



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA CONFIGURACIÓN Y PRODUCCIÓN
DE CASAS DE BOMBEO SEGÚN NFPA 20

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL MECÁNICO

KENNETH RUBÉN RADONICH FUENTES

PROFESOR GUÍA:
LEONEL NÚÑEZ LAZO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
AQUILES SEPÚLVEDA OSSES
HENRY VALENZUELA CONTRERAS

SANTIAGO DE CHILE

2018

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil Mecánico
POR: Kenneth Radonich Fuentes
FECHA: 27/12/2017
PROFESOR GUÍA: Leonel Núñez Lazo

**DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA CONFIGURACIÓN Y
PRODUCCIÓN DE CASAS DE BOMBEO SEGÚN NFPA 20**

Los sistemas de protección contra incendios (SPCI) están diseñados para combatir peligros de incendios dentro de instalaciones que se quieran resguardar. Uno de los principales SPCI de amplio uso mundial está compuesto por rociadores en base a agua, los cuales necesitan mantener una presión en la línea de cañerías para funcionar adecuadamente. Una vez que se soliciten estos rociadores, el SPCI debe bombear agua hacia la red con tal de mantener un caudal constante para combatir el fuego. La Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) ha desarrollado un conjunto de normas para tener un estándar mínimo de calidad en el combate contra incendios. En el presente trabajo se utiliza el documento NFPA 20, Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios, donde se establecen los requerimientos mínimos a considerar para la selección y configuración de equipos dentro de una casa de bombeo.

El objetivo de este trabajo es desarrollar procedimientos para la construcción y puesta en marcha de casas de bombeo para SPCI, caracterizadas por capacidades desde 500 a 2.000 gpm, en base a la norma NFPA-20 y a la tecnología disponible en la empresa Soltex S.A. Los objetivos específicos del proyecto son: i. Efectuar una detallada revisión bibliográfica de las distintas normativas para construcción y puesta en marcha de casas de bombeo para SPCI, ii. Efectuar una revisión sistémica del diseño mecánico-estructural de los bastidores para montaje de la unidad de bombeo (bomba-motor), empleando una técnica FEM paramétrica, iii. Desarrollar procedimientos de ingeniería para fabricación y construcción de casas de bombeo, para lograr una alta estandarización operacional, y iv. Desarrollar procedimientos de montaje y puesta en marcha de casas de bombeo.

La metodología para desarrollar el proyecto comprende una revisión bibliográfica detallada del estado del arte y de la normativa a utilizar en el proyecto; luego el análisis de la distribución de los equipos dentro de la casa de bombas, así como los requerimientos que deben cumplir. También se aborda el diseño y la validación mecánica-estructural del habitáculo contenedor del SPCI, para tres tamaños distintos de bombas, según la capacidad de éstas, y el diseño de los bastidores para las bombas. Para los procedimientos de montaje y puesta en servicio de los SPCI se evalúan los procesos de producción y configuración aplicables con la tecnología disponible, y se examinan críticamente las actividades para ejecutar pruebas de servicio de los componentes y pruebas de desempeño del sistema SPCI en su conjunto.

Los principales resultados y conclusiones del proyecto muestra que: i. Actualmente los SPCI en base a agua son los más utilizados, pero en el futuro se van a preferir los sistemas rociadores de agua nebulizada (NFPA 750), debido a efectividad y baja intromisión durante el combate del fuego, ii. El análisis estructural paramétrico de los bastidores, para instalación de las motobombas, muestra que el bastidor de más altas exigencias (2.000 gpm bomba diesel) es adecuado para el trabajo y exhibe un factor de seguridad de 2,5; lo que asegura integridad estructural y larga vida útil, iii. Los procedimientos de fabricación y construcción, que se desarrollan con los planos de layout & estructurales, muestran que el sistema constructivo es susceptible a desarrollar problemas de deformación debido a la producción por soldadura. Para minimizar esa problemática debe emplearse un procedimiento de soldadura, incluyendo mesas o bases de referencia como losas de hormigón o robustos bastidores de acero. En el peor de los casos la distorsión de la estructura se puede resolver con ayuda de prensas mecánicas, iv. Las tareas críticas de montaje corresponden a la instalación, alineación y fijación de la motobomba, en tanto que para el montaje del piping el riesgo está concentrado en la correcta disposición de las cañerías siguiendo el trazado y la funcionalidad propuesta. Para minimizar ese riesgo se permite la ejecución de soldaduras de montaje, con máxima precaución para no dañar otros equipos y/o componentes, y v. Los procedimientos de puesta en marcha requieren tanto de los P&ID como de la filosofía de control de las casas e bomba, por lo que se realiza con ambos documentos. Los procedimientos abarcan pruebas individuales de los equipos y pruebas de funcionamiento del sistema, así como la instrumentación necesaria para realizarlas. Las principales pruebas para la puesta en marcha incluyen pruebas hidrostáticas, pruebas de descarga de agua y pruebas de caudal.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Alcances	3
2. Revisión bibliográfica	4
2.1. Protección contra incendios	4
2.1.1. Sistemas automáticos de rociadores	6
2.2. Clasificación de fuego	7
2.3. National Fire Protection Association (NFPA) [1]	9
2.3.1. Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios NFPA 20	9
2.3.1.1. Componentes básicos de casas de bombeo según NFPA 20	10
3. Metodología	12
3.1. Metodología general	12
4. Consideraciones para la configuración e integración de casas de bombeo	14
4.1. Tuberías	14
4.2. Bombas	14
4.3. Motores	14
4.3.1. Diesel	14
4.3.2. Eléctrico	15
4.4. Controladores	15
4.5. Válvulas y afines	15
5. Resultados y Discusión	17
5.1. Planos de ingeniería	17
5.1.1. Planos de Layout	17
5.1.2. Planos estructurales	17
5.1.3. Diagrama de cañerías e instrumentación (P&ID)	17
5.1.3.1. General	17
5.1.3.2. Bomba impulsada por motor eléctrico	19
5.1.3.3. Bomba impulsada por motor diesel	21
5.2. Filosofía de control	23
5.2.1. Objetivo	23
5.2.2. Alcances	23
5.2.3. Límites de batería	23
5.2.4. Líneas de bombas	23
5.2.5. Arquitectura de control	24
5.2.6. Operación del sistema de control	24
5.2.7. Monitoreo de parámetros del sistema	25
5.2.8. Filosofía de operación y control	25
5.2.8.1. Línea de bomba Jockey (LBJ)	26

