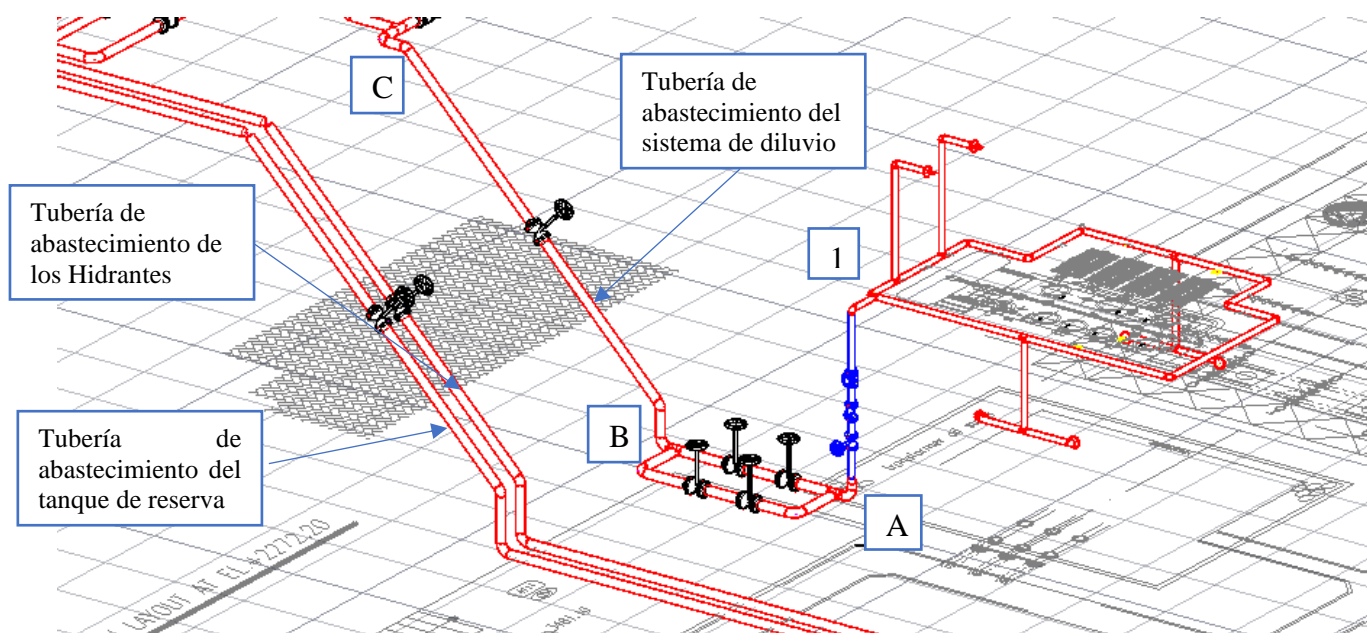
5.5 Cálculo de pérdida de carga desde el punto de distribución # 1 hasta el sistema de bombeo

En el anexo 4 tabla (A11) se realizará un análisis para ver si los resultados cumplen en base a la norma NFPA, desde el punto uno se realiza el cálculo de pérdidas para los puestos de control y tuberías de abastecimiento, en el anexo 4 tabla (A12) se puede ver los resultados obtenidos en la tubería vertical en donde está la válvula de diluvio como se puede ver en la figura 62, de igual manera en este punto tenemos una presión por elevación (+) ya que el fluido va en contra de la gravedad.

En el anexo 4 tabla (A 13) tenemos en cálculo de pérdidas de presión en la tuberías de abastecimiento subterránea, en este tramo es donde dará más presión en el sistema ya que es el punto más bajo de las tuberías y recibe la caída de caudal de las tubería de abastecimiento que baja por el talud como se ve en la figura 62 esta tubería tendrá de igual manera una presión en elevación pero (-) ya que el fluido va en sentido de la gravedad como se puede ver en los resultados en el anexo 4 la tabla (A14).

Figura 62

Disposición de la tubería de abastecimiento al sistema contra incendios de la CHAL



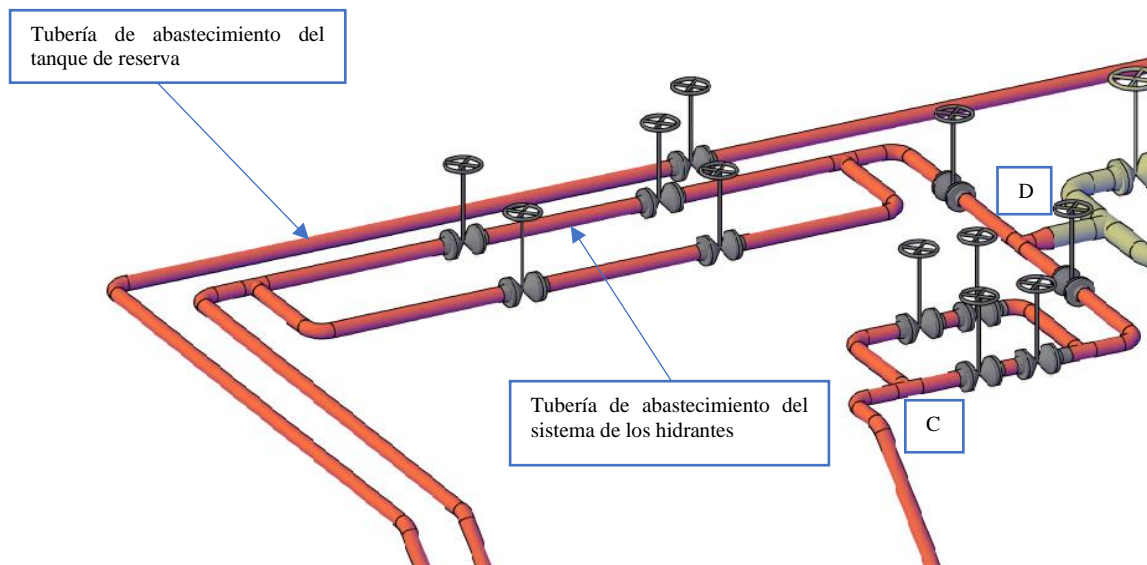
Nota. Perspectiva isométrica de las líneas de tuberías del sistema contra incendios en el Talud de BERMA 8.

En el anexo 4 tablas (A15) (A16) y (A17) se realizará el cálculo de pérdidas de presión de las tuberías que está en el nivel superior de la BERMA 8, en estas tuberías existe un nodo de distribución que divide el caudal para el sistema de boquillas rociadoras y para el sistema de bocas hidrantes como se puede ver en la figura 63, en este nodo D se une el caudal de los dos sistemas y se realiza en adelante el cálculo de pérdidas para la tuberías de descarga del sistema de bombeo y también para el sistema de aspiración del sistema de bombeo como se ve en la figura 64, el cálculo completo de los sistemas hidrantes y del abastecimiento hidráulico del tanque de reserva están en el anexo 4 tabla C1.

Finalmente, en los planos de anexo 8 se puede observar toda la distribución en vista de planta de todos los elementos que conforman el sistema contra incendios de la CHAL.

Figura 63

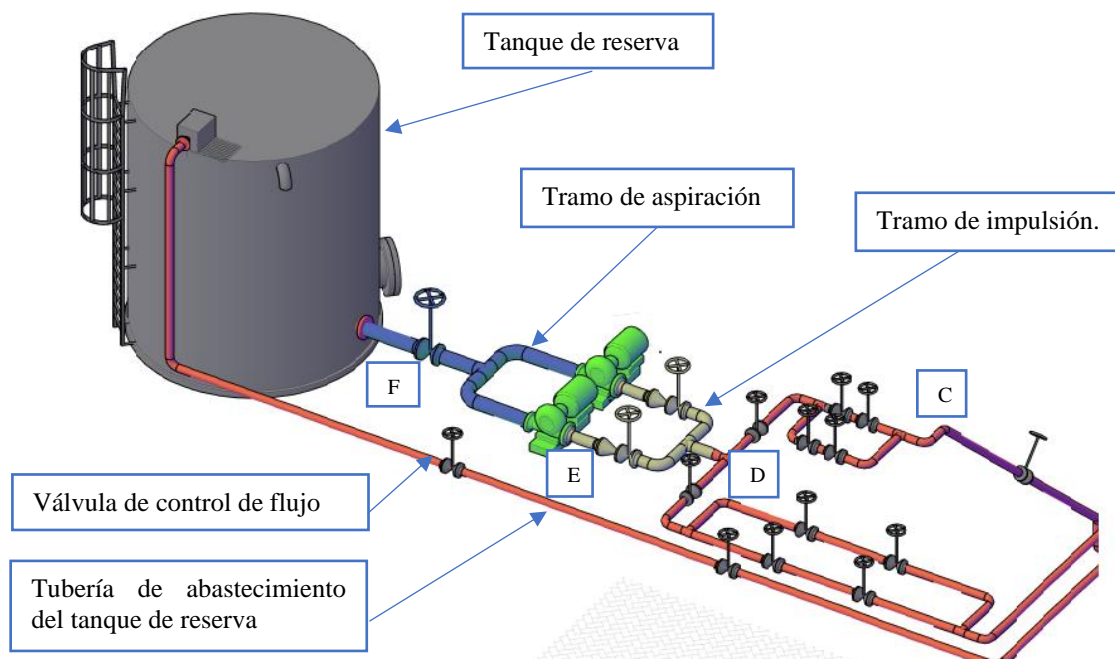
Disposición de las tuberías en la parte alta de BERMA 8



Nota. Perspectiva isométrica de las líneas de tuberías del sistema contra incendios sobre Talud de BERMA 8.

Figura 64

Disposición de las tuberías de sistema de bombeo y tanque de reserva



Nota. Perspectiva isométrica de las líneas de tuberías de aspiración e impulsión del sistema de bombeo.

5.5.1 Resultados de cálculos de pérdida de carga y caudales

Después de realizar el cálculo hidráulico de pérdidas de carga se han obtenido los siguientes resultados detallados en la tabla 21:

Tabla 21

Resultados obtenidos de cálculo hidráulico

Factores de pérdidas de cargas y caudales	Valores
Tipo de boquilla según factor k.	25.9 P _{min} = 4 bar.
Presión en el anillo principal [bar]	4.569
Presión máxima del sistema [bar]	5.655
Presión en la brida de descarga. [bar]	5.262
Caudal en el anillo hidráulico. [L/min]	1002.308
Caudal del sistema de hidrantes [L/min]	600.182
Caudal total calculado. [L/min]	1602.490
Caudal total calculado por prisma envolvente. [L/min]	1579.3825
Incremento de caudal [%]	1.014 % del Caudal Inicial.

Nota. La tabla indica los resultados calculados con las áreas del transformado y con el cálculo de pérdidas de carga.

De la tabla resumida se ven los datos obtenidos en los cálculos hidráulicos, se puede observar que la boquilla con $k= 25.9$ consume un caudal con un incremento de 1.014% de caudal y tiene una presión mínima de 4 bar.

Para el cálculo que se realizó por prismas envolventes se sumó el aporte de consumo de caudal de los tres hidrantes ya que se diseñará un sistema de bombeo con la suposición que tiene que trabajar el sistema principal contra incendio que será el sistema de diluvio del transformador de 69 KV y el sistema secundario de hidrantes.

De igual manera cumplió el balance de presiones en el nodo de distribución # 1 en los dos tramos calculados dando una diferencia de 0.015 bar cumpliendo los requisitos de NFPA 15, con esta condición también cumple la distribución de longitudes y diámetros en el sistema hidráulico.

Para la selección de sistema de bombeo se utilizará el caudal más aproximado al calculado por prismas envolventes es decir el caudal de 1602.490 L/ min y se utilizará la presión que más demanda el sistema que es de 5.655 bar, se utilizará esta presión ya que es más fácil encontrar comercialmente un sistema de bombeo con este rango de presión, de igual manera se utilizara las boquillas con una presión mínima de 4 bar y $k=25.9$.

5.5.2 Análisis de las velocidades en las tuberías de distribución

En cada tramo de la tubería se calculó su velocidad en función del caudal que tenía el tramo y del diámetro de tubería comercial, en general NFPA no sugiere un rango específico de velocidades para cada uno de los tramos del sistema hidráulico, sin embargo, es importante parametrizar cuáles son los límites o rangos que serían ideales en cada tramo del sistema.

Según UNE-EN 12845 (2016) recomienda los siguientes parámetros de velocidades en tuberías:

- Velocidades en una estación de control = 5 m/s
- Velocidades en ramales de rociadores o boquillas = 6 m/s
- Velocidades en redes exteriores de hidrantes =3-4 m/s
- Velocidades en Circuito de Aspiración de Bombas Contra Incendios = 1.5 – 3 m /s
- Velocidades en Circuito de Impulsión de Bombas Contra Incendios = 3-4 m/s

De los parámetros indicados de velocidades los valores calculados cumplen los requisitos ya que no exceden el límite de los parámetros de velocidad, esto también garantiza que la selección del diámetro de la tubería es el correcto para el sistema diseñado.

5.6 Sistema de bombeo seleccionado.

El grupo de bombeo calculado será 1602.490 L/min @ 5.655 bar, en otras unidades sería 423.3343 GPM @ 82.018 psi, según NFPA 20 literal 4.10.1 indica la tabla la cual se debería escoger el sistema de bombeo. (NFPA, 2016b, pág. 17)

El sistema de bombeo debería estar en el rango de 400 hasta máximo 500 GPM, dependiendo de las características técnicas y de la casa fabricante se podrá ver cuál será la presión de trabajo de la bomba.

5.6.1 Curva característica de la instalación

La curva característica de la instalación indica la necesidad de presión en la instalación, conforme aumenta o disminuye el caudal que circula por la misma. La altura manométrica de la instalación resulta de la suma de la altura geométrica y las pérdidas de carga. Este parámetro es fundamental para seleccionar el tipo de bomba necesario para que la instalación funcione de forma correcta. Como el caudal total calculado y la presión del sistema contra incendios de la CHAL es de 423.3343 GPM y 82.018 psi respectivamente, con estos datos se realizará una curva de operación de sistema contra incendios de la CHAL, para iterar valores inferiores y superiores se utilizará la siguiente ecuación 10: (GAMARRA, 2019)

$$Q = Q_{BB} \sqrt{\frac{PZ - P_{ELEV.}}{P_{BB} - P_{ELEV.}}} \quad (10)$$

Donde:

Q_{BB} Caudal Total Calculado. [gpm]

$P_{ELEV.}$ Presión en altura desde la línea de aspiración hasta la línea de descarga. [psi]

PZ Presión de Iteración. [psi]

Q Caudal Calculado en la Curva. [gpm]

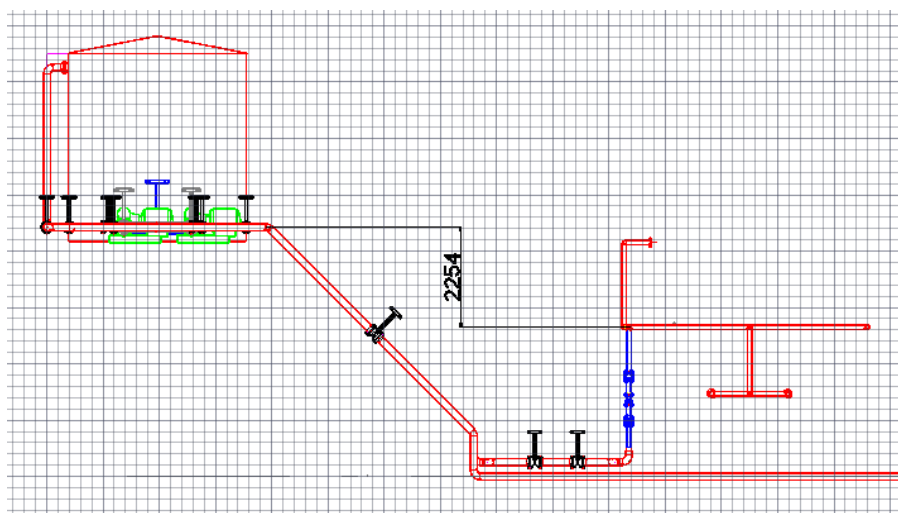
P_{BB} Presión máxima calculada. [psi]

Como se puede observar en la figura 65, la presión en elevación se considera desde la línea de aspiración de la bomba hasta la línea de descarga, en este caso será el anillo hidráulico de rociadores. En el caso del sistema contra incendios de la CHAL hay que tomar en consideración las condiciones de instalación con las que se han diseñado, en el caso de la disposición del sistema de bombeo hasta las boquillas rociadoras hay que tener presente que el bombeo viene desde un nivel superior de la ubicación de las boquillas, y la diferencia entre la línea de aspiración y el anillo

hidráulico principal que viene a ser el nivel del punto de descarga es de 2,254m de H_2O , esta diferencia de alturas representa la P. elev que también se puede representar en 3, 2054 psi

Figura 65

Diferencia de alturas hasta la línea de descarga



Nota. La medida del dibujo corresponde a mm.

Reemplazando valores de iteración en la ecuación 10 tenemos:

Tabla 22

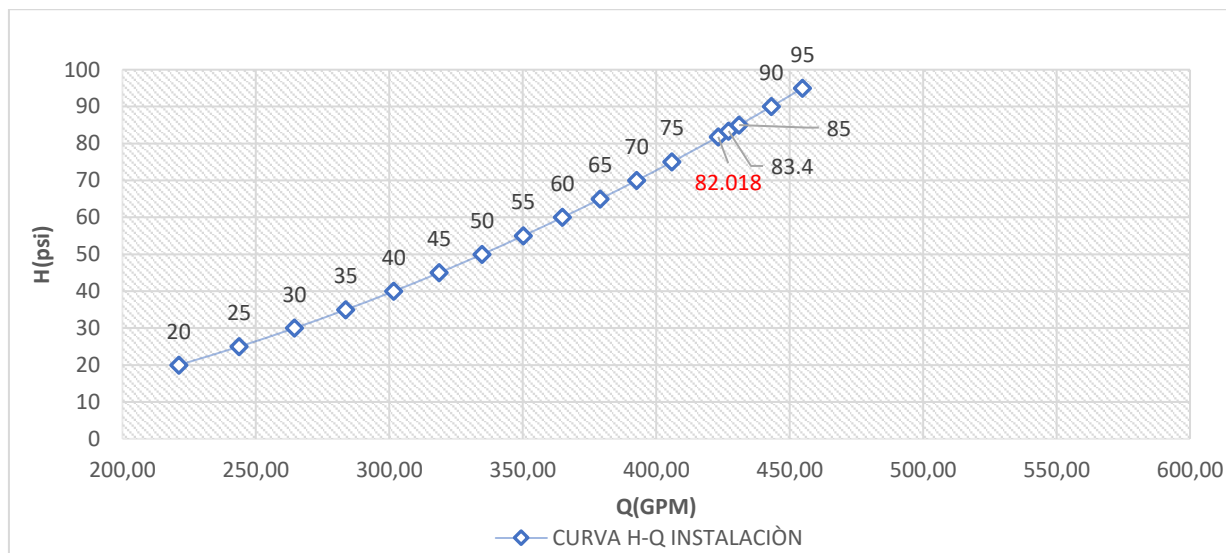
Datos de la curva de operación del sistema.