5.2.8.2.	Línea de pruebas (LP)	27
5.2.8.3.	Línea de bomba contra incendios impulsada por motor diesel (LBCID)	28
5.2.8.4.	Línea de bomba contra incendios impulsada por motor eléctrico (LB-CIE)	31
5.3.	Procedimientos de Fabricación y construcción	34
5.3.1.	Descripción de la casa de bombas genérica	34
5.3.1.1.	Descripción de la estructura tipo container	34
5.3.1.2.	Distribución de componentes al interior del cuarto	35
5.3.1.3.	Descripción del piping de casas de bombeo tipo	37
5.3.1.4.	Descripción del bastidor para bombas	37
5.3.2.	Análisis de Bastidor de la Bomba con elementos fintos	38
5.3.3.	Cubicación casa de bombas	40
5.4.	Procedimientos de montaje	41
5.4.1.	Procedimientos de Montaje Estructural de Caseta	41
5.4.1.1.	Armado de la estructura base	41
5.4.1.2.	Armado de la estructura perimetral	43
5.4.1.3.	Armado de la estructura de techo	44
5.4.1.4.	Terminaciones	45
5.4.2.	Procedimientos de montaje de equipos en casetas	46
5.4.2.1.	Premontaje del bastidor	46
5.4.2.2.	Instalación de equipos en sala de bombas	47
5.5.	Procedimientos de puesta en servicio	49
5.5.1.	Equipo necesario para realizar las pruebas de aceptación de campo	49
5.5.2.	Pruebas hidrostáticas y descarga de agua	49
5.5.2.1.	Pruebas hidrostáticas	49
5.5.2.2.	Pruebas de descarga de agua	50
5.5.3.	Procedimientos de pruebas de aceptación de campo	50
5.5.3.1.	Generalidades	50
5.5.3.2.	Pruebas de caudal de la bomba contra incendios	51
5.5.3.3.	Para motores eléctricos	53
5.5.3.4.	Motores diesel	54
5.5.3.5.	Pruebas de aceptación del controlador para unidades accionadas por motores eléctricos y diesel	55
5.5.3.6.	Grabadora automática de presión	55
5.5.4.	Entregables para el cliente	55
5.5.5.	Consideraciones futuras	56
5.5.5.1.	Inspección periódica, pruebas y mantenimiento	56
5.5.5.2.	Reemplazo de componentes en bombas centrífugas	56
5.5.5.3.	Nuevas pruebas de campo	57
6.	Conclusiones y Recomendaciones	58
	Bibliografía	61
	Apéndices	62
A .	Tuberías	63
A .1.	Generalidades	63
A .2.	Succión y accesorios	63
A .2.1.	Filtros	65
A .3.	Descarga y accesorios	65

A .4.	Medidas de tuberías	66
A .5.	Protección contra daños debido al movimiento	66
B .	Bombas	66
B .1.	Contra incendios	66
B .2.	Jockey o de Mantenimiento de presión	68
C .	Motores	68
C .1.	Diesel	68
C .1.1.	Generalidades	68
C .1.2.	Motor	69
C .1.3.	Cuarto de bombas	73
C .1.4.	Suministro de combustible y arreglos	73
C .1.5.	Escape del motor	75
C .1.6.	Funcionamiento del sistema impulsor del motor diesel	76
C .2.	Eléctrico	77
C .2.1.	Generalidades	77
C .2.2.	Energía normal	77
C .2.3.	Energía alternativa	79
C .2.4.	Caída de voltaje	80
C .2.5.	Motores	80
C .2.6.	Sistemas de generador auxiliar en sitio	82
D .	Suministro de Agua	84
D .1.	Generalidades	84
D .2.	Pruebas de flujo de agua	84
D .2.1.	Válvulas de manguera	85
D .3.	Estanque de agua	86
D .4.	Red	86
E .	Controladores	86
E .1.	Para motores eléctricos	86
E .1.1.	Generalidades	86
E .1.2.	Ubicación	87
E .1.3.	Construcción	87
E .1.4.	Componentes	89
E .1.5.	Encendido y control	93
E .1.6.	Transferencia de energía para suministro de corriente alterna	95
E .2.	Para motores diesel	98
E .2.1.	Generalidades	98
E .2.2.	Ubicación	98
E .2.3.	Construcción	98
E .2.4.	Componentes	100
F .	Medidores	105
F .1.	Manómetros	105
F .1.1.	Descarga	105
F .1.2.	Succión	106
F .1.3.	Líneas de control (Jockey y Contra incendios)	106
G .	Válvulas y afines	106
G .1.	Alivio de circulación	106
G .2.	Tubería de succión	106
G .3.	Tubería de descarga	107
G .4.	Sistema de Alivio de presión	107
G .5.	Sistema mantenedor de presión - Bomba Jockey	108

G .6. Válvulas de retención y dispositivos de prevención de contra flujo	108
G .7. Supervisión de válvulas	109
H . Apéndice B: Planos de Layout de casa de bombas	110
I . Apéndice C: Planos estructurales de casa de bombas	112
J . Apéndice D: P&ID de casa de bombas con motor eléctrico	115
K . Apéndice E: P&ID de casa de bombas con motor diesel	117
L . Apéndice F: Cubicación casa de bombas	119

Índice de tablas

5.1. Equipos de control en Línea de bomba Jockey.	26
5.2. Equipos de control en Línea de pruebas.	27
5.3. Equipos de control en Línea de bomba contra incendios diesel.	29
5.4. Equipos de control en Línea de bomba eléctrica contra incendios.	32
5.5. Listado de componentes principales de sala de bombas tipo.	37
5.6. Resumen del peso de las casas de bomba en kg.	41
5.7. Caudales mínimos para descarga de tuberías de succión.	50
6.1. Tamaños mínimos de tuberías para las distintas secciones de la sala de bombas. . . .	66
6.2. Potencia en caballos de fuerza y designación de motor para corriente con rotor en reposo para motores de diseño B de NEMA.	81

Índice de figuras

2.1. Componentes de protección contra incendios [Fuente: Elaboración propia].	5
2.2. Clases de fuego (código de EE.UU.) y agentes extintores [Fuente: http://www.todo-matafuegos.com.ar/].	8
2.3. Esquema de los componentes básicos de una casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].	11
3.1. Metodología de trabajo de título [Fuente: Elaboración propia].	12
5.1. Línea de bomba Jockey con su línea de control [Fuente: Elaboración Propia].	18
5.2. Línea de pruebas y línea de control bomba contra incendios [Fuente: Elaboración Propia].	18
5.3. Línea principal de bomba contra incendios [Fuente: Elaboración Propia].	19
5.4. Sistemas de monitoreo de TIT y TDC de bomba eléctrica [Fuente: Elaboración Propia].	20
5.5. Sistemas de monitoreo de motor diesel y sus subsistemas [Fuente: Elaboración Propia].	21
5.6. Esquema de estructura tipo container para bombas estacionarias para SPCI [Fuente: Elaboración Propia].	35
5.7. Componentes de Sala de bombeo tipo [Fuente: Elaboración Propia].	36
5.8. Bastidor para conjunto de motor y bomba [Fuente: Elaboración Propia].	38
5.9. Propiedades del material utilizado para la simulación por FEM [Fuente: Elaboración Propia].	39
5.10. Cargas utilizadas para la simulación por FEM [Fuente: Elaboración Propia].	39
5.11. Resultados de esfuerzos de Von Mises para bastidor de bomba con capacidad para 2000 GPM [Fuente: Elaboración Propia].	40
5.12. Marco base de la estructura de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].	42
5.13. Estructura de laterales y de frente de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].	43
5.14. Estructura del techo de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].	44
5.15. Revestimientos de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].	46
6.1. Cuando el eje central de la conexión es paralelo al de la bomba, se deben respetar las distancias [Fuente: NFPA 20].	64
6.2. Cuando el eje central de la conexión es perpendicular al de la bomba, no es necesaria una distancia mínima [Fuente: NFPA 20].	65
6.3. Ejemplo de conexión cuando el diámetro de la brida y la tubería es distinto [Fuente: NFPA 20].	65
6.4. Curva característica de bomba [Fuente: NFPA 20].	67
6.5. Ejemplo de instalación para la succión desde un estanque [Fuente: NFPA 20].	86

1 Introducción

En el sector industrial siempre ha existido un gran riesgo de pérdidas, ya sea de inventario o de infraestructura, debido a distintos siniestros, los cuales pueden ser tanto naturales (sismos, maremotos, fuertes vientos, etc), como causados por el hombre, independientemente de si la fuente de estos es por un error humano o de manera intencionada. Uno de los mayores riesgos dentro de estos últimos (aun cuando puede ser debido a desastres naturales), es el peligro de incendios, debido a que involucra una pérdida considerable de infraestructura, inventario, y, lo que es más importante, la vida o salud de las personas que trabajan o habitan en los lugares del siniestro, debido a la inhalación de gases tóxicos producto de la combustión. Por esto surge la necesidad de sistemas de protección que puedan mitigar los efectos de los focos de incendio, al menos hasta que llegue el cuerpo de bomberos para extinguir la fuente del fuego. Debido a esto se han desarrollado unos sistemas denominados Sistemas de Protección Contra Incendios (SPCI).