Q [gpm]	QB [gpm]	Pz [psi]	PBB [psi]	$P(elev)$ [psi]
166.79	423.3343	10	82.018	-3.2054
221.10	423.3343	20	82.018	-3.2054
243.76	423.3343	25	82.018	-3.2054
264.48	423.3343	30	82.018	-3.2054
283.70	423.3343	35	82.018	-3.2054
301.69	423.3343	40	82.018	-3.2054
318.67	423.3343	45	82.018	-3.2054
334.79	423.3343	50	82.018	-3.2054
350.16	423.3343	55	82.018	-3.2054
364.89	423.3343	60	82.018	-3.2054
379.05	423.3343	65	82.018	-3.2054
392.70	423.3343	70	82.018	-3.2054
405.89	423.3343	75	82.018	-3.2054
423.3343	423.3343	82.018	82.018	-3.2054
427.13	423.3343	83.4	82.018	-3.2054
431.06	423.3343	85	82.018	-3.2054
443.11	423.3343	90	82.018	-3.2054
454.84	423.3343	95	82.018	-3.2054

Nota. La fila con color rojo pertenece a los datos calculados por pérdida de carga tanto de presión máxima como de caudal total del sistema.

Gráfica 2

Curva de operación del sistema.



Nota. El punto en la gráfica 2 de 82.018 psi con color rojo pertenece a la presión máxima en el caudal total del sistema de 423,3343 GPM.

De la tabla 22 se pueden ver los valores graficados en la gráfica 2 de la ecuación 10, los valores se dan en m³/s y la altura en m, para la selección de la bomba se transformó el caudal en GPM y presión en PSI, de estos valores de la curva de operación óptima se tendrá que comparar con la curva de la bomba seleccionada y definir en qué punto se corta para saber cuál es el punto de operación óptimo del sistema.

5.6.2 Cálculo de la potencia del sistema de bombeo

Para determinar la potencia del equipo de bombeo se contempla lo siguiente fórmula de la ecuación 11 (Botta, 2013)

$$P_{TEORICO} = \frac{TDH * \rho * Q}{75 * \eta} \quad (11)$$

Donde:

TDH 82.018 psi → 57.6659 m de H_2O

ρ Densidad del agua → 997 kg/m³

g Gravedad → 9.8 m/s²

Q 423.3343 GPM → 0.02670 m³/s

η 70-75 % → 72%

Reemplazando los valores en la ecuación 11 se tiene:

$$P_{TEORICO} = \frac{57.6659m * 997 \frac{kg}{m^3} * 0.02670 \frac{m^3}{s}}{75 * 0.72}$$

$$P_{TEORICO} = 28.4270 \text{ HP}$$

Esta es la potencia calculada, de los valores de tablas que se escojan para el sistema de bombeo real la eficiencia en el punto de operación debería ser aproximada o mayor que la calculada.

5.6.3 Cálculo del NPSHd del sistema de bombeo

Se realiza el cálculo del NPSHd para verificar que en el sistema no exista cavitación, se calcula el NPSH disponible en el sistema para la succión con la siguiente fórmula de la ecuación 12 (GAMARRA, 2019, pág. 63):

$$NPSH_{disp.} = P_{ATM} - P_V - h_p + h_s \quad (12)$$

Donde:

P_{ATM} 11.1759 psi @ 2250 msnm. (Altura aproximada de la CHAL)

P_{vapor} 0.2563 psi @ 15 °C

h_p Valor de pérdidas de carga en la succión que se realizó en el anexo 8 en la tabla (A 17) y da 0.00247159 bar o 0.0358 psi.

h_s Altura (H) de succión que irá con signo positivo debido a que la cisterna de este sistema de bombeo tiene succión positiva y se encuentra por encima del nivel de la bomba su valor aproximado cuando el tanque está lleno es de 4.1m de H_2O o 5.8314 psi.

Reemplazando todos los valores en la ecuación 12 tenemos:

$$NPSH_{disp.} = 11.1759 \text{ psi} - 0.2563 \text{ psi} - 0.0358 \text{ psi} + 5.83 \text{ psi}$$

$$NPSH_{disp.} = 16.71 \text{ psi.}$$

El valor del $NPSH_{disp.}$ es de 16.71 psi que es igual a 11.75 m. en su punto de operación la condición para que un sistema este optimo y no tenga cavitación debe cumplir con la condición de la ecuación 13 (Botta, 2013):

$$NPSH_{disp.} > NPSH_{req.} + 0.5 \quad (13)$$

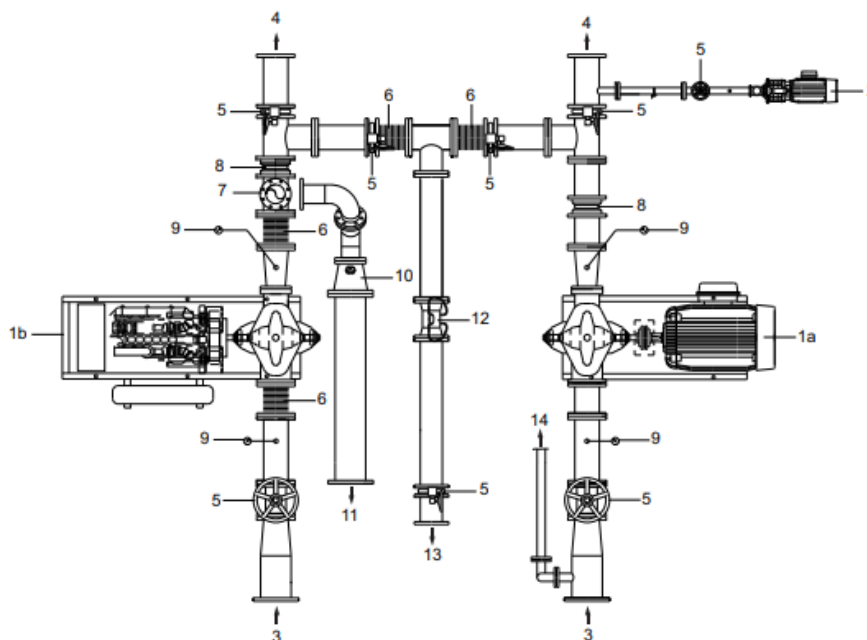
Del valor de $NPSH_{req.}$ del sistema de bombeo seleccionado se analizará si cumple con esta condición, aunque el sistema en estudio tiene una carga de succión positiva ya que el nivel de tanque de reserva esta sobre la línea de succión de la bomba y no debería dar cavitación.

5.6.4 Características del sistema de bombeo seleccionado

Para realizar la correcta elección del sistema de bombeo se debe comparar o aproximar los valores calculados del diseño con los valores que se ofrece comercialmente, de los tipos modelos de bombas que existen con disponibilidad, asesoría y mantenimiento en el mercado se ha elegido el grupo de bombeo listado UL/FM tal y como indica la norma de la marca **GRUNDFOS +AMSTRONG** para el sistema de bombeo principal (bomba SPLIT CASE eléctrica + motor Diesel+ Bomba Jockey), la configuración que se utilizará será de dos bombas en paralelo, la bomba principal será la bomba eléctrica y la bomba secundaria será la bomba diésel, estas bombas también tendrán el respaldo de una bomba Jockey de gran presión pero de bajo caudal en la figura 66 se indica la configuración tendrá el sistema de bombeo.

Figura 66

Presentación del grupo de presión contra incendios GRUNDFOS



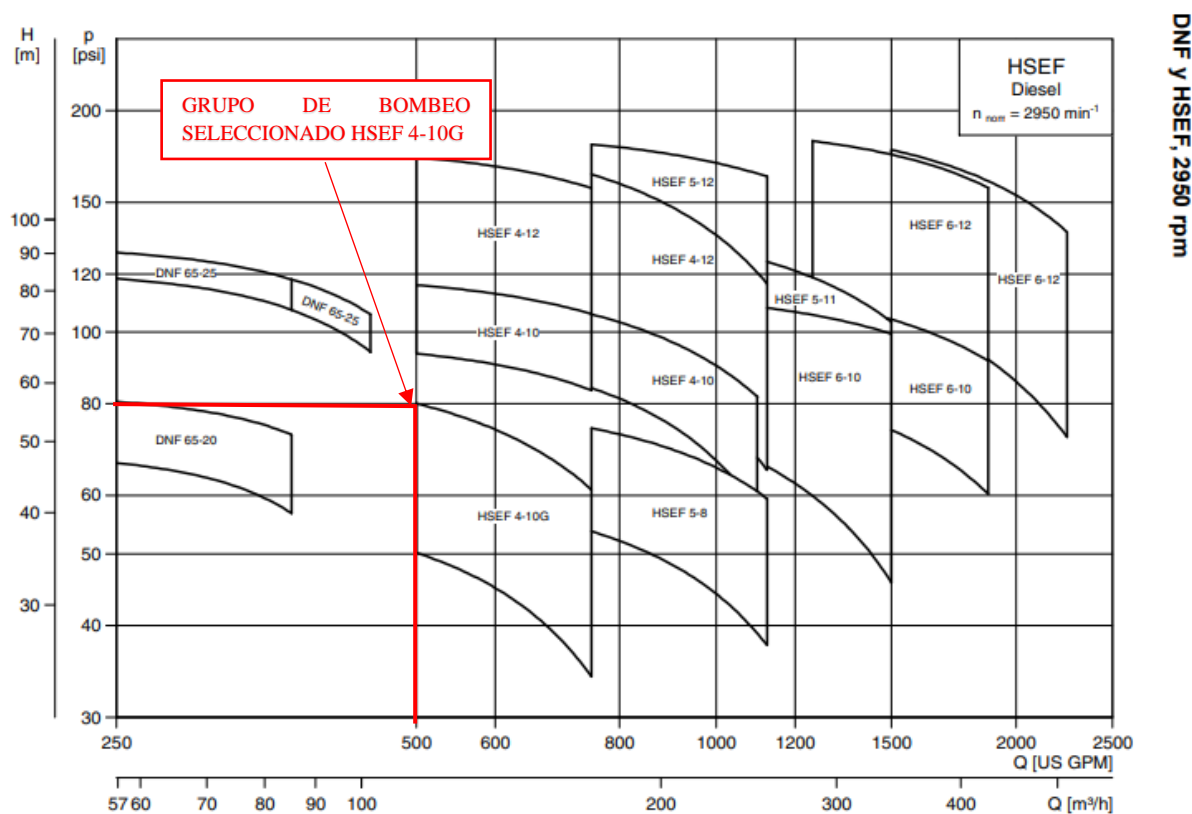
Pos.	Descripción	Pos.	Descripción	Pos.	Descripción
1a	Bomba contra incendios, eléctrica (bomba principal)	5	Válvula	10	Cono
1b	Bomba contra incendios, diesel (bomba de reserva)	6	Junta de expansión	11	Descarga desde la válvula de alivio
2	Bomba jockey	7	Válvula principal de descarga	12	Caudalímetro
3	Desde el tanque de suministro	8	Válvula de comprobación/de no retorno	13	Descarga desde la línea de comprobación
4	Al sistema	9	Manómetro	14	Suministro a la bomba jockey

Nota. Tomado de (GRUNDFOS, 2021, pág. 4)

Se pudo escoger el sistema de bombeo aproximado, de la siguiente Gráfica 3 donde indica la gama de bombas disponibles, esta indica cuales son los sistemas de bombas disponibles, aproximando los datos que se calcularon de 423.3343 GPM y 82.018 psi se puede observar que el sistema de bombeo más próximo es el HSEF 4-10G en donde tiene un caudal de operación de 500 GPM y una presión de 80 psi, con este mismo tipo de bomba se puede instalar a su eje un motor principal eléctrico y otra una bomba secundaria con motor diésel, sus características son las siguientes:

Gráfica 3

Gama de sistemas de bombeo GRUNDFOS



Nota. Tomado de (GRUNDFOS, 2021, pág. 8)

Con este mismo tipo de bomba se puede instalar a su eje un motor principal eléctrico (tabla 23) y otra una bomba secundaria con motor diésel (ver Tabla 24), sus características son las siguientes:

Tabla 23

Características de los grupos de bombeo GRUNDFOS HSEF 4-10G eléctrico

Tipo de Bomba.	Caudal Nominal. [GPM]	Rango de Presión. [PSI]	Tipo de Motor.	Potencia. [KW]	Velocidad [RPM]	Diámetro del Impulsor [mm]	Caudal Nominal Calculado [GPM]	Incremento del Caudal. [%].
HSEF 4-10G	500	49-80	MMG 250M-E	55	2950	226	423.343	18% de caudal calculado

Tabla 24*Características de los grupos de bombeo GRUNDFOS HSEF 4-10G diésel*

<i>Tipo de Bomba.</i>	<i>Caudal Nominal. [GPM]</i>	<i>Rango de Presión. [PSI]</i>	<i>Tipo de Motor.</i>	<i>Potencia. [KW]</i>	<i>Velocidad [RPM]</i>	<i>Diámetro del Impulsor [mm]</i>	<i>Caudal Nominal Calculado [GPM]</i>	<i>Incremento del Caudal. [%].</i>
HSEF 4-10G	500	49-80	JU4H- UF14	53	2950	226	423,3343	18% de caudal calculado

De las bombas indicada en las tablas 23 y 24 son las más aproximadas al caudal y presión calculados, en la lista de bombas del fabricante existe rangos de bombas de 300GPM, 500GPM y 750 GPM entre los valores más próximos a los calculados, se escoge el valor de 500 GPM ya que excede un 18% del caudal de operación calculado. En cuanto a la presión se ha escogido entre el rango de 70-80 psi en la curva de rendimiento de las bombas seleccionadas se podrá ver cual cubre la demanda de caudal y presión calculado.

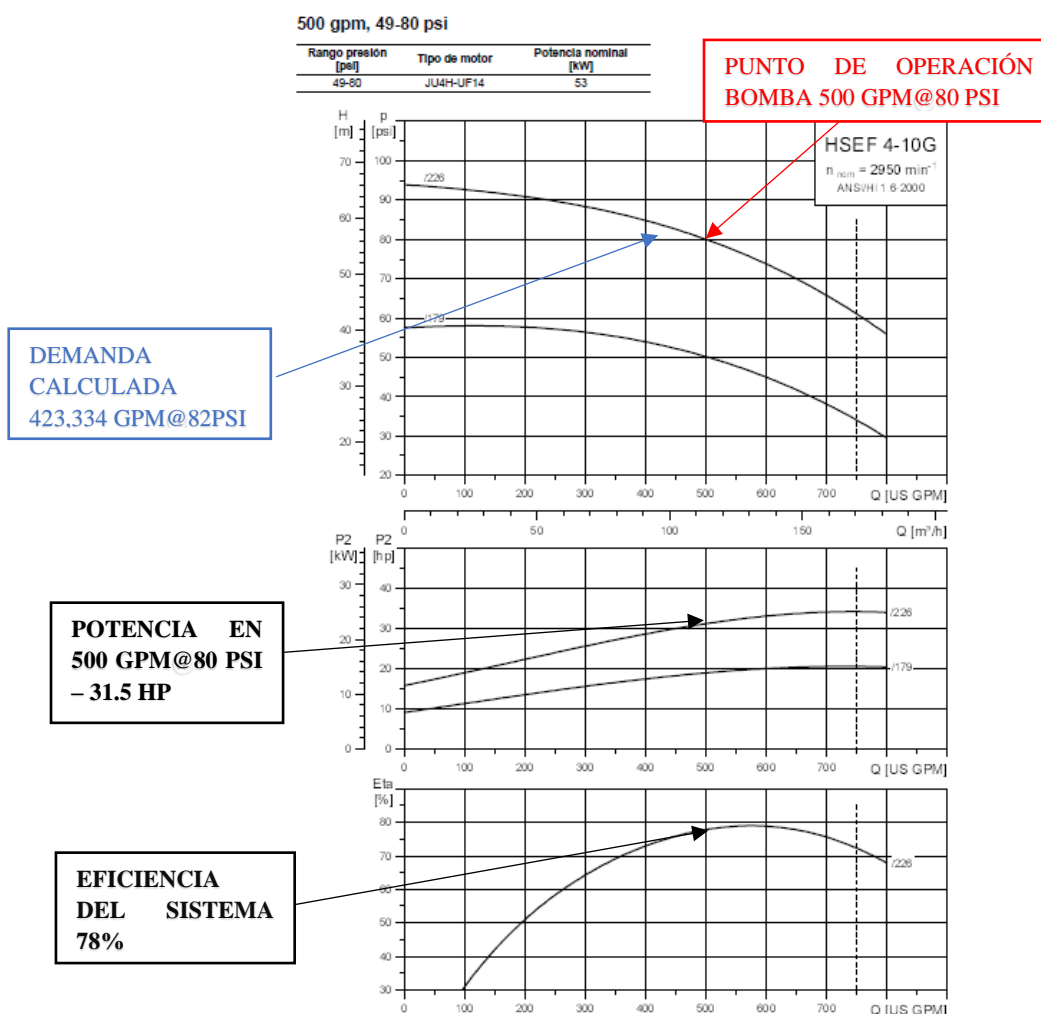
El código HSEF corresponde a una bomba SPLIT CASE o carcasa partido de disposición horizontal, las bombas se encuentran enlistadas y certificadas (UL/FM).

Según NFPA 20 (NFPA, 2016b, pág. 22) a la bomba debe ser capaz de suministrar a caudal cero no debe ser mayor al 140 % de la presión nominal y no menos del 150 % del caudal nominal (línea de puntos) y ser capaz todavía de suministrar al menos el 65 % de la presión total nominal.

A continuación, se indica cuáles son las curvas características de las bombas seleccionadas de su catálogo técnico en la Gráfica 4.

Gráfica 4

Curva característica bomba HSEF 4-10G



Nota. De la gráfica se indica los valores de potencia y eficiencia tomando como referencia el punto de operación del grupo de bombeo seleccionado (GRUNDFOS, 2021, pág. 44)

La bomba **HSEF 4-10G** ya que según su curva característica cubre la demanda del caudal y la presión calculado y tiene una eficiencia del 78-80%, por lo tanto, el grupo de bombeo será **HSEF 4-10G 500GPM@80 PSI**, con este nuevo dato de presión y caudal se puede calcular la tubería de aspiración y sus componentes, de igual manera con el nuevo valor de caudal se puede reconsiderar el tamaño y capacidad del tanque de reserva ya que es caudal real nominal que consumirá la bomba.

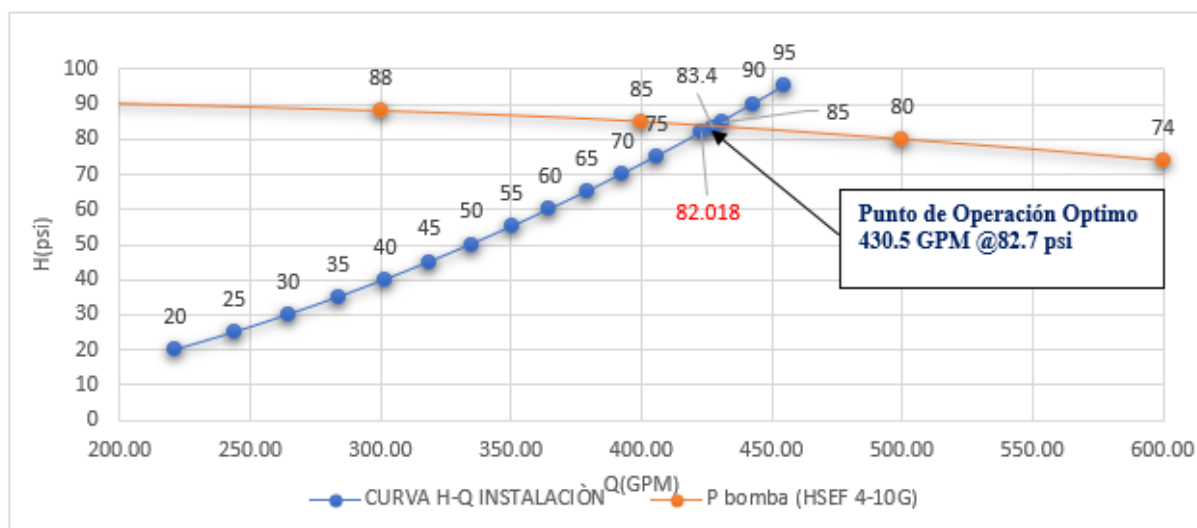
De igual manera analizando la presión máxima a caudal cero da una presión de 94 psi , NFPA 20 (NFPA, 2016b, pág. 22) recomienda instalar una válvula de alivio si la presión del sistema sobrepasa los 175 psi para eso su presión de shuft off (caudal 0) debe sobrepasar el 121% de su presión nominal en este caso $94 \text{ psi} * 121\%$ que daría una presión de 113 psi y a este valor sumar la presión estática del tanque que desde la línea de aspiración sería aproximadamente de 4 m que sería 5,6892 psi y en total sería $118,6892 \text{ psi} \leq 175 \text{ psi}$ y por este motivo no será necesario la instalación de una válvula de alivio.

5.6.5 Punto de operación óptimo del sistema de bombeo

Para saber cuál es el punto óptimo de operación se realizó la intercepción de la curva-HQ de instalación con la curva característica del sistema de bombeo seleccionado, el resultado es el siguiente en la gráfica 5:

Gráfica 5

Punto de operación óptimo del sistema de bombeo



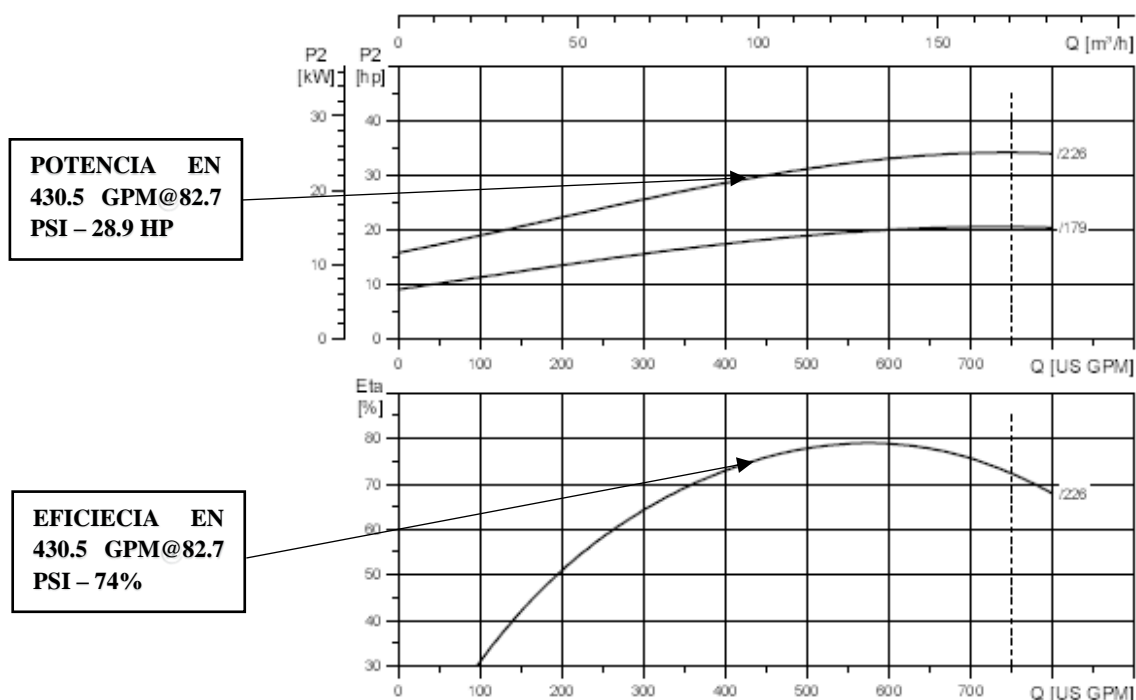
Nota. Se ha marcado con números de color rojo la presión máxima calculada con las pérdidas de presión, y se ha marcado con letras azules la intercepción de punto de operación del sistema.

En la Gráfica 5 se puede observar el cruce de la curva de operación de la bomba **HSEF 4-10G** y la curva de operación del sistema, las dos curvas se cortan en el punto que corresponde a

430.5 GPM @ 82.7 psi, con este nuevo valor se puede determinar cuál será la potencia requerida y la eficiencia requerida (ver Gráfica 6).

Gráfica 6

Potencia del sistema de bombeo en su punto de operación óptimo



Nota. Adaptado de (GRUNDFOS, 2021, pág. 44)

EL valor aproximado de la potencia es entre 28.9 HP es un valor similar al valor calculado de igual manera aproximando el valor del caudal del punto de operación óptimo se tiene que la eficiencia del sistema será del 73-74%, esta eficiencia es óptima ya que sobrepasa el 60% de la eficiencia de la bomba y es admisible para la operación del sistema. En el anexo 7 se muestran las características generales del grupo de presión seleccionado tanto del grupo eléctrico como de grupo diésel.

5.6.6 Bomba secundaria Jockey

Se ha elegido la bomba Jockey en la marca **AMSTRONG** (ver Figura 67), según NFPA 20 literal 4.26. (NFPA, 2016b, pág. 26) Indica que una bomba Jockey se debe dimensionar para reponer la presión del sistema debido a fugas y caídas normales de presión, además, sugiere que la capacidad de la bomba sea el 1% de su capacidad nominal es decir de 500 GPM sería 5 GPM y

de un 20-25 % del punto de operación de la bomba, dado estos parámetros las características (ver Gráfica 7) de la bomba serán las siguientes de la tabla 25:

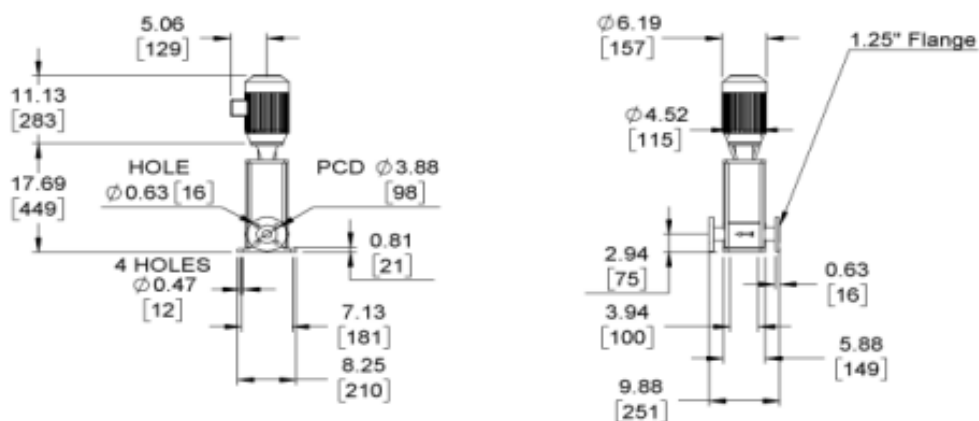
Tabla 25

Características de la bomba Jockey AMSTRONG

<i>Tipo de Bomba.</i>	<i>Caudal Nominal. [GPM]</i>	<i>Rango de Presión. [PSI]</i>	<i>Tipo de Motor.</i>	<i>Potencia. [HP]</i>	<i>Velocidad [RPM]</i>
4700 - VMS-01:09B	5	90-100	230/3/60	1	3600

Figura 67

Bomba Jockey 4700 - VMS-01:09B



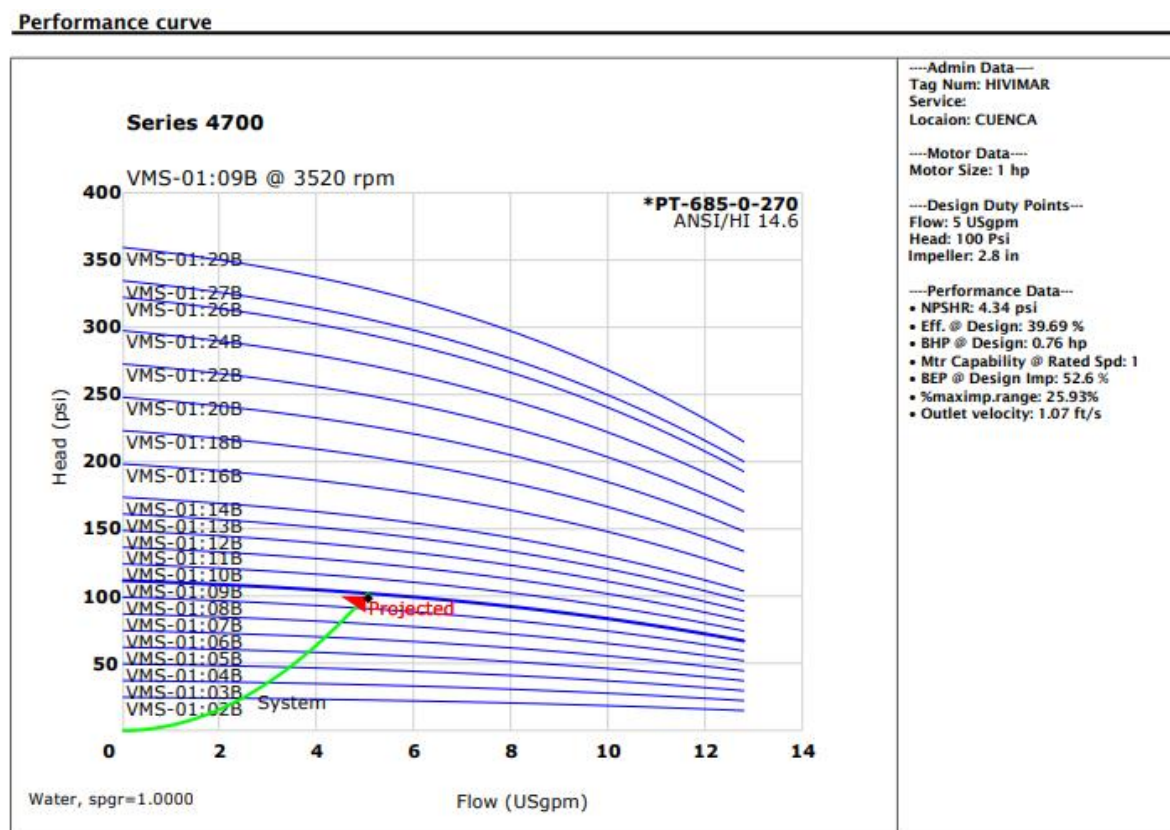
Weight: 57 lb [25.85 kg], Units of measure: inches [millimeters]

- Not to scale
- Tolerance of ± 0.125 inch (± 3 mm) should be used
- For certified dimensions, please contact your Armstrong representative
- Pump equipped with casing drain plug and $\frac{1}{4}$ inch NPT suction and discharge gauge ports

Nota. Tomado de (ARMSTRONG, 2021, pág. 4).

Gráfica 7

Curva característica bomba Jockey 4700 - VMS-01:09B



Nota. Tomado de (ARMSTRONG, 2021, pág. 3).

5.6.7 Tableros controladores de las bombas

Tanto el tablero del motor eléctrico principal como del motor diésel están listados UL y homologados FM según los requerimientos de NFPA, los controladores que se utilizan en estos motores son controladores marca Tornatech diseñados específicamente para cada tipo de bomba, estos controladores siempre estarán en funcionamiento automático y se puede activar en modo manual para cualquier actividad que se necesaria en un mantenimiento preventivo a correctivo.

Estos controladores también darán alarmas por fallo como: baja presión, fallo en el motor, elevada temperatura en el fluido, falla en la carga de baterías; en el caso del sistema que se va a implementar para la CHAL lo recomendable es que si por algún fallo eléctrico la bomba principal

no pueda arrancar enseguida entre en operatividad la bomba diésel para ello se debe garantizar que siempre las baterías de carga estén 100% operativas para el arranque del motor diésel.

En cuanto a la parada, se debería hacer de forma manual ya que eso dependería del tiempo en que podría extinguir el incendio el sistema contra incendio, de los cálculos establecidos. Se estima un tiempo máximo de 30 min que también sería el tiempo máximo en donde pueda operar las bombas y los motores.

5.7 Selección de sistemas de detección de incendios (sensores térmicos)

Debido al diseño e implementación contra incendios que se quiere realizar para el Transformador Principal de 69KV es necesario identificar los puntos críticos en donde se puede generar un incendio. Para la activación de las boquillas rociadoras que se quiere implementar se va a realizar un sistema de diluvio para ello se necesita instalar una válvula de diluvio antes del circuito de boquillas; esta válvula actúa mediante señales térmicas que reciben sus detectores de calor y van hasta su tablero de control permitiendo el paso del flujo hídrico desde el sistema de bombeo hasta las boquillas rociadoras.

Para la aplicación de los detectores de calor se aplicará el criterio de NFPA 72 literal 17.6.2.1. (NFPA, 2016a, pág. 104) en donde se indica el rango de temperatura que deben tener los detectores, al igual que los sistemas que están dentro de CM el transformador principal tiene monitoreo de su temperatura que va desde los 61 ° C hasta los 72 °C. En algunos días en donde la temperatura ambiente es alta, ha habido un aumento de la misma hasta los 76°C así que un registro de más de 80°C representaría un exceso de temperatura que podría provocar un incendio en el cubeto del transformador, de igual manera se debe tomar en consideración que ante un posible incendio por factores atmosféricos en especial en los TP del transformador este puede llegar a rangos mayores de temperatura.

5.7.1 Puntos críticos de incendio en el transformador principal de 69 KV

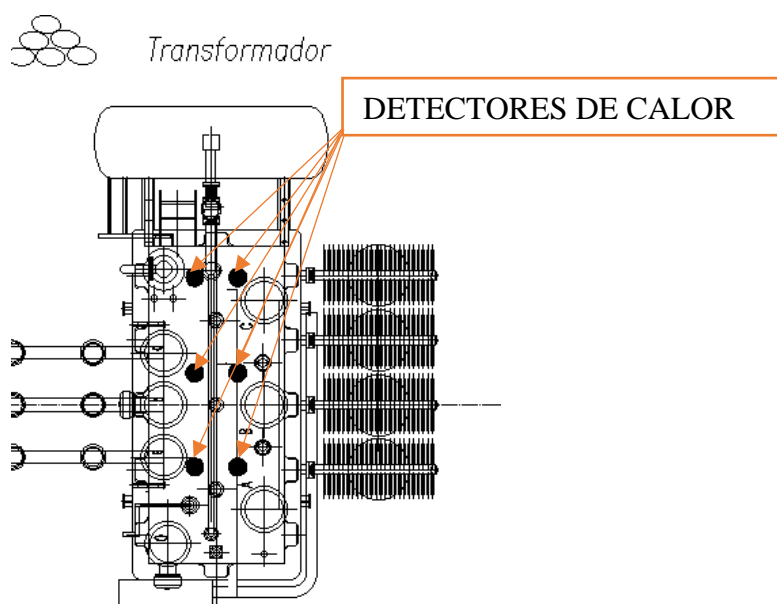
La disposición de los detectores de calor debe ser sobre la tapa del cubeto que abarca un área de $(3.513\text{m} \times 1.619\text{m}) = 5.65593 \text{ m}^2$, se requiere instalar 6 detectores de calor en el largo de

la tapa del cubeto, estos detectores tendrán una separación de 900 mm en sentido longitudinal y 400 mm entre las dos columnas de detectores, de igual manera estarán colocados 300 mm sobre la tapa del cubeto, los detectores tendrán una conexión en serie en cada columna y una conexión en paralelo en un punto común para los 6 detectores, esta conexión dará señal térmica al panel eléctrico de la válvula de diluvio (ver Figura 68).

Los detectores de calor están ubicados en las zonas más críticas de las tuberías de aceite di eléctrico, en esos puntos se podría provocar un incendio y los detectores activarían mediante señal eléctrica la válvula de diluvio e inmediatamente la válvula de diluvio al grupo de bombeo.

Figura 68

Disposición de los detectores de calor en el transformador principal de 69 KV



Nota. Tomado de (CELEC EP_ Hidroazogues, 2015).

5.8 Selección de dispositivos de medición

Según NFPA 15 literal 5.8. donde se instalen, los manómetros requeridos deben estar listados y deben tener un límite máximo no menor del doble de la presión de trabajo normal, en ese caso se debería analizar los valores preliminares que da el cálculo hidráulico en la obtención de la presión y aún más, el valor nominal que tendrá el grupo de bombeo seleccionado (NFPA, 2017, pág. 15).

En las líneas que se implementará se requiere colocar un manómetro de presión en línea después de la instalación de la brida de descarga de la bomba (ver Figura 69) y otro manómetro de presión después de la válvula de diluvio justo antes de llegar a la tee de distribución al anillo hidráulico principal, así se podrá controlar la presión de salida y la presión con la que llega el fluido antes de descargar en las boquillas rociadoras del anillo hidráulico y del ramal.

Figura 69

Manómetro de presión en el grupo de bombeo y abastecimiento



Nota. Manómetro de presión colocado en la salida del sistema de bombeo del sistema contra incendios instalado en casa de máquinas de la CHAL.

5.9 Selección y ubicación de extintores móviles externos

En cuanto a los extintores móviles que se instalara en las áreas que están fuera de CM se utilizará el mismo criterio de selección que se utilizó en la selección de los extintores dentro de CM, la clasificación será la siguiente de la tabla 26:

Tabla 26

Propuesta para la ubicación de extintores móviles en los exteriores de CM

Área de Aplicación	Extintores móviles CO ₂	Extintores Móviles PQS	Cumplimiento de NFPA 10. 5.
Transformador Principal de 69KV.	2 extintores	1 extintor	✓ <i>Cumple con los requisitos de instalación.</i>
	CLASE C CLASE D	CLASE A CLASE B	<i>Se requiere instalar extintores CO₂ en el caso que el fuego se propague fuera del área de cobertura hidráulica del sistema contra incendios como los cables que va por los cárcamos. El extintor PQS será apoyo en el caso de fuegos provocados en mantenimientos y que los equipos estén totalmente des energizados.</i>
Patio de maniobras de Sub Estación Eléctrica (SEE).	2 extintores	2 extintor	✓ <i>Cumple con los requisitos de instalación.</i>
	CLASE C CLASE D	CLASE A CLASE B	<i>Se requiere instalar extintores CO₂ en el caso que el fuego se propague en los tableros de control de los accionamientos mecánicos de los TP y TC El extintor PQS será apoyo en el caso de fuegos provocados en mantenimientos y que los equipos estén totalmente des energizados.</i>
Patio de estacionamiento		2 extintor	✓ <i>Cumple con los requisitos de instalación.</i>
		CLASE A CLASE B	<i>Se requiere instalar extintores PQS ya que esta zona podría provocarse incendios por derramamiento de combustible, s solventes o lubricantes que salgan de los vehículos.</i>
Garita de ingreso	2 extintores		✓ <i>Cumple con los requisitos de instalación.</i>
	CLASE C CLASE D		<i>Se requiere instalar extintores móviles CO₂ debido a que en e área existe equipos electrónicos y de control tales como cámaras de vigilancia, monitores de vigilancia y computadores.</i>

Nota. Propuesta de la ubicación de los extintores móviles fuera de casa de máquinas.