Los SPCI están compuestos por dos subsistemas principales. En primer lugar una red contra incendios, que consta de una serie de tuberías, rociadores, hidrantes de pared y válvulas que atraviesan el lugar que se desea proteger, y que debe ser calculado de manera hidráulica. Y en segundo lugar, una sala de máquinas donde se encuentran bombas motorizadas para alimentar esta red, y que funciona de manera tanto automática como manual. Esta sala de máquinas se denomina sala o casa de bombas.

Para que los SPCI funcionen, es necesario circular fluido por todas las tuberías que lo componen y, que al momento de su solicitación, contar con la presión suficiente para continuar funcionando por un tiempo determinado. Además, el fluido de trabajo debe ser adecuado para el tipo de combustible que se desee controlar.

Con el propósito de estandarizar los SPCI, se creó un conjunto de normas americanas de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios, NFPA [1] por sus siglas en inglés (National Fire Protection Association). Entre las distintas normas que involucra la NFPA, destaca la NFPA 20: Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios [2], la cual es la base para la realización del presente trabajo de título.

La NFPA 20 trata sobre los distintos equipos que debe tener la sala de máquinas, la selección de estos, su configuración y las distintas restricciones de diseño existentes. Todo esto con el fin de hacer funcionar de manera correcta todos los componentes de la sala, y en especial la(s) bomba(s) contra incendios. Esta(s) bomba(s) tiene(n) como función principal llevar el fluido de trabajo desde el suministro hasta la red contra incendios, con la presión adecuada para que los rociadores cumplan su función.

Además de la selección de equipos es necesario contar con la infraestructura adecuada para la instalación de los mismos, la cual tiene restricciones impuestas por la norma mencionada, como tener paredes ignífugas, contar con ventilación adecuada e infraestructura que soporte el peso de todos los equipos, etc. Pero, así como el cuarto de bombas debe cumplir con la normativa internacional, también debe cumplir con la normativa Chilena para edificaciones de éste tipo, como la Norma Chilena NCh 2369.

En el contexto de la producción y el adecuado montaje de estas salas de bombeo, la empresa Chilena Soltex S.A. ha propuesto el presente tema de trabajo de título, el cual consiste en el desarrollo de los procedimientos para la configuración, fabricación y montaje de salas de bombeo, además de los procedimientos para la puesta en marcha y entrega en conformidad al cliente.

Soltex S.A. es una empresa que se especializa en venta de equipos. Sus principales productos son bombas con sus respectivos motores, válvulas de distinto tipo, paneles de control y dispositivos de medición. Además de la venta de equipos, la empresa cuenta con un pequeño taller mecánico para realizar distintos servicios, los cuales están limitados por la capacidad de producción y por las tecnologías presentes en éste.

Debido a las limitaciones que tiene la empresa, y a que el tema de la presente memoria ha sido propuesto por ellos, es que el trabajo de título está acotado a las tecnologías disponibles en el taller mecánico, así como a los equipos que ellos comercializan. Dentro de estas limitaciones, las que destacan son: utilización de agua como fluido de trabajo, utilización de bombas de carcasa bipartida únicamente y de motores diesel o eléctricos según corresponda. Todos los demás componentes que puedan ser mencionados en la norma NFPA-20 no son estudiados, como pueden ser las bombas de desplazamiento positivo para agua nebulizada e impulsores tipo turbina, entre otras tecnologías.

1.1. Motivación

La motivación del presente trabajo consiste en desarrollar los procedimientos de ingeniería para la producción, montaje y posterior puesta en marcha de casas de bombeo para sistemas de protección contra incendios, para contar con una metodología de trabajo limpia y acorde a la Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios: NFPA 20. Todo esto con el fin de obtener procesos confiables para la manufactura e instalación de casas de bombas para SPCI, que sean capaces de cumplir con estándares internacionales para resguardar la vida y salud de las personas, y el resguardo material del mandante.

1.2. Objetivos

- Objetivo general
 - Desarrollar procedimientos para la construcción y puesta en marcha de casetas de bombeo para sistemas de protección contra incendios, en base a norma NFPA-20 y a la tecnología disponible en la empresa Soltex S.A.
- Objetivos específicos
 - Efectuar una detallada revisión bibliográfica de las distintas normativas para construcción y puesta en marcha de casas de bombeo para SPCI, con el objeto de establecer el nivel mínimo de tecnología y procedimientos aceptables.
 - Efectuar una revisión sistémica del diseño mecánico-estructural de los bastidores para montaje de la unidad de bombeo (bomba-motor), empleando una técnica FEM paramétrica para la evaluación de tres tamaños distintos de casas de bombeo tipo.
 - Desarrollar procedimientos de ingeniería para fabricación y construcción de casas de bombeo, para lograr una alta estandarización operacional.
 - Desarrollar procedimientos montaje y puesta en marcha de casas de bombeo.