5.10 Análisis de resultados del sistema de bombeo

Se pudo seleccionar el sistema de bombeo para el sistema contra incendios de la CHAL partiendo de los datos obtenidos en la tablas anteriores en donde se calcula el caudal (Q) y la presión (P) desde el sistema de boquillas rociadoras hasta la brida de descarga de la bomba, en el caso del sistema en estudio se tomó el valor de presión más alto del sistema, en la siguiente tabla 27 se han colocado los valores obtenidos del cálculo, de la tabla del fabricante y de la curva óptima de operación , todos estos datos se han comprado en la gráfica del sistema de bombeo seleccionado, los datos son los siguientes:

Tabla 27

Análisis del sistema de bombeo

	<i>Sistema de bombeo calculado</i>	<i>Sistema de bombeo seleccionado</i>	<i>Curva de operación en su punto optimo</i>	<i>Condiciones</i>
Caudal (GPM)	423.3343	500	430.5	El caudal seleccionado es mayor al calculado y el caudal de operación óptimo de mayor al calculado.
Presión (PSI)	82.018	80	82.7	
Potencia (HP)	28.4270	31.5	28.9	La presión calculada es ligeramente mayor a la seleccionada ya que a mayor caudal menor presión por la curva descendente del sistema, sin embargo, tanto el punto de operación como el sistema calculado están bajo la curva del sistema seleccionado por lo tanto cumple con las condiciones y rangos.
Eficiencia (%)	72	78	74	La potencia seleccionada y la potencia del punto óptimo de operación son mayores al sistema calculado, por lo tanto, cumplen con la condición.
				La eficiencia seleccionada y la potencia del punto óptimo de operación son mayores al

$NPSH_{disp}$ (psi)	16.71	sistema calculado, por lo tanto, cumplen con la condición.
$NPSH_{req}$ (psi)	10	$NPSH_{disp} > NPSH_{req} + 0.5$ Cumple con los requisitos.

Nota. En la tabla se realiza una comparativa de los valores calculados con los valores obtenidos por la selección del grupo de bombeo y la curva de operación en su punto óptimo.

De la tabla 27 anteriormente expuesta, se puede observar que las condiciones cumplen las condiciones, en cuanto al valor del $NPSH_{req}$. El valor no se encuentra directamente en las tablas de GRUNDFOS y el proveedor técnico del producto indico que el rango para esta bomba esta entre los 9-11 psi; la bomba de respaldo Jockey cumple la condición que sea un 1% del caudal nominal seleccionado y un 20% más de la presión nominal seleccionada.

Las dos bombas tienen las mismas características mecánicas y de operación, lo que difieren es el tipo de motor de arranque que tiene cada una, y cada motor ya viene relacionado con el tipo de bomba que se seleccione.

6. ESTUDIO DE COSTOS UNITARIOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALAZÁN (CHAL).

Se han podido detallar cuáles serán los equipos específicos e insumos para la implementación del sistema contra incendios de la CHAL. En este punto se relacionan todos los gastos 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.

Cabe resaltar que los costos de mayor valor que se presentaran en la lista serán los correspondientes a la implementación e instalación del sistema de bombeo por tal motivo se escogió un proveedor que garantice la operatividad y funcionamiento de estos equipos tomando en consideración sus precios.

6.1 Costos unitarios de materiales y equipos empleados en el sistema contra incendios

En la tabla 28 se detallan los materiales, tuberías, accesorios, válvulas e insumos considerados para el sistema contra incendio de la CHAL, estos son los siguientes:

Tabla 28

Rubros de equipos materiales y accesorios

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNIT. [USD]	VALOR TOTAL. [USD]
EQUIPO DE BOMBEO.				
Equipo de Bombeo del tipo centrifuga carcasa partida de 500 GPM @ 100 PSI marca GRUNDFOS.	U	2	3970.00	3970.00
Motor eléctrico 2 polos MMG 250M-E de Grundfos (55 kW)	U	1		
Motor diésel de 71 HP marca GRUNDFOS JU4H-UF14. (incluye tanque de diésel)	U	1	4560.00	4560.00
Bomba Jockey multietapas de 5 GPM @ 100 PSI con 1 HP de potencia marca AMSTRONG	U	1	650.00	650.00
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 6"				
Tubería de 6" cédula 40	ML	2.5	42.50	106.25
Reducción de 6" a 4" soldado	U	1	16.20	16.20

TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 4"				
Tubería de 4" cédula 40	ML	108.141	33.20	3590.2812
Codo en 90 grados de 4" soldado	U	23	9.50	218.50
Tee mecánica de 4" soldada	U	10	12.00	120.00
Tee mecánica en 45 grados de 4" soldada	U	6	9.10	54.60
Reducción de 4" a 2 1/2" soldado	U	1	6.25	6.5
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 2 1/2"				
Tubería de 2 1/2" cédula 40	ML	3.64	14.90	54.236
Codo en 90 grados de 2 1/2" ranurado	U	1	4.90	4.90
Tee mecánica de 2 1/2" ranurada.	U	1	5.50	5.50
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 2 "				
Tubería de 2 " cédula 40	ML	18,7510556	8.75	164.071
Codo en 90 grados de 2 " ranurado	U	8	4.25	34.00
Tee mecánica de 2" ranurada	U	16	5.00	80.00
Reducción de 2" a 1 1/2" roscado	U	4	1.80	7.20
Reducción de 2" a 3/4" roscado	U	12	1.85	22.20
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE 1 1/2 "				
Tubería de 1 1/2" cédula 40	ML	11.4524528	5.30	60.6979
Codo en 90 grados de 1 1/2 " roscado.	U	6	1.80	10,80
Tee mecánica de 1 1/2" roscada	U	2	2.10	4.20
Reducción de 1 1/2" a 3/4" roscado	U	6	1.55	9.30
GABINETES CONTRA INCENDIOS				
Válvula angular NPT X NST UL/FM de 2 1/2"	U	3	110.00	330.00
Válvula angular NPT X NST UL/FM de 1 1/2"	U	3	76.00	228.00
Pitón de bronce de 1 1/2"	U	3	22.15	66.45
Niple de bronce de 1 1/2"	U	3	10.50	31.50
Cajetín para gabinete de incendios de 80 x 80 x 22 cm	U	3	72.00	216.00
Brazo porta manguera	U	3	35.42	106.26
Manguera de caucho y lona de doble chaqueta para incendios de 15 m.	U	3	76.00	228.00
Hacha para gabinete de incendio	U	3	25.60	76.80
Hidrantes de boca 100mm y 65mm boca laterales	U	3	85.00	255.00
Válvula de retención UL/FM de 6"	U	1	285.00	285.00
Válvula de compuerta UL/FM de 6"	U	1	75.00	75.00
Manómetro de glicerina 200 PSI	U	1	42.00	42.00
Sensor de flujo	U	1	420.00	420.00
VÁLVULAS DE 4"				
Válvula de compuerta UL/FM de 4"	U	20	58.00	1160.00
Válvula de control de flujo pilotada	U	1	1950	1950

Válvula de compuerta UL/FM de 2 1/2"	U	1	38.00	38.00
Válvula de diluvio UL/FM de 2 1/2"	U	1	2540.00	2540.00
Filtro en "Y" UL/FM Ø 2 1/2 "	U	1	135.00	135.00
Boquilla rociadora VK811	U	12	24.00	288.00
Boquilla rociadora VK813	U	6	27.00	162.00
Sensor de calor FIREWALL	U	6	80.00	480.00
Extintor móvil C0_2 10 Lb	U	3	22.00	66.00
Extintor móvil PQS 100 Lb	U	4	75.00	300.00
TANQUE DE RESERVA Y OBRA CIVIL				
Provisión de tanques con láminas de acero con recubrimiento galvanizado de 60 m3, diámetro de 4 m y 4,5 m de altura	U	1	3940	3940
Válvula de flotador pilotada 4"	U	1	2120	2120
Materiales para cuarto de bombas para sistema contra incendio de 2m x 4m; con bases de concreto y estructura metálica	U	1	950.00	950.00
				37328.
				Total + IVA
				1969

Nota. Se ha consultado los costos aproximados con cada proveedor disponible para la adquisición de los equipos.

6.2 Costos de implementación del sistema contra incendios

Los costos que involucran la mano de obra en campo se consideran costos de implementación, se ha detallado el costo de cada rubro para su instalación, los costos son los siguientes de la tabla 29:

Tabla 29

Costo de mano de obra

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNIT. [USD]	VALOR TOTAL. [USD]
-------------	--------	-------	--------------------	--------------------

Instalación de Equipo de Bombeo, incluye bomba Jockey, tableros, tuberías de succión, descarga, líneas sensores y tanque de combustible.	GLB	1	2300.00	2300.00
Instalación de tubería de 6" cédula 40; incluye accesorios	ML	2.5	15.00	37.50
Instalación de tubería de 4" cédula 40; incluye accesorios	ML	108.141	13.00	1405.833
Instalación de tubería de 2 1/2" cedula 40; incluye accesorios	ML	3.64	9.00	32.76
Instalación de tubería de 2" cedula 40; incluye accesorios	ML	18.751	6.50	121.881
Instalación de tubería de 1 1/2" cedula 40; incluye accesorios	ML	11.452	5.00	57.262
Instalación de gabinete contra incendios; incluye válvulas angulares, cajetín, mangueras, pitón y niple.	GLB	3	50.00	150.00
Instalación de banco de válvulas de 6"; incluye válvulas de supervisión, retención, drenaje, alivio y manómetros	U	3	55.00	165.00
Instalación de banco de válvulas de 4"; incluye válvulas de supervisión, retención, drenaje, alivio y manómetros	U	20	42.00	840.00
Instalación de banco de válvulas de 2 1/2"; incluye válvulas de supervisión, retención, drenaje, alivio y manómetros (Incluye Válvula de Diluvio).	U	3	60	180
Instalación de Boquillas Rociadoras	U	18	11	198
Instalación del tanque para agua del sistema contra incendios	U	1	2350	2350
Construcción de cuarto de bombas	U	1	1950	1950
			Total + IVA	9788.23713

Nota. Se ha consultado los costos aproximados con cada proveedor disponible para el montaje de los equipos.

El costo para la implementación del sistema contra incendios para la central hidroeléctrica, sumando el costo de materiales e insumos más el costo de mano de obra sería aproximadamente de 47116.4341 USD.

6.3 Relación costo beneficio de la implementación del sistema contra incendios

Después de determinar los costos de materiales e implementación del sistema contra incendios de la CHAL 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 el sistema en contra incendio en estudio no se podría implementar. Esta relación está dada por la siguiente ecuación 14 (Mosguidt, 2018):

$$\text{Costo} / \text{Beneficio} \leq 1 \quad (14)$$

Como beneficio se tomará en consideración todos los bienes de la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL), por lo tanto, se determinará el valor monetario que se tomará como beneficio para el análisis correspondiente partiendo con el avalúo de la infraestructura, maquinaria, equipos eléctricos y electrónicos con un monto estimado de 35.000.000 USD incluyendo el valor de la estabilidad de sus taludes, obra civil y obras anexas.

La CHAL tiene una generación diaria promedio de 75 MW·h y el costo a nivel nacional del Kw-h 0.092 USD. De dólar lo que da un costo diario de producción de 6 900 USD y 207 000 USD en el mes, en el caso de existir algún incidente o percance debido a un incendio de igual manera estos son los valores que se podrían perder por día y por mes.

A este valor también se debe agregar el monto de nómina mensual que es la nómina de todo el personal técnico de la central y el monto de mantenimiento mensual de la CHAL, esto da 38.0000 USD. En resumen, la implementación de un sistema contra incendios en la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL) protegerá los siguientes rubros ver tabla 30:

Tabla 30

Tabla de beneficios de rubros a proteger

Beneficios	Valor [USD]
------------	-------------

Infraestructura, maquinaria, equipos eléctricos y electrónicos.	35000000
Producción y operación (1 mes)	245000
TOTAL:	35245000

Nota. Se ha consultado los costos aproximados con cada proveedor disponible para el montaje de los equipos.

6.4 Cálculo del indicador Costo/Beneficio

Para realizar el cálculo se presenta a continuación:

Reemplazando todos los valores en la ecuación 14 tenemos:

Costo: 47116.4341 USD

Beneficio: 35245000 USD

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{47116.4341}{35245000}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = 0.00133682$$

El costo/beneficio representa el 0.133682% del costo total de implementación de la CHAL, por tal motivo se ve factible realizar la inversión total para el sistema contra incendio de la CHAL.

CONCLUSIONES.

- Se realizó una breve introducción de la importancia de la protección contra incendios en las centrales hidroeléctricas, así como la importancia de tener estándares muy altos de seguridad para proteger todas sus instalaciones, equipos de funcionamiento, instalaciones civiles y sobre todo a todo el recurso humano que labora en dichas instalaciones.
- Se realizó una descripción del proceso de generación de la Central Hidroeléctrica Alazán (CHAL), así como la importancia de la implementación adecuada de sistemas contra incendios en todas áreas e instalaciones debido a su alto costo y capital invertido en su fase de construcción y sobre todo por su aporte de producción energética al SNI.
- Se realizó una investigación bibliográfica y una revisión de la normativa NFPA de toda la implementación y funcionamiento de los sistemas contra incendios, así como el agente extintor adecuado para cada área o sección en las centrales hidroeléctricas y máquinas de alta tensión.
- Se realizó un estudio del estado actual del sistema de bombeo contra incendios ubicado dentro de casa de máquinas, y se concluyó que este sistema no podría abastecer a un sistema de boquillas rociadoras o hidrantes debido a su calidad de agua, y sobre todo porque este sistema de bombeo es totalmente manual por lo cual ante un incendio no podría actuar con rapidez a extinguir el fuego.
- Se diseñó un estudio para la implementación de protecciones contra incendios basado en los parámetros establecidos en la norma NFPA 851 de la cual establece las prácticas de protección contra incendios en centrales hidroeléctricas y máquinas de alta tensión.
- Partiendo de la situación actual y la inoperatividad del sistema de bombeo contra incendios que está dentro de casa de máquinas, se realiza el rediseño contra incendios para la protección del transformador principal de 69 KV de la CHAL, de este rediseño se utilizará la disposición original de tuberías para abastecer a los hidrantes con la modificación que

se realizará una bifurcación a estas tuberías desde un nuevo sistema de bombeo automatizado.

- El sistema de bombeo existente dentro de casa máquinas servirá para abastecer al nuevo tanque de reserva ya que su presión y caudal de diseño pueden abastecer al tanque con rapidez tanto en un mantenimiento programado como en un evento de incendio en la zona a proteger.
- El sistema de bombeo existente dentro de casa de máquinas cuenta con un filtro auto limpiante el cual permite que todo sedimento o impureza se pueda filtra allí antes de ingresar a la tubería que abastecerá el tanque de reserva.
- Se realizó una tabla de ponderación (ver Tabla 11) en donde se clasifica cuáles serán las áreas expuestas al fuego en la CHAL, que tipo de fuego podría afectar la zona y que tipo de protección o tecnología de puede aplicar en cada sistema.
- Dentro de la clasificación de todos los equipos que se encuentran dentro de CM, se determinó que los equipos electrónicos deberían ser protegidos con agente extintor CO_2 ya que este componente no afectaría su funcionamiento en el caso de haber un incendio y PQS (polvo químico seco) para los trabajos mecánicos en donde algún fuego provocado por solvente pueda ser extinguido.
- De acuerdo a la norma NFPA 10 se determinó si las ubicaciones de los agentes extintores móviles cumplen los requisitos de peso, ubicación, etiquetado y tiempo de recarga, mediante una tabla se confirmó que en un 95% se cumple esta condición salvo algunos espacios que han sido recomendados implementar.
- De acuerdo a la norma NFPA 72 se verificó que la ubicación de las alarmas contra incendios dentro de la casa de máquinas de la CHAL, se realizó un estudio de campo y se verifico que en un 95% se cumple con los requisitos de instalación de la norma.

- El tanque de reserva que será implementado para el sistema de bombeo automatizado será abastecido desde la instalación de bombeo contra incendios instalado dentro de casa de máquinas, se realizará una bifurcación desde dicho sistema para abastecer al tanque de reserva, esta implementación bajo los parámetros de NFPA 22.
- Para garantizar la operatividad del tanque de reserva en el caso de presentarse un incendio se colocará una válvula de flujo antes del tanque, de tal manera que al bajar el nivel del tanque a menos de 1000mm esta válvula dará paso al flujo que viene desde el sistema de bombeo.
- La ubicación del sistema de bombeo y el tanque de reserva serán sobre la BERMA 8 ubicada en la cota 2276.94 msnm desde allí se realizará la impulsión del flujo hídrico desde un nivel superior de las descargas de las boquillas rociadoras.
- Se utilizará el canal en “V” de la BERMA 8 para realizar la descarga del tanque de reserva del sistema contra incendios de la CHAL, este canal desemboca en un canal que lleva el fluido hasta el río Mazar.
- Para la implementación del sistema contra incendios del transformador principal de 69 KV se determinó realizar un sistema de diluvio con una disposición de 18 boquillas abiertas, 12 en el anillo principal y 6 en los ramales que cubrirán hidráulicamente el cuerpo, radiador, tanque de aceite, y tuberías de aceite del transformador mencionado, cabe resaltar que el anillo hidráulico se encuentra a 2.254m de la línea de impulsión de bombeo, esta diferencia de alturas representa la P. elev. que también se puede representar en 3.2054 psi.
- El diseño y disposición del anillo hidráulico no interfiere en el funcionamiento eléctrico del transformador principal de 69 KV ya que se tomó los parámetros de distancia indicados por NFPA 15 y de igual manera se tomó el criterio de ingeniería de la CHAL para poder disponer del espacio adecuado para la implementación.