1.3. Alcances

El proyecto se aboca al desarrollo de la configuración y procedimientos de ingeniería para la fabricación, montaje y puesta en marcha de salas de bombeo para sistema de redes contra incendios, para lo cual se consideran los siguientes alcances en la realización de éste trabajo:

- El proyecto se refiere exclusivamente a salas de bombeo, cuyo diseño satisface la norma NFPA 20.
- Se contempla la revisión estructural de bastidores y configuraciones de salas de bombeo de baja, media y alta capacidad, según la potencia de la bomba contra incendios principal.
- Las bombas utilizadas corresponden a Bombas de carcasa bipartida unicamente.
- No se tiene en consideración el montaje eléctrico de la sala de bombas en los procedimientos de montaje.

2 Revisión bibliográfica

2.1. Protección contra incendios

La protección contra incendios consiste en el conjunto de medidas que se utilizan para la mitigación de los devastadores efectos que pueden tener los incendios en instalaciones, tanto comerciales como residenciales. Estas medidas vienen dadas por una serie de estudios y prácticas sobre los distintos factores que influyen en la expansión del fuego [3], tales como el tipo de combustible, el tipo y la cantidad de comburente, la mejora arquitectónica para prevenir la expansión del fuego, sistemas de irrigación de fluido para suprimir o bajar la temperatura de las llamas, etc.

Dentro de este conjunto de medidas se encuentran la protección contra incendios pasiva (PFP), correspondiente a todos los aspectos constructivos y de diseño de las instalaciones, que tienen como objetivo impedir que el fuego y humo se difundan, además de una correcta y fluida evacuación de las personas; y la protección activa contra incendios (AFP), correspondiente a las medidas para combatir el fuego, una vez que se ha iniciado, y a resguardar la integridad de las personas [4] [5]. La figura 2.1 muestra ejemplos de cada protección.

La PFP está pensada como una serie de medidas preventivas en caso de que se dé inicio a un foco de incendio dentro de un edificio, éstas son en su mayoría medidas estructurales; tales como el ancho de los pasillos para evacuar, el largo de las escaleras, así como el alto de sus escalones, la distribución de los espacios con el fin de construir muros corta fuegos, etc. Por otra parte, la protección pasiva también implica otras medidas más especializadas cuando el peligro de incendios se acrecenta. Estas medidas tienen que ver especialmente con el recubrimiento de los materiales utilizados (como las vigas estructurales de acero por ejemplo), la resistencia al fuego del suelo, de las fachadas de los muros, recubrimiento de cables eléctricos, etc.

Las AFP corresponden a una serie de medidas que requieren de alguna acción para combatir el fuego y están orientadas al momento en que ya se ha dado inicio a algún foco de incendio dentro de las instalaciones. Estas medidas pueden ser de diversa índole y el desarrollo de mejor tecnología para la protección contra incendios suele estar enfocado en la AFP.

Dentro de las AFP existen diversos sistemas de protección y cada día se van desarrollando nuevos artefactos para combatir el fuego de manera efectiva. Uno de los sistemas contra incendios más antiguos, en vigencia, son los extintores de incendio ubicados en casi todas las construcciones; en conjunto con los extintores también se encuentran sistemas de alarma contra incendios, así como detectores de humo que encienden estas alarmas o dan señal al cuerpo de bomberos más cercano.

Una de las principales desventajas que tienen los mecanismos de AFP, es que si bien son capaces de reducir los daños producidos por el fuego e impedir que éste se expanda a través del edificio, tienen sus propios daños asociados; uno de los ejemplos más claro son los sistemas de rociadores de agua, los que inundan el cuarto donde se ha comenzado un incendio y por tanto dañan la infraestructura, los equipos, el inventario, entre otras cosas que puedan haber dentro de la sala, pudiendo dejar el espacio inhabilitado por algún tiempo. A pesar de esto, el daño provocado por los sistemas de rociadores es inferior que los asociados a la expansión del fuego, el cual puede llegar a quemar todo el edificio si no es capaz de controlarse.