- En el rediseño de abastecimiento de los hidrantes se determinó que se cambie el cuerpo de los hidrantes por pedestales siamesas y adjunto se instale una cajetín o BIE`s, en donde se podrá equipar a los hidrantes en el caso de un incendio en las zonas exteriores a casa de máquinas.
- El método de cálculos hidráulicos para determinar los caudales y las pérdidas por presión fue el de HAZEN WILLIAMS, este método es el sugerido por NFPA 15, el caudal de operación calculado es de 1602.490 l/min @ 5.655 bar que se calculó como la presión máxima del sistema.
- Se realiza una tabla de comparación (tabla 21) en donde se muestran los resultados de caudales obtenidos por el método de prisma envolvente y los obtenidos por el método de HAZEN WILLIAMS y muestra que el segundo resultado tiene un incremento del 1.014 % del caudal.
- Con el caudal y presión calculados se pudo escoger el grupo de presión adecuado, por lo tanto, el grupo de bombeo será **HSEF 4-10G 500GPM@80 PSI** de la marca GRUNDFOS, de este tipo de bomba se realizará el montaje de dos bombas en paralelo (figura 66) una eléctrica y otra de motor diésel esto con el objetivo de alternabilidad en el caso de un fallo emergente de la bomba principal eléctrica entraría en operación inmediata la bomba de motor diésel.
- Se realizará la implementación de una bomba secundaria (Jockey), esta será efectiva cuando el sistema pierda presión o tenga fugas y se produzca una caída de presión, la bomba elegida fue una de marca **AMSTRONG 5GPM@90 PSI**, que será el 1% de la capacidad nominal de la bomba principal.
- Con la curva de operación del sistema y la curva de operación del grupo de bombeo seleccionado se realizó una gráfica de corte para determinar cuál será el punto de operación óptimo del sistema el cual fue la intersección de **430.5 GPM @ 82.7 psi**, este punto será

el punto de operación estable del sistema de bombeo, con este punto de operación óptimo se puede determinar de igual manera cual será la potencia y la eficiencia efectiva del sistema como se puede observar en la gráfica 6.

- Mediante una planta del transformador principal de 69 KV se indica cuáles serán los puntos en donde se instalarán los sensores térmicos de calor, estos por señal eléctrica serán fundamentales para la activación de la válvula de diluvio y secuencialmente del grupo de bombeo.
- Se realiza un listado de todos los rubros y materiales utilizados en la implementación del sistema contra incendios con sus costos unitarios, también se realiza un listado de los rubros de instalación y mano de obra de todo el montaje de los equipos del sistema contra incendios de la CHAL.
- En el estudio de análisis de costos de la implementación del sistema se determinó que dicha implementación es factible ya que la relación (costo/ beneficio) no sobrepasa el valor de 1 y da un valor de 0.133682% del costo total de implementación de la CHAL

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda capacitar a todo el personal técnico de la CHAL en manejo de situaciones contra incendios de tal manera que si se suscita un evento de esta magnitud el personal esté preparado y pueda responder con agilidad.
- Se recomienda que al momento de realizar la implementación del sistema se deberá revisar que cada uno de los componentes, equipos, válvulas y accesorios cuenten con la certificación UL/FM para su uso en sistemas contra incendios y a su vez que el personal técnico que esté a cargo de la ejecución cuente con experiencia y conocimientos sobre estos sistemas.
- Se recomienda al departamento de mantenimiento mecánico de la CHAL planificar y programar intervenciones de mantenimiento de carácter preventivo en especial en el vaciado y llenado del tanque de reserva, en la intervención limpieza de las boquillas rociadoras y en la intervención del sistema de bombeo, esto de acuerdo con NFPA 25.
- Se recomienda al personal de mantenimiento eléctrico y electrónico intervenir en la implementación de los equipos eléctricos y de control tales como paneles de control, electroválvulas y sensores térmicos y coordinar que puedan funcionar con el diseño hidromecánico establecido.
- Se recomienda a la jefatura y supervisión eléctrica de la CHAL evaluar la posibilidad de implementar un muro contra incendios para aislar un posible incendio de los equipos adyacentes del patio de sub-estación eléctrica, así como recomienda NFPA 851 literal 5.1.2.

BIBLIOGRAFÍA

- AM GROUP. (2023). *ARISTEGUI.INFO*. Obtenido de <https://www.aristegui.info/redes-contraincendios-principios-basicos/>
- Arguello, F. (12 de 02 de 2021). Aprobaciones UL y FM a considerar bajo NFPA 13. *Info Tecnico*. Obtenido de <https://www.infotecnico.com/ul-y-fm-a-considerar-bajo-nfpa-13/#:~:text=Por%20lo%20tanto%2C%20cuando%20ve,tambi%C3%A9n%20conocido%20como%20%C2%BB%20certificado%20%C2%AB.>
- ARMSTRONG. (2 de ENERO de 2021). Vertical split-coupled multistage pump. *Ref. #SQJST000598_1*, 3. Obtenido de www.armstrongfluidtechnology.com
- Barragán, A. M. (2016). *Diseño, simulación y construcción de un prototipo de un sistema automático y autónomo para el encendido y apagado de una bomba a diésel contra incendios, controlado con un PLC "LOGO"*. Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16545>
- BERMAD. (2020). *BERMAD Protección contra incendios*. Obtenido de https://www.bermad.com/app/uploads/FP_400Y-6M_Product_Page_Spanish_6-2017-1.pdf
- Botta, N. A. (1 de AGOSTO de 2013). *Sistemas fijos en protección a base de agua*. Obtenido de Red Proteger: https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio/64_Sistemas_Fijos_Proteccion_Agua_1a_edicion_agosto2013_Temariocompleto.pdf
- CELEC EP_ Hidrozogues. (2015). *Manual de Operaciones de la Central Alazán*.
- Cengel, Y. (2018). *Mecánica de Fluidos_Fundamentos y Aplicaciones* (4 ed.). México D.F: McGraw-Hill/Interamerica Editores, SA. de C.V.
- CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA. (2020). *CENACE*. Obtenido de <http://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/04/Informe-Anual-CENACE-2020-Parte-1.pdf>

- Cottes. (22 de 06 de 2021). *Cottes Group*. Obtenido de <https://www.cottesgroup.com/blog/tipos-rociadores-automaticos>
- Cruz, L. E., & Martínez, E. (2020). *Diseño de un Sistema Contra Incendios para el Área de Producto Terminado*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4209/browse?type=author&value=Cruz+Castro%2C+Lincoln+Eduardo>
- Escobar, M. (2021). *Implementación de sistema de detección y supresión de incendio en equipos Trackless que garantice su operatividad y seguridad del personal en la unidad económica administrativa Andaychagua - Volcan CIA. minera. Callao*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/7464>
- Esh, S. (2021). *Sistema Contra Incendios en Transformador de la Subestación Sarapullo*. CELEC EP_Hidrotoapi. Sarapullo: CELEC-EP.
- EXTINTORES LA UNIÓN* (2017). Obtenido de <https://extintoreslaunion.com/columna-seca-e-hidrantes>
- Fernández, E. (2022). *Diseño del sistema de agua contra incendio para una planta de envasado de café ubicada en el Callao 2022*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18967>
- GAMARRA, Q. (2019). *Cálculo de un sistema contraincendio para una planta de generación de energía en la industria láctea*. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10221>
- García, A. (19 de octubre de 2021). *Las válvulas de las compuertas*. Obtenido de VALVESEAL: <https://www.valveseal.es/las-valvulas-de-compuerta/>
- Grinnell. (2018). *Productos ranurados mecánicos*. Obtenido de https://grinnell.com/downloads/Grinnell-EMEA-Mechanical_ES.pdf
- GRUNDFOS. (2009). *Fire HSEF - electric*. Wahlstedt. Obtenido de <https://product-selection.grundfos.com/es/products?tab=all>

- GRUNDFOS. (2021). *Grupos contra incendios con bombas diesel*. Obtenido de <https://www.grundfos.com/solutions/learn/research-and-insights/fire-pumps>
- GRUPO ADTEL. (2023). *AB SEGURIDAD*. Obtenido de <https://www.abseguridad.com/que-tipo-de-extintor-necesitas-segun-el-tipo-de-fuego-o-incendio/>
- Guachún, M. E. (2021). *Evaluación de la conformidad del sistema de protección contra Incendios o y seguridad humana basadas en la Normas NFPA para*. Guayaquil: ESPOL. FIMCP. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52481/1/T-88963%20Guach%c3%ban%20Peralta%2c%20M%c3%b3nica.pdf>
- INCISAN. (10 de 12 de 2022). *FIRE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS Y GAS*. Obtenido de <https://www.incisanfire.com/tanques-almacenamiento-de-agua-sci-contraincendios/>
- INFOTECNIKO. (2022). *Ubicación de Detectores de Humo puntuales según la NFPA 72*. Obtenido de <https://www.infotecnico.com/ubicacion-de-detectores-de-humo/>
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2009). *NTE INEN 721*. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-731-EXTINTORES-PORT%C3%81TILES-Y-ESTACIONARIOS-CONTRA-INCENDIOS.-DEFINICIONES-Y-CLASIFICACI%C3%93N.pdf?x42051>
- ISHSA. (2019). *Sistemas de Protección contra Incendios*. Obtenido de <https://cishsacom.com.mx/sistemas-de-proteccion-contraincendios/>
- Jiménez, J. L. (2021). *Diseño de instalación de protección contra incendios*. Obtenido de Escuela Técnica Superior de Ingeniería : <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/93558/fichero/TFG-3558+JIM%C3%89NEZ+VERGARA%2C+JOS%C3%89+LUIS.pdf>
- Katayama, F. (2021). *Sistemas de Bombeo NFPA 20*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/402521609/Bombas-Contra-Incendios-en-Peru-pdf#>
- Lizama-Cámara, Y. (abril de 2012). Diseño y construcción de un sistema de lavado en vivo para los aisladores de transformadores. *Ingeniería, investigación y tecnología, vol.13 no.2* .

Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000200010

MCC, FIRE SECURITY. (2019). *MCC*. Obtenido de <https://mcc-fs.com/redes-contraincendio.php>

Mosguidt, F. (2018). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SIBIMBE DE LA COMPAÑÍA HIDALGO E HIDALGO S.A.* Obtenido de Repositorio Universidad Indoamérica:

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/2151/1/MOSGUIDT%2520RAMOS%2520FABIAN%2520ANDRES.pdf&ved=2ahUKEwjKk7_O3Kz9AhVki7AFHX4dDEIQ6sMDegQIChAB&usg=AOvVawliAGLxezxiQFDWzfJMzyEL

National Fire Association Protection. (2018a). *NFPA*. Obtenido de Norma para extintores Portátiles contra Incendios. Norma 10: <https://www.nfpa.org/>

National Fire Protection Association. (2010). *NFPA*. Obtenido de Práctica Recomendada para Protección Contra Incendios para Plantas de Generación Hidroeléctrica, NFPA 851: <https://www.nfpa.org/>

National Fire Protection Association. (2016a). *NFPA*. Obtenido de Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización. NFPA 72: <https://www.nfpa.org/>

National Fire Protection Association. (2016b). *NFPA*. Obtenido de Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para protección contra Incendios. Norma 20: <https://www.nfpa.org/>

National Fire Protection Association. (2017). *NFPA*. Obtenido de Norma para Sistemas Fijos de Aguas Pulverizadas para Protección contra Incendios. NFPA 15: <https://www.nfpa.org/>

National Fire Protection Association. (2018b). *NFPA*. Obtenido de Normas para Tanques de Agua para la Protección de Tanques Privados. Norma 22: <https://www.nfpa.org/>

National Fire Protection Association. (2019). *NFPA*. Obtenido de Norma para la instalación de sistemas de rociadores. Norma 13: <https://www.nfpa.org/>

National Fire Protection Association. (2022). *NFPA*. Obtenido de Alarma nacional de Fuego y Código de Señalización. Norma 72: <https://www.nfpa.org/>

NFPA JOURNAL EN ESPAÑOL. (25 de Noviembre de 2021). *NFPA JOURNAL EN ESPAÑOL*. Obtenido de <https://www.nfpajla.org/blog/2004-proteccion-contra-incendios-de-transformadores>

Osinergmin. (2019). *Requisitos mínimos verificados para el cumplimiento de NFPA 20*. Obtenido de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/hidrocarburos/Documentos/Almacenamiento/Documentos-Tecnicos/Almacenamiento-DT-Requisitos-minimos-cumplimiento-NFPA-20-PE-GLP.pdf

Palacio, M. (2021). *GUÍA PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE REDES DE PROTECCIÓN CONTRA*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/d03c8c17-55ee-4971-9432-f33aded9087e/content>

Pérez, J. G. (2016). *Cálculo y selección de sistema de rociadores contra incendio*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/12772>

POTTER ROEMER FIRE PRO. (2020). *Folleto Técnico de Productos Mecánicos*. Obtenido de <https://www.potterroemer.com/uploads/fileLibrary/PR-Mechanical-Cabinet-Series-Brochure-SPANISH.pdf>

Technology, C. (2022). *UVIR/OAD Detector*. Obtenido de <https://es.cvtechnology.com/combustible-dust/uvir-oad-detector/>

Trávez, M. A. (2012). *Análisis Costo/Beneficio del Sistema de Prevención de Incendios*. Quito. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1846>

UNE-EN 12845. (2016). *UNE NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA*. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-12845-2016-n0057299>

VIKING. (2009). *SISTEMAS DE DILUVIO*. Obtenido de Sistemas de diluvio. Manual Técnico de funcionamiento, mantenimiento y resolución de problemas.: https://www.vikinggroupinc.com/sites/default/files/documents/Deluge%20Systems%20Manual_010708_es.pdf

VIKING. (01 de JULIO de 2010). *VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO MODELO J-1*. Obtenido de Viking Datos Técnicos: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.vikinggroupinc.com/databook/deluge/valves/040104_es.pdf&ved=2ahUKEwjRurG4ja_9AhVCRDABHdFQD6EQFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw0FCpzmC2S4oHtoQ8wLwjnY

VIKING. (2013). *BOQUILLAS PULVERIZADORAS*. Obtenido de THE VIKING CORPORATION: <https://www.vikinggroupinc.com/sites/default/files/documents/062104.pdf>

ZENSITEC. (2021). Obtenido de <https://zensitec.com.ar/extincion-por-agua/valvula-diluvio-viking-f1>

ANEXOS.

Anexo (1). Recubrimientos aplicados al tanque de carga del sistema contra incendios de la CHAL.

- Especificaciones Técnicas de BASE MICRO-PROTECTORA DE URETANO DE HASTA 25 AÑOS DE DURACIÓN CORTEC VpCI – 396.



BASE MICRO-PROTECTORA DE URETANO DE HASTA 25 AÑOS DE DURACIÓN CORTEC VpCI - 396

Es un recubrimiento de uretano de características únicas porque contiene Inhibidores de Corrosión en Fase de Vapor VpCI, que depositan una película mono-molecular sobre las imperfecciones microscópicas del metal, protegiendo inclusive las superficies expuestas a futuros ataques de corrosión debido a golpes o ralladuras del revestimiento.

Ofrece una durabilidad sin precedentes en la protección de estructuras metálicas, debido a la elevada resistencia mecánica y superior adherencia del revestimiento al metal, en comparación a los anticorrosivos tradicionales, pero en especial, gracias a la protección de los inhibidores de corrosión de nueva generación VpCI, incorporados a nivel de la estructura molecular.

El VpCI-396 forma un recubrimiento duro pero a la vez flexible que cura en presencia de la humedad ambiental. Ha sido reforzado con inhibidores de contacto de aluminio y posee un alto contenido de sólidos.

Ha sido calificado como un producto ambientalmente seguro debido a su bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles, VOC.

CARACTERÍSTICAS

- Bajo VOC (Compuestos orgánicos volátiles)
- Empaque de un solo componente
- Puede ser repintado a una humedad relativa superior a 80%
- Puede ser aplicado a bajas temperaturas
- Excelente adherencia
- Alto contenido de sólidos

METALES A PROTEGER

- Aluminio
- Hierro
- Acero
- Acero Galvanizado

APLICACIONES

- Puentes
- Estructuras de acero
- Tanques
- Puentes grúas
- Torres de antenas
- Torres de transmisión
- Tanques de almacenamiento de combustible
- Vallas
- Silos
- Galpones
- Reservorios de agua salada / desagües
- Superficies de hormigón armado sumergidas.



PROPIEDADES

Apariencia	Líquido viscoso de color aluminio
Tiempo de secado al tacto	1 hora @ 75° F (24°C), 50% de humedad relativa
Tiempo de espera entre capas para re-aplicación de VpCI 396	De 8 horas (@ 75° F (24° C) a 50% de humedad relativa hasta 2 semanas (máximo), dependiendo de la humedad y temperatura. Nota: Después de las dos semanas, para asegurar una buena adherencia, puede ser necesaria la aplicación suave de lija fina o una limpieza previa de la película de VpCI 396, con solvente y wipe
Tiempo de espera para aplicación de recubrimiento de acabado final sobre la VpCI 396	De 3 a 24 horas, dependiendo de la humedad y de la temperatura Nota: Leer abajo información sobre Recubrimiento Exterior
Tiempo de curado	1 semana @ 75° F (24° C), 50% de humedad relativa
Tipo de film	Duro
Punto de flash	78° F (25° C)
Contenido no volátiles	67-72% por peso, 60-62% por volumen
Tiempo de vida útil	Hasta 25 años
Rendimiento teórico	45,43 m ² / galón @ 50 micras (2 mil) DFT (Espesor de película seca) 24 m ² / litro @ 25 micras (1 mil) DFT (Espesor de película seca) Nota: 1 mil (milésima de pulgada) = 25 micras
Viscosidad	500 – 1.000 cps a 6 RPM
VOC	2,8 lb / gal (0,33 kg/l)
Densidad	9,2 – 9,7 lb / gal (1,10 – 1,16 kg/l)
Coefficiente de fricción	0,20
Adhesión	5 B
Dureza del film	4H – 7H
Resistencia a la temperatura una vez curado al 100%	- 150° F a 300° F (- 78° C a 150° C)
Almacenamiento	1 año

Edificio CODEMET:
Av. Nariño Isolas 2027 y Calle Segunda
PBR: 246-2527 / 244-2224 - FAX: ext. 25
e-mail: ventas@codemet.com
Quito - Ecuador



Av. Pío Cora 2027 y Amazonas
Edificio Drota 3er piso, Oficina 304
Telf: 246-2527 / 244-2224 / 244-2900
e-mail: ventas@codemet.com
Quito - Ecuador

- **Catálogo Técnico de Recubrimiento de Sistemas para Interior de Tanques Metálicos y Concreto para Aguas de Proceso Epóxido Poliamida SHERVIN WILLIAMS.**

	SISTEMA	PRIMARIO	EPS (mils)	MANO INTERMEDIA	EPS (mils)	ACABADO FINAL	EPS (mils)	TOTAL EPS (mils)	RECOMENDACIONES DE USO
PREMIUM	Epóxico Novalaca Fenólico	Phenicon® HS Epoxy Phenolic (CK920WA11 / CK700C685)	5 - 6			Phenicon® HS Epoxy Phenolic (CK920WA11 / CK700C685)	5 - 6	10 - 12	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema epóxico superior de altos sólidos con tecnología Novalaca que lo hace altamente resistente a la corrosión y a sustancias químicas. ✓ Ideal para sistemas de tratamiento de agua sin aereación.
ALTO DESEMPEÑO	Epóxico Poliamida	Macropoxy® 646 FC Fast Cure (Línea B58 / B58V600)	5 - 10			Macropoxy® 646 FC Fast Cure (Línea B58 / B58V600)	2.5 - 5	10 - 20	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aprobado por USDA. ✓ Se aplica a concreto, hierro, galvanizado, aluminio, zinc. ✓ Solamente en colores blanco y negro. ✓ Para aguas a temperatura ambiente.
EXCELENTE DESEMPEÑO	Epóxico Alquitrán de Hulla	TarGuard® Coal Tar Epoxy (B69B60 / B69V60)	4 - 8			TarGuard® Coal Tar Epoxy (B69B60 / B69V60)	4 - 8	8 - 16	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Excelente resistencia a la corrosión por ser un producto rico en alquitrán de hulla. ✓ Resiste inmersión constante. ✓ No debe recubrirse.