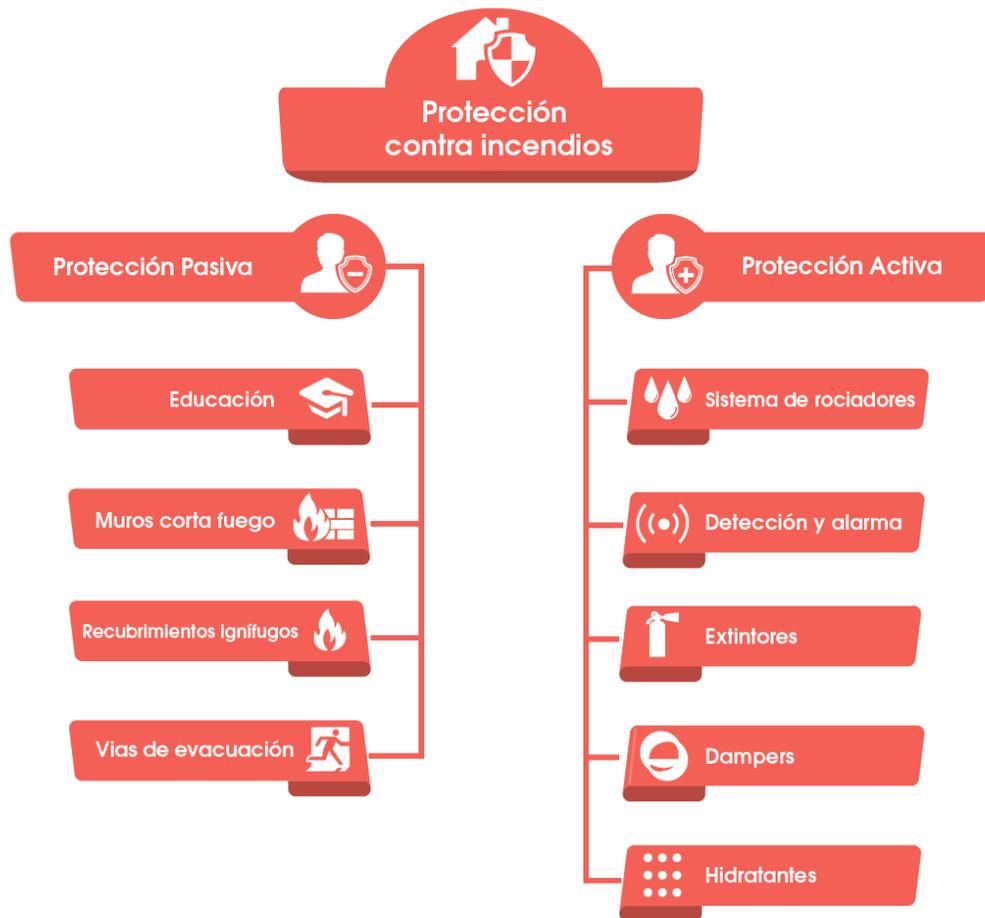


Figura 2.1: Componentes de protección contra incendios [Fuente: Elaboración propia].

Debido a esto último es que actualmente la tecnología de protección contra incendios posee una gama de complejos dispositivos para la extinción o mitigación de las llamas y el salvaguardado de las personas, que tratan de ser lo menos invasivos posibles. A continuación se describen brevemente algunos de éstos:

- a) *Extintores de fuego con ondas de sonido* [6]: Utiliza ondas de sonido de baja frecuencia para extinguir pequeñas llamas; el concepto aún es nuevo, comenzó a ser estudiado en la última década, sin embargo ya existen prototipos funcionales. La ventaja que tiene éste tipo de extintores, es que se trata de un método no destructivo de mitigación de incendios para uso doméstico. Actualmente se siguen desarrollando nuevos prototipos para determinar si es posible llevarlo a cabo en aplicaciones de mayor envergadura.
- b) *Detección de humo por cámaras de video* [7]: No todos los dispositivos de AFP tienen como objetivo apagar directamente el fuego, algunos dispositivos velan también por la rápida detección de éste. La detección de humo por cámaras de video son dispositivos de alarma contra incendios, consisten en una videograbadora conectada a un computador central. En computador tiene un software analítico el cual tiene la capacidad de detectar la presencia de humo o de llamas que sean una clara señal de que ha comenzado un

foco de incendio. Al ser detectado en tiempo real se envía una señal a la alarma contra incendios para la evacuación del recinto y la pronta actuación de los demás sistemas de protección activa.

- c) *Sistema integrado de voz para la evacuación* [8]: Es un sistema inteligente que detecta el lugar del foco de incendio y envía una señal audible a los ocupantes de las instalaciones con instrucciones específicas de la evacuación segura, todo esto determinando la ruta optima entre ellos y la salida; con tal de evitar la exposición al fuego y/o los gases de éste. El sistema puede tener parlantes en más de un sector del edificio, por lo que representa una buena alternativa para evitar posibles perjuicios para las personas.
- d) *Detector de humo anti polución* [9]: Este sistema está pensado para uso doméstico. Este detector no sólo permite el monitoreo del monóxido de carbono producido debido a los incendios, también detecta otras fuentes de polución, incluido el polen. En caso de detectar monóxido de carbono en grandes cantidades, el detector es capaz de llamar a dispositivos móviles asociados a él para informar de esta situación, y corroborar si el peligro es real o no.
- e) *Sistemas de rociadores con otros fluidos de trabajo*: Existen diferentes fluidos de trabajo para controlar los incendios a través de rociadores, o incluso para los extintores, esto debido a la naturaleza de las llamas y cuál es su medio combustible. Entre las alternativas al agua se encuentran fluidos tales como espuma y agentes químicos. Además, dependiendo del tipo de combustible, a veces se puede utilizar gases como dióxido de carbono para saturar el ambiente y que el fuego no tenga oxígeno para alimentarse [10].