Anexo (2). Válvula de control de flujo modelo j-1 Viking.

Tabla de referencias y especificaciones de la válvula de control de flujo.

DESCRIPCIÓN	Tamaño nominal	Referencia	Pérdida de carga*	Factor Cv	Peso para transporte
Roscada					
<u>Diámetro exterior tubería</u>					
NPT 65mm	2½"	12405	3.6	155	30 kg
Brida/Brida					
<u>Taladro de brida</u>					
ANSI	3"	12016	6.7	198	37 kg
ANSI	4"	11968	6.4	416	57 kg
ANSI	6"	11970	11.9	884	107 kg
ANSI	8"	11993	17.4	1500	184 kg
ANSI/Japan	3"	11975	6.4	416	57 kg
ANSI/Japan	4"	11981	11.9	884	107 kg
PN10/16	DN80	12028	6.7	198	37 kg
PN10/16	DN100	11973	6.4	416	57 kg
PN10/16	DN150	11971	11.9	884	107 kg
PN10	DN200	11997	17.4	1500	184 kg
PN16	DN200	12001	17.4	1500	184 kg
Brida/Ranura					
<u>Taladro de brida / Diámetro exterior tubería</u>					
ANSI / 89mm	3"	12020	6.7	198	33 kg
ANSI / 114mm	4"	11967	6.4	416	57 kg
ANSI / 168mm	6"	11669	11.9	884	107 kg
PN10/16 / 89mm	DN80	12031	6.7	198	33 kg
PN10/16 / 114mm	DN100	11974	6.4	416	57 kg
PN10/16 / 165mm	DN150	12642	11.9	884	107 kg
PN10/16 / 168mm	DN150	11969	11.9	884	107 kg
Ranura/Ranura					
<u>Diámetro exterior tubería</u>					
73 mm	2½" / 65 mm	12407	3.6	15	30 kg
76 mm	DN80	12731	3.6	155	30 kg
89 mm	3" / DN80	12024	6.7	198	29 kg
114 mm	4" / DN100	11516	6.4	416	57 kg
165 mm	DN150	11912	11.9	884	107 kg
168 mm	6" / DN150	11527	11.9	884	107 kg
219 mm	8" / DN200	11019	17.4	1500	184 kg

* Expresado en longitud equivalente de tubería Schedule 4, con un coeficiente en la fórmula de Hazen Williams C=120

- Datos técnicos de la válvula de control de flujo.

1. DESCRIPCIÓN

La válvula Viking de control de flujo es una válvula de inundación de apertura rápida, de diafragma y con clapeta flotante mantenida en su posición mediante un resorte. La válvula de control de flujo puede utilizarse para disponer de un control todo-nada, manual o automático. También puede usarse para controlar la presión del agua o la velocidad de flujo. Como válvula todo-nada puede utilizarse en sistemas de diluvio, sistemas de rociadores o para el llenado automático de tanques y depósitos.

Características:

1. El diafragma y las juntas de goma se pueden sustituir en campo
2. Diseñada para instalarse en posición vertical u horizontal
3. Compatible con sistemas de actuación hidráulicos (véanse las Figuras 2-5), neumáticos y/o de detección eléctricos
4. Diseñada para su reposición sin necesidad de abrirla.
5. Los accesorios de la válvula pueden disponerse para su reposición automática o manual.
6. Accesorio.
 - a. A Conjunto de accesorios (trim) estándar para la válvula de control de flujo modelo J. Incluye todos los accesorios de válvula y los accesorios de tubería y elementos de conexión indicados en los Esquemas de accesorios estándar de la válvula utilizada. Estos esquemas se incluyen con cada trim y en el Manual Viking de Ingeniería y Diseño. Consultar con el fabricante o ver en la lista de precios los conjuntos de accesorios (trim) que pueden suministrarse ya montados.
 - b. Para operaciones específicas son necesarios los componentes auxiliares. Consultar en los datos del sistema las necesidades para el sistema de que se trate. Los datos del sistema se indican en el Manual Viking de Ingeniería y Diseño.

NOTA: PARA LAS REFERENCIAS DE LOS ACCESORIOS, CONSULTE LA LISTA DE PRECIOS DE VIKING

2. LISTADOS Y APROBACIONES

Listada por U.L.- Guía N°. VLFT & VLLA

Listada por C-UL

Aprobada por FM, en sistemas multicíclicos

Certificado ABS N°. 04-CH557068-X

City of New York Department of Building, MEA N°. 89-92-E Vol. XXXI

3. DATOS TÉCNICOS

Especificaciones

Tipo: de paso recto

Conexiones disponibles: consultar la Tabla 1

Presión de trabajo: 250 psi (17,2 bar)

Prueba hidrostática: 500 psi (34,5 bar) en fábrica

Restricción necesaria en la línea de cebado: 0,125" (3,1 mm)

Color: Rojo

Pérdida de carga: consultar la Tabla 1

Factor Cv: consultar la Tabla 1

Materiales

Véase la Figura 6

Información del pedido

Véase la Tabla 1 para referencias de componentes y peso para transporte.

4. INSTALACIÓN (CONSULTAR LA FIGURA 1 PARA IDENTIFICAR LOS COMPONENTES DEL TRIM)

A. General

1. Las válvulas Viking de control de flujo de 1-1/2" (40 mm) y 2" (50 mm) se pueden instalar en posición horizontal o vertical.

NOTA: PARA POSICIONES DISTINTAS DE LA VERTICAL, PUEDEN SER NECESARIAS PEQUEÑAS MODIFICACIONES



LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

El contenido de este documento puede no incluir todas las especificaciones de los productos descritos con exactitud, y por lo tanto, no constituye garantía de ningún tipo en relación con dichos productos. Las características exactas de los productos se publican en inglés: The Viking Corporation's Technical Data Sheets. Las condiciones de garantía se indican en las Condiciones de Venta que aparecen en los documentos oficiales de Viking. Lo indicado en este documento no constituye alteración de ninguna de las características de los productos en relación a lo indicado en el documento original indicado más arriba. Se puede solicitar copia de dicho documento a Viking Technical Services, The Viking Corporation, Hastings Michigan, USA. Form No. F_040402

Los datos técnicos de los productos Viking pueden consultarse en la página Web de la corporación <http://www.vikinggroupinc.com>. Esta página Web puede contener información más reciente sobre este producto.

Anexo (3). Boquillas rociadoras VIKINGS Modelo -E.

- Características técnicas de las boquillas rociadoras.

1. FABRICANTE

THE VIKING CORPORATION
210 N.N. Industrial Park Road
Hastings, Michigan 49058 USA
Teléfono: (269) 945-9501
Servicio Técnico: (877) 384-5464
Fax: (269) 945-9599
e-mail: techsvcs@vikingcorp.com.

2. DESCRIPCIÓN

Las boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo E son boquillas abiertas diseñadas para aplicaciones de descarga direccional en sistemas de protección contra incendios fijos. Tienen un diseño abierto (no automático) con un deflector externo que aplica una descarga de agua pulverizada de cono lleno de media y alta velocidad. Las boquillas de pulverización modelo E están disponibles con diferentes diámetros de orificios y ángulos de pulverización para satisfacer los requisitos de diseño e incluyen una rosca externa NPT de 1/2" (15 mm). La base es de latón pero puede aplicarse un recubrimiento de níquel electroless a toda la boquilla para que sea resistente a la corrosión. El ángulo de pulverización es el ángulo de descarga indicado para cada boquilla y también está marcado en el deflector. Las Figuras 1a y 1b muestran la anchura de la distribución en función de la altura, basándose en pruebas en posición vertical para presiones de descarga de 10, 20 y 60 psi (0,7 bar, 1,4 bar y 4,1 bar). Tenga en cuenta que la presión de descarga máxima de las boquillas de pulverización modelo E es 12 bar (175 psi). A partir de 4,1 bar (60 psi), se reduce la anchura de la descarga porque ésta tiende a retraerse. Para la protección contra la exposición, las figuras 6a, 6b, y 7 muestran, para diversos ángulos fijos de montaje, la distancia máxima entre la boquilla y el plano a proteger. Para las boquillas con factor K nominal 17 (1,2 US), 26 (1,8 US) y 33 (2,3 US), se usa un reductor, insertado a ras del borde de entrada para evitar la formación de cavidades con ángulos agudos y depósitos. Las boquillas con factor K 46 (3,2 US), 59 (4,1 US), 81 (5,6 US) y 104 (7,2 US) tienen orificios maquinados. Hay tapones de protección opcionales para proteger la boquilla del polvo, plagas de insectos y otros residuos.

3. LISTADOS Y APROBACIONES

Listado cULus: categoría VGYZ

Aprobada por FM para sistemas de extinción fijos

Aprobada por NYC: MEA 89-92-E, volumen 29

Véase la Tabla de aprobaciones de la página 32c y los criterios de diseño de la página 32e para consultar las normas de aprobación cULus y FM aplicables.

4. DATOS TÉCNICOS

ESPECIFICACIONES

Presión mínima de trabajo: 10 psi (0,7 bar)
Presión máxima de trabajo: 175 psi (12 bar)
Tamaño de rosca: 1/2" (15 mm) NPT
Factor K nominal: 7,2 U.S.A (103,7 métrico*)
5,6 U.S.A (80,6 métrico)
4,1 U.S.A (59,0 métrico)
3,2 U.S.A (46,1 métrico)
2,3 U.S.A (33,1 métrico)
1,8 U.S.A (25,9 métrico)
1,2 U.S.A (17,3 métrico)

El factor K, marcado en el deflector, indica el diámetro de los orificio. Consulte las curvas de descarga nominales en la página 32f de cada boquilla para varias presiones residuales.

*El factor K métrico mostrado es aplicable cuando la presión se mide en bar. Si la presión se mide en kPa, dividir la cifra indicada entre 10.

Longitud total: 2-7/16" (61 mm)

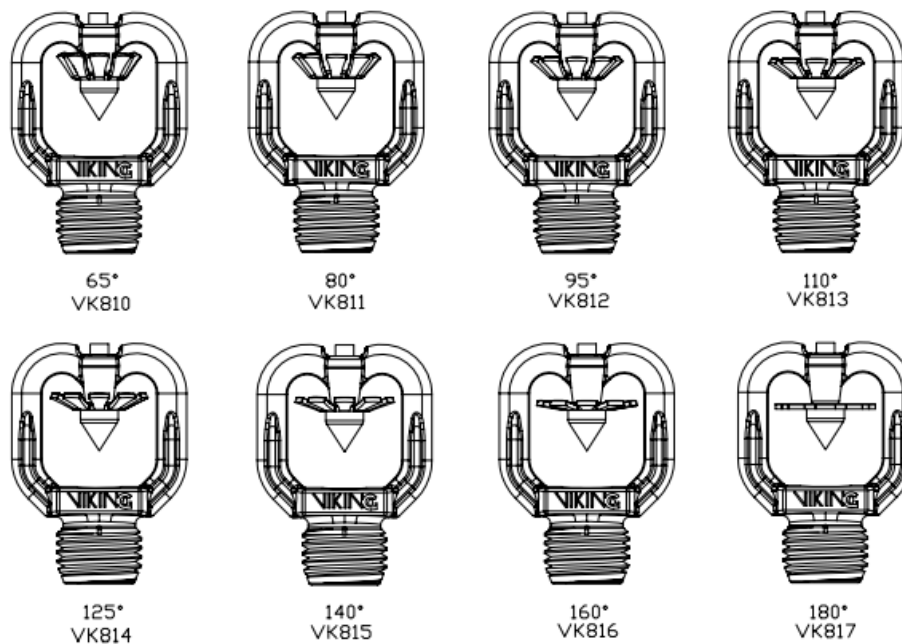


Los datos técnicos de los productos Viking pueden consultarse en la página Web de la Corporación <http://www.viking-groupinc.com> Esta página puede contener información más reciente sobre este producto.

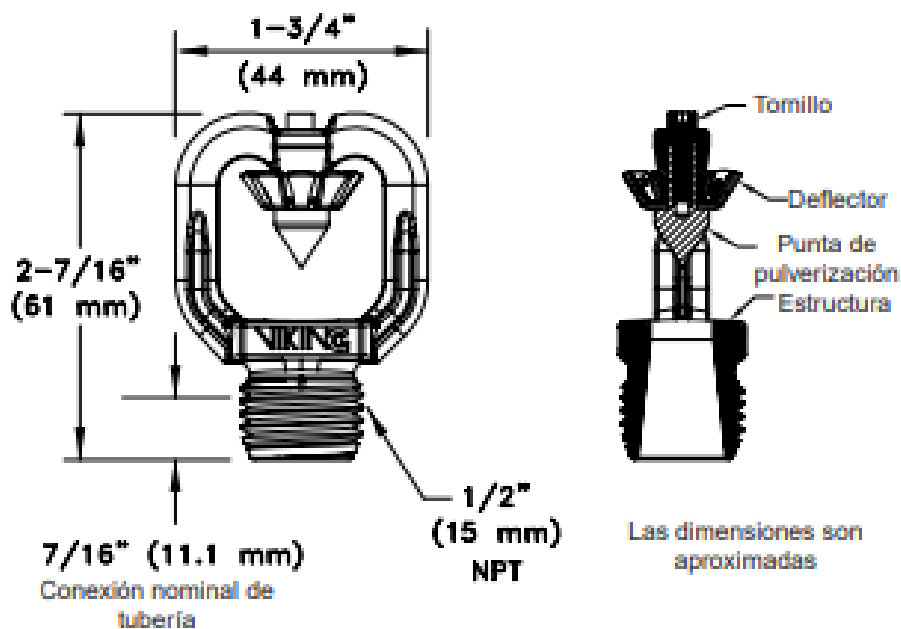
LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

El contenido de este documento puede no incluir todas las especificaciones de los productos descritos con exactitud, y por lo tanto, no constituye garantía de ningún tipo en relación con dichos productos. Las características exactas de los productos se publican en inglés: The Viking Corporation's Technical Data Sheets. Las condiciones de garantía se indican en las Condiciones de Venta que aparecen en los documentos oficiales de Viking. Lo indicado en este documento no constituye alteración de ninguna de las características de los productos en relación a lo indicado en el documento original indicado más arriba. Se puede solicitar copia de dicho documento a Viking Technical Services, The Viking Corporation, Hastings Michigan, USA. Form No. F_010104

- Tipos de las boquillas rociadoras según su ángulo de descarga.



- Dimensiones de las boquillas rociadoras.



Anexo (4). Cálculos Hidráulicos.

En las siguientes tablas de resumen de datos se puede ver los resultados del cálculo de todo el sistema contra incendios:

Tabla A1

Perdidas de carga de la boquilla # 10 hasta el nodo de distribución # 4

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
10-9	51.8	2"	52.48	1.541435	4.4	5.941435		0.000537539	0.003193755	4.003193755	0.398
9-8	103.621	2"	52.48	0.794264	4.4	5.194264		0.001938546	0.010069317	4.013263072	0.795
8-7	155.506	2"	52.48	2.0974297	4.4	6.4974297		0.004108042	0.026691713	4.039954785	1.193
7-6	207.565	2"	52.48	1.83443	4.4	6.23443		0.007008636	0.043694851	4.083649636	1.593
6-5	259.903	2"	52.48	1.2217034	2.9	4.1217034		0.010624346	0.043790401	4.127440037	1.995
5-4	312.498	2"	52.48	0.8581132	5.8	6.6581132		0.014942713	0.099490272	4.226930309	2.398

Tabla A2

Perdidas de carga en los ramales del nodo de distribución # 4

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
3A_4A	51.8	1 1/2"	40.94	0.858113	3.64	4.498113		0.001801441	0.008103088	4.008103088	0.653
4A_5A	51.8	1 1/2"	40.94	0.858113	3.64	4.498113		0.001801441	0.008103088	4.008103088	0.653
4A_4	103.600	1 1/2"	40.94	1.5		1.5	-0.15	0.0064942	-0.1402587	3.867844387	1.306
4	108.302	1 1/2"	40.94							4.226930309	1.306

Tabla A3

Perdidas de carga desde el nodo de distribución # 4 hasta el punto de distribución # 1

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
4-3	420.824	2"	52.48	0.858113	2.9	3.758113		0.025911159	0.09737707	4.324307379	3.229
3-2	474.683	2"	52.48	1.221702	2.9	4.121702		0.032377819	0.133451732	4.457759112	3.643
2-1	529.367	2"	52.48	0.65	2.17	2.82		0.039614164	0.111711941	4.569471053	4.062

Tabla A4

Pérdidas de carga desde la boquilla # 10 hasta el punto de distribución #11

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
10_11	51.8	2"	52.48	0.858113	5.8	6.658113		0.000537539	0.003578997	4.003578997	0.398

Tabla A5

Perdidas de carga en los ramales del nodo de distribución # 11

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
--------------	-----------------	--------------	---------------	-------------------------------------	--	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	----------------------------

10A_11A	51.8	1 1/2"	40.94	0.858113	3.64	4.498113		0.001801441	0.008103088	4.008103088	0.653
11A_12A	51.8	1 1/2"	40.94	0.858113	3.64	4.498113		0.001801441	0.008103088	4.008103088	0.653
11A_11	103.600	1 1/2"	40.94	1.5		1.5	-0.15	0.0064942	-0.1402587	3.867844387	1.306
11	105.402	1 1/2"	40.94							4.003578997	1.329

Tabla A6

Perdidas de carga en los ramales del nodo de distribución # 11 hasta el nodo de distribución # 15

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
11_12	157.202	2"	52.48	0.858113	2.9	3.758113		0.004191296	0.015751364	4.019330361	1.206
12_13	209.127	2"	52.48	1.541433	4.4	5.941433		0.00710656	0.042223149	4.06155351	1.605
13_14	261.324	2"	52,48	1.04827	4.4	5.44827		0.010732044	0.058471072	4.120024583	2.005
14_15	313.896	2"	52.48	1.408937	7.3	8.708937		0.015064435	0.131195209	4.251219791	2.409

Tabla A7

Perdidas de carga en los ramales del nodo de distribución # 15

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
15_15B	51.8	1 1/2"	40.94	2.51	2.4	4.91	0.191	0.001801441	0.199845078	4.199845078	0.653

15	52.116	1 1/2"	40.94							4.251219791	0.657
-----------	--------	--------	-------	--	--	--	--	--	--	--------------------	-------

Tabla A8

Perdidas de carga en los ramales del nodo de distribución # 15 hasta el punto de distribución # 17

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
15_16	366.011	2"	52.48	0.6	2.9	3.5		0.020015449	0.07005407	4.321273861	2.809
16_17	419.852	2"	52.48	0.6	2.9	3.5		0.02580045	0.090301577	4.411575438	3.222

Tabla A9

Perdidas de carga en el punto de distribución # 17

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
17_17B	51.8	1 1/2"	40.94	2.51	2.4	4.91	0.191	0.001801441	0.199845078	4.199845078	0.653
17	53.090	1 1/2"	40.94							4.411575438	0.669

Tabla A10

Perdidas de carga desde el punto de distribución # 17 hasta el punto de distribución #1

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
17_1	472.941	2"	52.48	0.758999	3.67	4.428999		0.032158322	0.142429183	4.554004621	3.629

Tabla A11

Análisis de Resultados en el Anillo hidráulico del Transformador

CAUDAL TOTAL EN EL ANILLO HIDRAULICO DEL TRANSFORMADOR	1002.308 L/min	Se realizó el cálculo de caudales en cada boquilla pulverizadora desde el punto de la boquilla 10 hasta el punto de ingreso en 1, se realizó el cálculo en las dos direcciones del anillo y la sumatoria de las dos da el caudal total que ingresa al anillo hidráulico, con este caudal podemos recalcular el volumen y dimensiones del tanque de reserva.
PRESION EN EL PUNTO 1 DEL ANILLO HIDRAULICO DEL TRANSFORMADOR	4,569 bar	Se realizó el cálculo de presiones en las dos direcciones del anillo hidráulico desde el punto más alejado (boquilla 10) hasta el punto de ingreso en 1; en este punto por igualación de presiones para que el sistema hidráulico pueda balancear, en los dos cálculos nos da una presión media de 4.561 bar sin embargo escogemos la presión calculada desde la boquilla 10 hasta el punto 1 en sentido de las manecillas del reloj ya que esta presión tiene 0.015 bar que el otro lado del ramal , según NFPA 15 8.5.1.4 en un empalme hidráulico no debe existir una diferencia de 0.5 psi o 0,03 bar, en el caso del sistema que se está calculando cumple con el requisito de la norma.