A pesar de todas estas nuevas tecnologías, la principal herramienta para combatir el fuego, en primera instancia, siguen siendo los sistemas de protección contra incendios basados en sistemas de bombeo de agua hacia la red de rociadores, debido a su bajo costo y alta disponibilidad. Es por esto que en base a los mismos sistemas se han ido desarrollando nuevas tecnologías que mejora la experiencia y por sobre todo, que desarrollen bajo impacto sobre la infraestructura afectada.

2.1.1. Sistemas automáticos de rociadores

Uno de los sistemas de protección contra incendios más confiables son los sistemas basados en rociadores. Esto se debe a que su diseño está hecho para funcionar de manera automática ante el aumento de temperatura, y a que el sistema es cada vez más preciso debido al avance de la tecnología. Hoy en día los cabezales de los rociadores son veinte veces más sensibles a la temperatura de lo que eran hace sólo 10 años, por lo tanto la respuesta ante el fuego requiere de poco tiempo [10].

Los rociadores son dispositivos análogos, no funcionan en base a ningún circuito eléctrico, sólo en base al aumento de la temperatura. La cabeza de los rociadores son tapones termosensibles, que cuando detectan el incremento de temperatura para el que fueron diseñados, se rompen, es decir que se pueden utilizar una sola vez, en caso de que se hayan activado es necesario cambiar el rociador.

Cuando la cabeza del rociador se rompe, deja pasar a través de él fluido de la red contra incendios que está presurizada a un valor establecido por el diseñador del sistema, en caso de agua suele estar entre 14 y 150 psi aproximadamente.

El fluido de trabajo tiene tres funciones principales:

- a) Enfriar los vapores producto de la combustión.
- b) Disminuir la temperatura del fuego mismo (siendo deseable extinguirlo).

c) Humedecer/Mojar los objetos adyacentes al fuego, el combustible.

Todos estos componentes se complementan para retrasar la expansión del fuego al reducir el calor generado, una de las cuatro variables que participan en la generación del fuego: combustible, oxígeno, calor y reacción en cadena.

Históricamente, los sistemas de rociadores no estaban diseñados para extinguir completamente los incendios, sino más bien para controlarlos mientras el cuerpo de bomberos llegaba. Sin embargo hoy en día existen sistemas de rociadores en los que se considera un mal diseño cuando estos no tienen la capacidad de extinguir el fuego completamente. Actualmente las estadísticas muestran que en la mayoría de los casos donde existen rociadores instalados, el fuego ha sido controlado por sólo uno de ellos.

A pesar de la efectividad de los sistemas de rociadores de agua y espuma, no todos los incendios pueden ser apagados a través de ellos; ya que la forma de mitigar las llamas depende exclusivamente del tipo de combustible que se está incendiando.

2.2. Clasificación de fuego

La *clase de fuego* es un término acuñado para identificar el tipo de fuego en relación con el tipo de combustible que se está incendiando. La importancia que tiene esta clasificación es que la forma de extinguir el fuego varía según lo que se esté quemando [11]. Es tal la importancia, que hay ciertas sustancias que si bien pueden extinguir una clase de fuego, a otras puede alimentarlo, y por lo tanto se hace imprescindible tener conocimiento técnico sobre ello para poder elegir la mejor estrategia de protección contra incendios.

La clasificación de fuego varía según la región a la que se pertenezca, es así que existe una diferenciación entre la clasificación europea, la americana y la asiática. La clase de fuego determina con que agente se debe atacar el incendio para extinguirlo. En la figura 2.2 se muestran las clases de fuego según la norma Estado Unidense (NFPA 10), y el tipo de matafuegos que se debe utilizar. En Chile se utiliza la misma clasificación que en EE.UU., la que está especificada en la Norma Chilena NCh 934.

TIPOS DE MATAFUEGOS							
	A Agua	AB Agua + Espuma Química	ABC Polvo Químico Seco	BC Dióxido de carbono (CO ₂)	ABC Halotron 1	D Polvo Químico D	K Potasio
 Sólidos	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO
 Líquidos	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
 Eléctricos	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO
 Metales	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
 Grasas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Figura 2.2: Clases de fuego (código de EE.UU.) y agentes extintores [Fuente: <http://www.todomatofuegos.com.ar/>].