Tabla A12

Análisis de Resultados en el desde el punto de distribución #1 hasta el punto A

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
1_A	1002.308	2 1/2"	62.68	3.64	9.63	13.27	0.304	0.05433809	1.025066449	5.594537501	5.392

Tabla A13

Análisis de Resultados en el desde el punto A hasta el punto B

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
A_B	1002.308	4"	102.26	3.503	8.6	12.103		0.005010203	0.06063849	5.655175991	2.026

Tabla A14

Análisis de Resultados en el desde el punto B hasta el punto C

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
B_C	1002.308	4"	102.26	7.215	2.6	9.815	-0.5594	0.005010203	-0.51022485	5.144951137	2.026

TablaA15*Análisis de Resultados en el desde el punto C hasta el punto D*

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
C_D	1002.308	4"	102.26	5	16.4	21.4		0.005010203	0.10721835	5.252169487	2.026

Tabla A16*Análisis de Resultados en el desde el punto D hasta el punto E*

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
D_E	1602.490	6"	154.08	2.5	3.56	6.06		0.001621128	0.009824036	5.261993522	1.427

Tabla A17*Análisis de Resultados en el desde el punto E hasta el punto F.*

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
E_F	1602.490	8"	202.74	3.125	2.68	5.805		0.000425938	0.002472571	5.264466093	0.824

Tabla B1

Perdidas de carga en las líneas de tuberías de los hidrantes.

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
1A_1B	200	4"	102.26	37.145	5.6	42.745		0.00025404	0.0108591	5.0108591	0.40423752
1B_T1	200	4"	102.26	1.355	2.8	4.155		0.00091583	0.00380526	5.01466436	0.80847505
T1_T2	400	4"	102.26	0.555	2.8	3.355		0.00091583	0.0030726	5.01773696	0.80847505
T2_C1	200	4"	102.26	32.5	1.4	33.9		0.00025404	0.00861208	5.00861208	0.40423752
C1	200.182	4"	102.26							5.01773696	0.41254862
C1_C2	600.182	4"	102.26	13.075	1.4	14.475		0.00194011	0.0280831	5.04274746	1.21308063
C2_C3	600.182	4"	102.26	7.541	2.6	10.141	-0.557	0.00194011	-0.5373253	4.50542213	1.21308063
C3_C4	600.182	4"	102.26	9.003588	22	31.003588		0.001940110	0.06015039	4.56557251	1.2130806334

Tabla C1

Perdidas de carga en las líneas de abastecimiento al tanque de reserva

Tramo	Q(L/min)	D(in)	Di(mm)	Longitud Tubería (m)	Longitud Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Perd.Alt. (bar)	Perd.Fricc. (bar.m)	Presión Fricción (bar)	Presión Total (bar)	Velocidad (m/s)
1B_8B	600.182	4"	102.26	59.219	20.1	79.319	1.2226	0.00194011	0.13988763	5.13988763	1.21308063

Nota. En la pérdida en altura se considera los sumatoria de desniveles desde el punto de abastecimiento hasta el tanque de reserva Fuente: Autor.

Anexo (6). Características técnicas de la válvula de diluvio utilizada en el sistema contra incendios de la CHAL.

- Datos técnicos de la válvula.

1. DESCRIPCIÓN

La válvula Viking de diluvio modelo F-1 es una válvula de inundación de apertura rápida, diafragma diferencial y con una parte con posibilidad de movimiento. La válvula de diluvio se utiliza para controlar el flujo de agua en los sistemas de diluvio y de preacción. La válvula se mantiene cerrada por la presión contenida en la cámara de cebado, manteniendo seca la cámara de salida de agua y el sistema de tuberías. En caso de incendio, al actuar el sistema de disparo, se libera la presión de la cámara de cebado y se abre la clapeta permitiendo el paso del agua al sistema.

Características:

1. El diafragma y las juntas de goma se pueden sustituir en campo
2. Diseñada para instalarse en posición vertical u horizontal
3. Diseñada para su reposición sin necesidad de abrirla
4. Compatible con sistemas de actuación hidráulicos, neumáticos y eléctricos

2. LISTADOS Y APROBACIONES

Listado cULus - Guía N°. VLFT & VLJH

Aprobada por FM en sistemas de diluvio, preacción y refrigerados.

City of New York Department of Building, MEA N°. 89-92-E Vol. XXXI

American Bureau of Shipping (ABS) - Certificado N°. 05-HS502910C-PDA

CE - Directiva de equipos a presión 97/23/EC

3. DATOS TÉCNICOS

Especificaciones

Presión máxima de trabajo 250 psi (17,4 bar)

Tipo: de paso recto

Conexiones: Consultar la Tabla 1

Presión de prueba en fábrica: 500 psi (34,5 bar)

Diferencial superior a 2:1 (cámara de cebado con cámara de entrada).

Restricción necesaria en la línea de cebado: 1/16" (1,6 mm)

Color: Rojo

Pérdida de carga: Consultar la Tabla 1

Factor Cv: Consultar la Tabla 1

Materiales

Véase la Figura 2

Información del pedido

Referencias: Consultar la Tabla 1

Peso para transporte: Consultar la Tabla 1

Disponible desde 2004

Accesorios

Para las referencias de los componentes consultar la lista de precios Viking en vigor.

1. Se suministra un CONJUNTO DE ACCESORIOS (TRIM) ESTÁNDAR. Incluye el CONJUNTO DE ACCESORIOS DE VÁLVULA y todos los accesorios de tubería y elementos de conexión indicados en los Esquemas de accesorios estándar de la válvula utilizada. Estos esquemas se incluyen con cada trim y en el Manual Viking de Ingeniería y Diseño. Consultar con el fabricante o ver en la lista de precios los conjuntos de accesorios (trim) modulares que pueden suministrarse ya montados.
2. Un CONJUNTO DE ACCESORIOS DE VÁLVULA incluye los componentes necesarios del trim. Este conjunto es necesario cuando no se utilizan los conjuntos Viking estándar.
3. Hay otros accesorios disponibles que puede que sean necesarios para la supervisión o el funcionamiento del sistema. Consultar en la descripción del sistema y en los datos técnicos todos los requisitos de funcionamiento para el sistema de que se trate.

4. INSTALACIÓN

A. General

1. Las válvulas de diluvio Viking se puede instalar en posición horizontal o vertical.
2. La válvula debe instalarse en una zona no expuesta al riesgo de heladas o a daños mecánicos.
3. Los accesorios deben montarse de acuerdo con los Esquemas de accesorios vigentes y las correspondientes instrucciones



LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

El contenido de este documento puede no incluir todas las especificaciones de los productos descritos con exactitud, y por lo tanto, no constituye garantía de ningún tipo en relación con dichos productos. Las características exactas de los productos se publican en inglés: The Viking Corporation's Technical Data Sheets. Las condiciones de garantía se indican en las Condiciones de Venta que aparecen en los documentos oficiales de Viking. Lo indicado en este documento no constituye alteración de ninguna de las características de los productos en relación a lo indicado en el documento original indicado más arriba. Se puede solicitar copia de dicho documento a Viking Technical Services, The Viking Corporation, Hastings Michigan, USA, Form No. F_040104

Los datos técnicos de los productos Viking pueden consultarse en la página Web de la corporación <http://www.vikinggroupinc.com>. Esta página Web puede contener información más reciente sobre este producto.

- Especificaciones técnicas de la válvula.

DESCRIPCIÓN	Tamaño nominal	Ref.	Pérdida de carga*	Factor Cv	Peso para transporte
Roscada					
Diámetro exterior tubería					
NPT 48mm	1½"	12126	2,1 m	66	16 kg
NPT 60 mm	2"	12059	3,9 m	93	16,5 kg
BSP 48 mm	DN40	12682	2,1 m	66	16 kg
BSP 60 mm	DN50	12686	3,9 m	93	16,5 kg
Ranura/Ranura					
Diámetro exterior tubería					
48 mm	1½" / DN40	12125	2,1 m	66	16 kg
60 mm	2" / DN50	12057	3,9 m	93	16,5 kg

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{S}}$$

Q= Flujo
 Cv= Factor flujo (GPM/1 PSI ΔP)
 ΔP= Pérdida de presión a través de la válvula
 S= Gravedad específica del líquido

* Expresado en longitud equivalente de tubería Schedule 40, con un coeficiente en la fórmula de Hazen Williams C=120.

- Conjunto de la válvula.

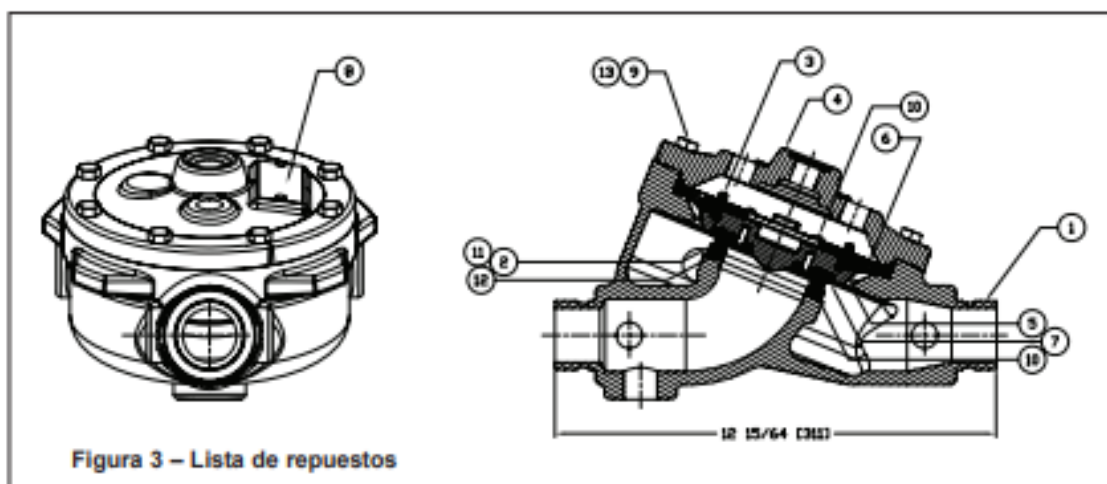


Figura 3 – Lista de repuestos

Nr.	Nº. DE REPUESTO 2-1/2" (DN65) & 3" (DN80)	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT. REQ.	
				2-1/2"	4"
1	--	Cuerpo	Hierro dúctil, Grado 65-45-12	1	1
2	*	Asiento	Latón UNS-C84400	1	1
3	04224B	Corona de fijación, diafragma superior	Latón UNS-C84400	1	1
4	--	Tapa	Hierro dúctil, Grado 65-45-12	1	1
5	07046BN	Clapeta	Latón UNS-C84400	1	1
6	12055	Diafragma superior	EPDM – ASTM D-2000	1	1
7	04225B	Conjunto asiento de goma	EPDM – ASTM D-2000/ Acero inoxidable UNS-S30400, 11 gauge	1	1
8	--	Placa con características	Grabado de aluminio	1	1
9	05855A	Tomillo, H.H.C. 1, 3/8-16 x 1-1/8 (29 mm)	Acero, SAE-Grado 5, ASTM A449	8	10
10	02494A	Tomillo, R.H.2, 10-24 x 1/2 (12,7 mm)	Acero inoxidable UNS-S30200	8	8
11	*	Tomillo, R.H.2, 10-24 x 5/8 (16 mm)	Acero inoxidable UNS-S30200	4	4
12	*	Junta tórica	EPDM	1	1

-- Indica que no existe pieza de repuesto * Indica que la pieza solo se suministra en los subconjuntos siguientes.

LISTA DE SUBCONJUNTOS		
2, 11-12	14711-2	Kit de sustitución del asiento*
3, 5-7,9,10	13498	Conjunto de clapeta

* Nota: Incluye el lubricante para la ranura de la junta tórica en el asiento.

¹ Tomillo de cabeza hexagonal

² Tomillo de cabeza redonda - Phillips

Anexo (6). Características técnicas de los accesorios y válvulas utilizados en el sistema contra incendios de la CHAL.

Tabla 5^a

Listado de los accesorios.

<i>Tipo de accesorio</i>	<i>Número de accesorios utilizados</i>	<i>Material del accesorio</i>	<i>Longitud equivalente unitaria (m).</i>
<i>Codo Ranurado 2" a 90 °</i>	8	ASTM A536	1.5
<i>Codo Roscado 1 1/2" a 90 °</i>	15	ASTM A536	1.2
<i>Codo Roscado 1 " a 90 °</i>	4	ASTM A536	0.77
<i>Codo Soldado 2 1/2" a 90 °</i>	1	ASTM A536	0.90
<i>Codo Soldado 4" a 90 °</i>	23	ASTM A536	1.4
<i>Codo Soldado 4" a 45 °</i>	6	ASTM A536	0.9
<i>Tee Ranurada 2"</i>	16	ASTM A536	2.9
<i>Tee Roscada 1 1/2"</i>	4	ASTM A536	2.44
<i>Tee Soldada 2 1/2"</i>	1	ASTM A536	1.8
<i>Tee Soldada 4"</i>	10	ASTM A536	2.8
<i>Tee Soldada 6"</i>	1	ASTM A536	4.0
<i>Reducción de 2" a 3/4"</i>	12	ASTM A536	0.4
<i>Reducción de 1 1/2" a 3/4"</i>	4	ASTM A536	0.24
<i>Reducción de 1 " a 3/4"</i>	2	ASTM A536	0.15
<i>Reducción de 2 1/2" a 2"</i>	2	ASTM A536	0.37
<i>Reducción de 4" a 2 1/2"</i>	1	ASTM A536	0.73
<i>Reducción de 6" a 4"</i>	1	ASTM A536	1.16
<i>Reducción exentica de 8" a 6"</i>	1	ASTM A536	1.18

Tabla 5b*Listado de Válvulas.*

<i>Tipo de válvula</i>	<i>Número de válvulas utilizadas</i>	<i>Material del accesorio</i>	<i>Longitud equivalente unitaria (m).</i>
<i>Válvula de Diluvio</i> <i>Ø 2 1/2 "</i>	<i>1</i>	<i>ASTM A536</i>	<i>3.6</i>
<i>Filtro en "Y"</i> <i>Ø 2 1/2 "</i>	<i>1</i>	<i>ASTM A536</i>	<i>2.1</i>
<i>Válvula</i> <i>Compuerta</i> <i>Ø 2 1/2"</i>	<i>1</i>	<i>ASTM A536</i>	<i>0.6</i>
<i>Válvula</i> <i>Compuerta</i> <i>Ø 4"</i>	<i>20</i>	<i>ASTM A536</i>	<i>0.8</i>
<i>Válvula</i> <i>Compuerta</i> <i>Ø 6"</i>	<i>1</i>	<i>ASTM A536</i>	<i>1.1</i>
<i>Válvula de Retención</i> <i>Ø 6"</i>	<i>1</i>	<i>ASTM A536</i>	<i>1.3</i>

Anexo (7). Características generales del grupo de presión seleccionado para el sistema contra incendios de la CHAL.

- *Características según NFPA.*

Materiales

Impulsor, anillos de desgaste, anillos de álabes difusores o guías, anillos de cierre hidráulicos, parte inferior de los prensaestopas, tuercas interiores, revestimiento del prensaestopas, prensaestopa, tuercas prensaestopas y tapones de drenaje fabricados en material certificado por FM y UL.

Requisitos de rendimiento

Las bombas con certificación FM cumplen los requisitos relativos a:

- Caudal nominal vs. presión
- Presión con válvula cerrada
- potencia nominal del motor.

Caudal nominal vs. presión

La certificación/homologación de la bomba se basa en un determinado caudal nominal, indicado en la línea continua de la curva característica. La bomba debe ser capaz de suministrar no menos del 150 % del caudal nominal (línea de puntos) y ser capaz todavía de suministrar al menos el 65 % de la presión total nominal cuando funciona a una altura de aspiración de al menos 4,6 m sobre la superficie del agua.

Ver fig. 4 y el siguiente ejemplo.

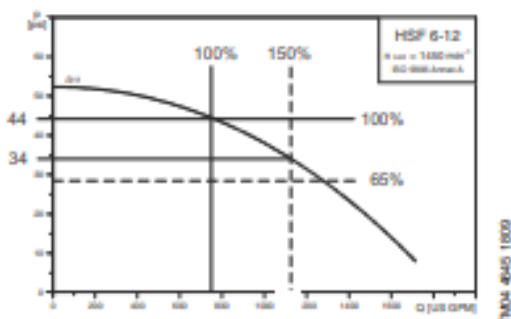


Fig. 4 Caudal nominal vs. presión

Ejemplo

La bomba cumple con el requisito de caudal de 750 gpm (170 m³/h). Para este caudal, la bomba suministra una presión de 44 psi (31 mca). Para contar con la certificación FM y la homologación UL, la bomba debe cumplir con los siguientes requisitos:

Caudal (100 %):	750 gpm (170 m ³ /h)
Caudal máx. suministrado por la bomba (150 %):	1125 gpm (256 m ³ /h)
Presión (100 %):	44 psi (31 metros de altura)
Presión mín. suministrada por la bomba (65 %):	34 psi (24 metros de altura)

Al 150 % de caudal total, la bomba suministra una presión de 34 psi (24 metros de altura). Esto significa que la bomba cumple con los requisitos.

Presión con válvula cerrada

La presión con válvula cerrada debe ser al menos el 101 % y no superior al 140 % de la presión nominal total. Ver fig. 5 y el siguiente ejemplo.

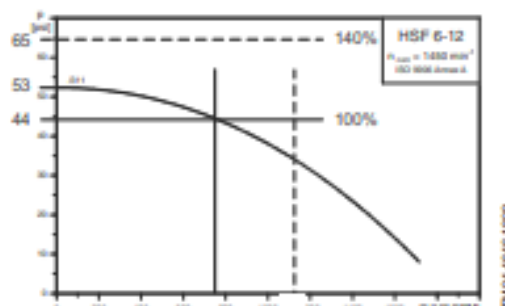


Fig. 5 Presión con válvula cerrada

Ejemplo

La curva muestra la presión nominal de 44 psi (31 mca).

Para contar con la certificación FM y la homologación UL, la bomba debe cumplir con los siguientes requisitos:

Presión (100 %):	44 psi (31 metros de altura)
Presión mínima con válvula cerrada (101 %):	44 psi (31 metros de altura)
Presión máxima con válvula cerrada (140 %):	61 psi (43 metros de altura)

La bomba tiene una presión con válvula cerrada de 53 psi (37 metros de altura). Esto significa que la bomba cumple con los requisitos.

Potencia nominal del motor

Para asegurar que el motor es capaz de hacer funcionar la bomba en cualquier momento, la NFPA obliga a que el fabricante determine la potencia máxima requerida para un rango de trabajo determinado. La potencia máxima se produce cuando al incrementar el caudal no hay ningún incremento de potencia. Ver fig. 6.

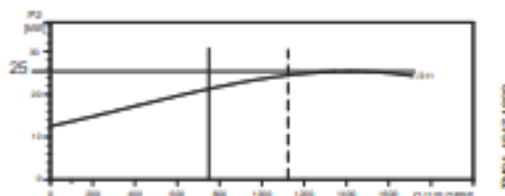
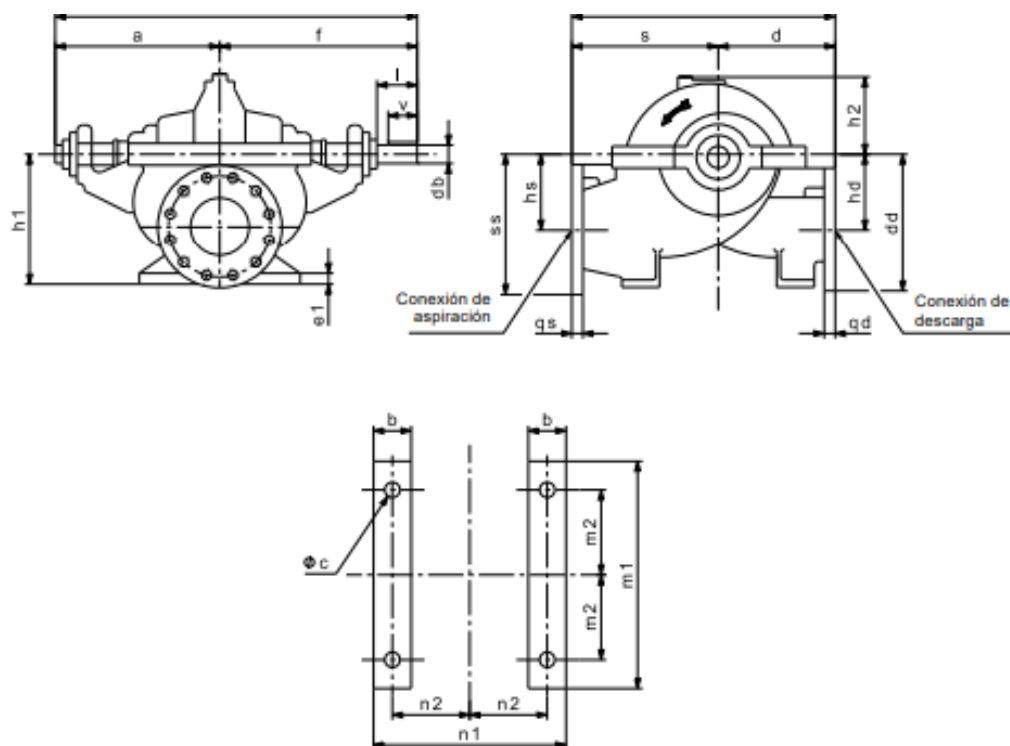


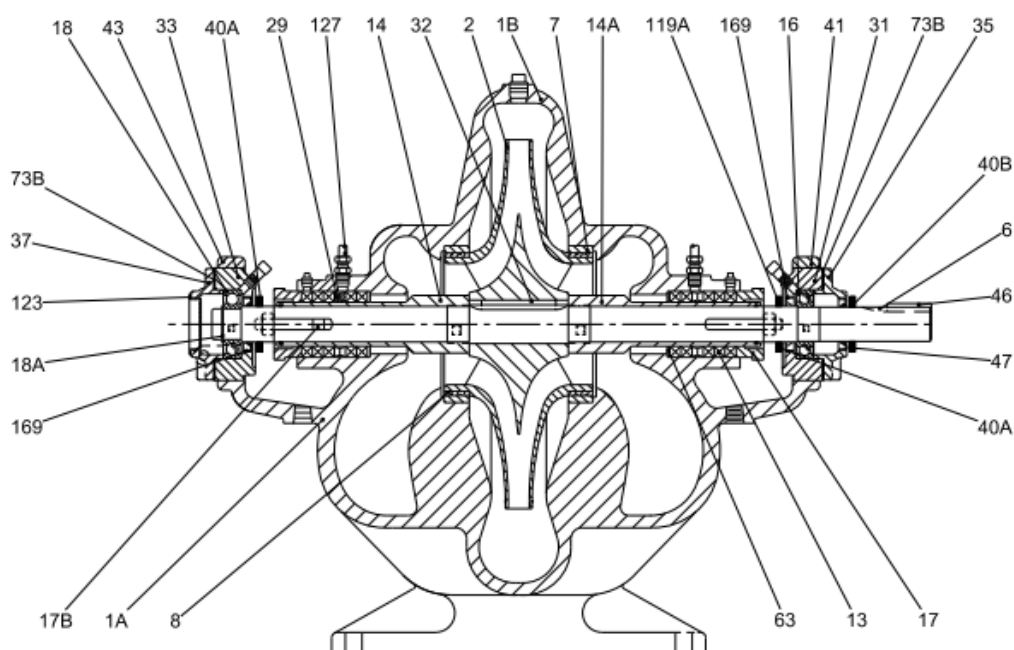
Fig. 6 Potencia nominal del motor

- Características de la bomba HSEF a eje libre.



Tipo de bomba	DNs DNd		Bomba [mm]														Patas soporte [mm]						
	[pulgadas]		a	f	af	s	d	sd	h1	h2	hs	hd	ss	dd	qs	qd	n1	n2	m1	m2	e1	b	ec
HSEF 4-10	5	4	305	406	711	279	279	559	279	200	165	165	311	298	35	32	368	152	330	140	25	86	19
HSEF 4-10G	5	4	305	406	711	279	279	559	279	200	165	165	311	298	35	32	368	152	330	140	25	86	19
HSEF 4-12	5	4	305	406	711	318	260	578	330	219	165	197	311	330	35	32	368	152	330	140	25	86	19
HSEF 5-8	6	5	327	416	743	305	305	610	279	188	146	146	292	286	25	24	368	152	330	140	25	86	19
HSEF 5-11	6	5	330	406	737	330	305	635	305	203	171	171	337	318	37	35	406	175	305	127	25	89	19
HSEF 5-12	6	5	330	406	737	356	330	686	356	246	203	216	368	362	37	35	400	175	305	127	25	86	19
HSEF 5-14	6	5	343	438	781	330	356	686	330	244	178	216	324	362	25	35	476	210	381	165	25	86	19
HSEF 6-10	8	6	330	406	718	330	260	591	356	206	191	171	368	337	28	37	368	152	330	140	25	86	19
HSEF 6-12	8	6	375	483	857	419	305	724	381	254	194	210	391	375	41	37	368	152	457	197	28	86	22
HSEF 6-16	8	6	381	476	857	406	457	864	381	289	232	273	409	438	28	37	476	203	432	191	25	86	19
HSEF 8-15G	10	8	375	483	857	449	406	856	406	305	229	254	457	451	48	41	457	191	483	210	28	86	22
HSEF 8-17A	10	8	394	502	895	483	381	864	457	353	254	305	483	502	48	41	559	241	483	210	28	102	25
HSEF 8-17Q	10	8	394	502	895	483	381	864	457	353	254	305	483	502	48	41	559	241	483	210	28	102	25
HSEF 8-20	10	8	476	610	1086	508	533	1041	457	378	279	330	489	527	30	41	559	241	483	210	28	102	25
HSEF 8-20G	10	8	476	610	1086	508	533	1041	457	378	279	330	489	527	30	41	559	241	483	210	28	102	25
HSEF 10-20	12	10	521	660	1181	559	584	1143	495	403	279	356	527	584	32	48	558	216	660	292	32	102	25
HSEF 12-19G	14	12	765	914	1679	610	711	1321	533	371	305	343	546	610	35	32	813	330	813	368	51	152	32

- *Corte en sección de la bomba HSEF*



Pos.	Descripción	Material	Código material ASTM
1A, 1B	Carcasa inferior y superior	Fundición	ASTM A48 Class 35A
2	Impulsor	Bronce	ASTM B584 Alloy C87500
6	Eje de bomba	Acero	ASTM A193 Grade B7
7	Anillo carcasa	Bronce	ASTM B584 Alloy C93200
8	Anillo del impulsor (opcional)	Bronce	ASTM B584 UNS C83600
13	Empaquetadura	Grafito/PTFE	John Crane Packing C1065/C1070
14	Camisa del eje (derecho)	Bronce	ASTM B584 Alloy C93200
14A	Camisa del eje (izquierdo)	Bronce	ASTM B584 Alloy C93200
16	Cojinete de bola interior	Acero	
17	Empaquetadura del prensaestopas	Acero inoxidable 304	ASTM A743 Grade CF-8
17B	Perno prensaestopas	Acero	Steel-Open Designation
18	Cojinete de bola exterior	Acero	
18A	Anillo de cojinete-retención	Acero	Steel-Open Designation
29	Anillo de cierre hidráulico (opcional)	PTFE	Teflon
31	Alojamiento interior del cojinete	Fundición	ASTM A48 Class 30
32	Chaveta impulsor	Acero inoxidable	ASTM A582 Type 303
33	Alojamiento exterior del cojinete	Fundición	ASTM A48 Class 30
35	Cubierta interior de alojamiento del cojinete	Fundición	ASTM A48 Class 30
37	Cubierta exterior de alojamiento del cojinete	Fundición	ASTM A48 Class 30
40A	Deflector interior	Goma	Neoprene Rubber 65 Shore
40B	Deflector exterior	Goma	
41	Tapa interior de alojamiento del cojinete	Fundición	ASTM A48 Class 30
43	Tapa exterior de alojamiento del cojinete	Fundición	ASTM A48 Class 30
46	Chaveta de acoplamiento	Acero	ASTM A108 o A26
47	Cierre tapa del cojinete interior	Acero y goma	
63	Rodamiento de prensaestopas	Bronce	ASTM B584 UNS C83600
73A	Junta de carcasa (no se muestra)	Fibra vegetal	ASTM F104, F326128E21M6
73B	Junta de cubierta de cojinete	Fibra	ASTM D1170, SAE P3415-A
119A	Junta tórica, camisa del eje	Goma Buna-N	
123	Tapa cojinete	Acero	Steel-Open Designation
127	Tuberías estancas (opcional)	Adaptadores en cobre con latón	ASTM B75-81a/B 124
169	Cierre de la cubierta de cojinete	Acero y goma	

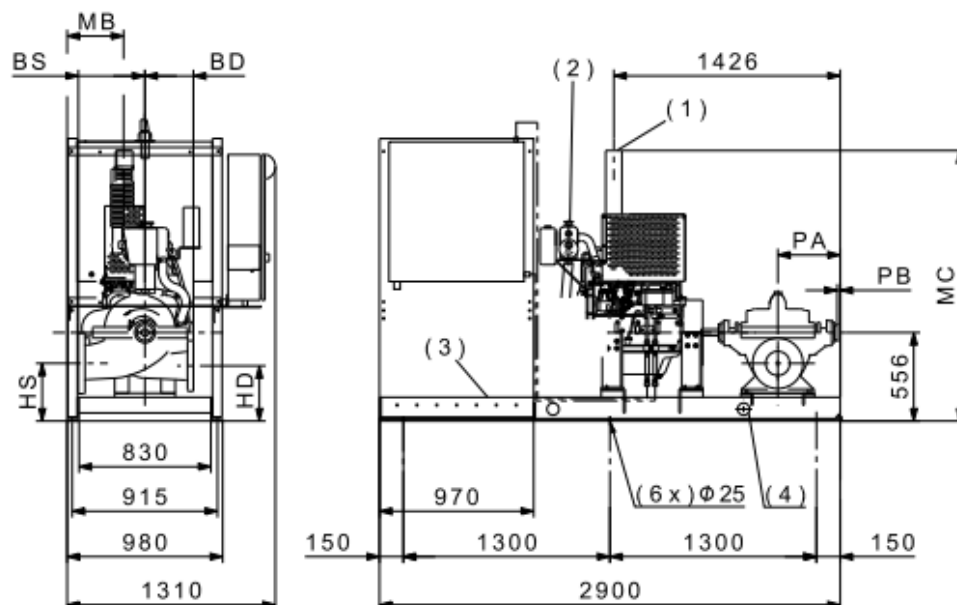
- *Gama de bombas HSEF*

Tipo de bomba	Caudal nominal [gpm]	Rango presión [psi]	Tipo de motor	P2 [kW]	Velocidad [rpm]
DNF 65-20	250	66-80	JU4H-UF14	53	2950
DNF 65-25	250	116-129	JU4H-UF14	53	2950
DNF 65-25	300	120-127	JU4H-UF14	53	2950
DNF 80-20	500	64-72	JU4H-UF14	53	2950
DNF 80-25	500	101-115	JU4H-UF14	53	2950
		120-125	JU4H-UF24	61	2950
HSEF 4-10	500	94-116	JU4H-UF14	53	2950
	750	83-107	JU4H-UF14	53	2950
HSEF 4-10G	500	49-80	JU4H-UF14	53	2950
		105-124	JU4H-UF14	53	
		125-140	JU4H-UF24	62	2950
HSEF 4-12	750	141-173	JU4H-UF34	86	
		92-111	JU4H-UF14	53	
		112-126	JU4H-UF24	62	2950
		127-164	JU4H-UF34	86	
HSEF 5-8	750	54-75	JU4H-UF14	53	2950
		74-86	JU4H-UF14	53	
HSEF 5-11	1000	87-100	JU4H-UF24	62	2950
		101-130	JU4H-UF34	86	
HSEF 5-12	750	136 - 165	JU4H-UF54	108	2950
		166 - 180	JU6H-UF34	132	

- *Certificación FM de las bombas HSEF.*

Tipo de bomba	Número certificación FM
HSEF 4-10	3027512
HSEF 4-10G	3027512
HSEF 4-12	2T3A3.AH
HSEF 5-8	2T3A3.AH
HSEF 5-11	3027512
HSEF 5-12	1V3A2.AH
HSEF 5-14	0W6A5.AH
HSEF 6-10	1K7A1.AH
HSEF 6-12	3024553
HSEF 6-16	0P6A1.AH
HSEF 8-15G	1P4A5.AH
HSEF 8-17A	1P2A5.AH
HSEF 8-20	1R0A8.AH
HSEF 8-20G	2R4A7.AH
HSEF 10-20	2R4A7.AH
HSEF 12-19G	2Z0A7.AH

- Dimensiones de instalación de la bomba HSEF.4-10G.



Tipo de bomba	Tipo de motor	DNs [pulgadas]	DNd [pulgadas]	Dimensiones [mm]								Peso [kg]
				PA	PB	HS	HD	BS	BD	MB	MC	
HSEF 4-10	JU4H-UF14	5	4	470	165	391	391	279	279	310	1585	1024
	JU4H-UF14									310	1585	1052
HSEF 4-12	JU4H-UF24	5	4	470	165	391	359	318	260	356	1699	1063
	JU4H-UF34									310	1585	1024
HSEF 5-8	JU4H-UF14	6	5	460	133	410	264	305	305	310	1585	1054
HSEF 5-11	JU4H-UF24	6	5	470	140	385	385	330	305	356	1699	1065
	JU4H-UF34									310	1585	1149
HSEF 5-12	JU4H-UF54	6	5	470	140	353	194	356	330	310	1585	1110
	JU4H-UF10									356	1699	1121
HSEF 5-14	JU4H-UF30	6	5	438	95	378	340	330	356	356	1699	1121
	JU4H-UF40									310	1585	1110
HSEF 6-10	JU4H-UF34	8	6	470	140	366	385	330	260	356	1699	1097
	JU4H-UF54									310	1585	1110
HSEF 6-12	JU4H-UF30	8	6	393	18	362	346	419	305	356	1699	1234
	JU4H-UF54									310	1585	1110
HSEF 6-14	JU4H-UF40	8	6	431,5	-13	327	315	406	368	356	1699	1169
	JU4H-UF50									310	1585	1110
HSEF 6-16	JU4H-UF30	8	6	400	19	324	147	406	457	356	1699	1205
	JU4H-UF40									310	1585	1110
	JU4H-UF50									310	1585	1110
HSEF 8-15	JU4H-UF40	10	8	393	18	327	302	449	406	356	1699	1278
	JU4H-UF50									310	1585	1110

(1) JU4H-UF 10, -UF14, -UF24: 3.0" (76 mm) conexión de escape con tubo flex sujeto con abrazadera.
JU4H-UF30, -UF34, -UF40, -UF50, -UF54: 4.0" (102 mm) conexión de escape con tubo flex sujeto con abrazadera.

(2) Conexión de agua bruta para intercambiador de calor:
- Entrada: 1" BSPT (en - desde circuito de refrigeración).
- Salida: 1,25" BSPT (fuera - lado más lejano del drenaje).

(3) Area batería: 970 x 850 mm.

(4) Orificios de izado (4 x \varnothing 76 mm).

Anexo (8). Planos Anexos

La disposición de los planos anexos está en el siguiente orden:

- *Disposición de las tuberías de la instalación del sistema de bombeo manual contra incendios EL. 2269,16 m. (1/2)*
- *Disposición de las tuberías de la instalación del sistema de bombeo manual contra incendios EL. 2269,16 m. (2/2)*
- *PID de la instalación del sistema de bombeo manual contra incendios.*
- *Esquema Isométrico sistema de bombeo manual contra incendios*
- *Disposición de alarmas contra incendios (1/2).*
- *Disposición de alarmas contra incendios (2/2).*
- *Ubicación de extintores móviles en Casa de Maquinas.*
- *Planta del sistema de diluvio contra incendios de la CHAL*
- *Planta isométrica del sistema de diluvio contra incendios de la CHAL.*
- *Planta de los perfiles de descarga de las boquillas rociadoras de diluvio.*
- *Planta, perfil y detalles del tanque de reserva del sistema de diluvio.*