A continuación se describe brevemente cada tipo de fuego [11, 12]:

- Clase A (Sólidos)*: Son fuegos iniciados principalmente por combustibles sólidos, generalmente son de origen orgánico y su combustión genera brasas. Este tipo de fuego puede ser extinguido con la gran mayoría de agentes extintores.
- Clase B (Líquidos y gases)*: Los fuegos de clase B son todos los alimentados por líquidos inflamables y materiales que arden fácilmente, tales como cera o plásticos. Además de esto, también se consideran los gases inflamables. No se debe usar agua para extinguir esta clase de fuegos, ya que pueden expandir las llamas.
- Clase C (Eléctricos)*: Corresponden a los fuegos que involucran equipos eléctricos energizados. El fuego puede ser causado por cortocircuitos o por cables eléctricos sobrecargados. No debe utilizarse agua, espuma o cualquier medio que sea conductor eléctrico ya que puede expandirse el fuego debido al paso de corriente por éstos.
- Clase D (Metales)*: Corresponde a fuegos alimentados por cierto tipo de metales cuando han sido reducidos a virutas finas, tales como sodio, potasio, aluminio, titanio, entre otros. No debe extinguirse por ningún motivo con agua, debido a que se alimenta aún más el fuego y de forma violenta.
- Clase K (Grasas)*: Este fuego corresponde al generado principalmente por aceites de cocina cuando se usan para fritura. Por definición, este tipo de fuego es una subclase de la clase B, sin embargo por las características especiales, sobre todo de la extinción, se considera lo suficientemente importante como para tener su propia categoría.

2.3. National Fire Protection Association (NFPA) [1]

La Asociación Nacional de protección contra incendios, NFPA, es una organización global sin fines de lucro fundada en el año 1896, alojada en Estados Unidos, que tiene como objetivo tratar de eliminar la muerte, daños a la salud, a la propiedad y pérdidas económicas debido a peligros de incendio, eléctricos y similares. La misión de la Asociación es *"Ayudamos a salvar vidas y reducir pérdidas a través de la información, el conocimiento y la pasión"*.

La NFPA entrega información y conocimiento a través de más de 300 normas internacionales, investigaciones, entrenamiento y educación; además de asociarse con otros organismos similares que comparten un interés en común con su visión. La membresía de la asociación asciende a una cifra de más de 60.000 personas alrededor del mundo.

La NFPA tiene 4 focos principales como organización:

- a) Investigación: La organización está constantemente desarrollando nuevos temas de investigación que son contingentes al acontecer de las nuevas tecnologías. Debido al amplio espectro de temáticas y la especificidad de algunos temas, se hace indispensable contar con un gran y variado equipo interdisciplinario.
- b) Publicaciones: Debido a la gran cantidad de materias investigadas por la organización, ésta ha optado por realizar publicaciones como por ejemplo revistas que da cuenta de los nuevos avances que han ido logrando los miembros especialistas de la asociación. Dentro de estas publicaciones se destaca por sobre todo la constante publicación y actualización de códigos y normas, las cuales cuentan con una incuestionable confiabilidad, y que son altamente utilizadas al momento de diseñar sistemas de protección, ya sea eléctrica, contra incendios y similares. Debido al carácter formativo de la asociación, es posible visualizar toda la normativa de la NFPA a través de su portal web sin costo alguno.
- c) Entrenamiento: El entrenamiento de la NFPA incluye una gran variedad de maneras de acceder al conocimiento que entregan sus distintas normativas, entre estas se encuentran seminarios, entrenamiento en línea (internet), entrenamiento en terreno, en salas de clases, conferencias, etc. Dependiendo del tipo de entrenamiento, la asociación entrega certificaciones para demostrar la experticia del individuo en ciertas temáticas.
- d) Educación: Con el objetivo de cumplir con la misión de la asociación, ésta entrega programas educacionales de fácil manejo, además de recursos y herramientas que sirven para prevenir incidentes y que abarcan todas las edades.

Dentro de la serie de normativas para combatir los incendios de la NFPA, existe una norma dedicada exclusivamente a sistemas de bombeo para sistemas de protección contra incendio, la NFPA 20, que tiene por finalidad establecer un estándar de calidad en la configuración y operación de salas de bombas para poder abastecer a las redes contra incendio en base a rociadores de agua/espuma.

2.3.1. Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios NFPA 20

"La primera norma de la NFPA para rociadores automáticos fue publicada en 1896 y contenía párrafos sobre bombas contra incendios de vapor y rotativas. Al comienzo las bombas contra incendios eran sólo aportes secundarios para rociadores, tuberías e hidrantes, y se arrancaban de forma manual. En la actualidad, las bombas contra incendios se han incrementado ampliamente en cantidad y en aplicaciones.

La NFPA 20 trata lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas de protección contra incendios, los alcances de ésta incluyen suministros de líquido; succión, descarga y equipamiento auxiliar; suministros de energía; controladores y motores: eléctricos, diesel, tipo turbina de vapor; pruebas de aceptación y operación.

La norma no cubre los requerimientos de capacidad y presión del suministro de líquido de los sistemas, tampoco cubre requerimientos de inspección, pruebas y mantenimiento de sistemas de bombas contra incendios, los que se ven en la NFPA 25 [13]; la norma tampoco cubre los requerimientos de instalación del cableado de las unidades de bombas contra incendios.

El propósito de la NFPA 20 es proveer un grado razonable de protección contra incendios a la vida y la propiedad a través de requerimientos de instalación para bombas estacionarias para protección contra incendios, basados en sólidos principios de ingeniería, datos de prueba y experiencia de campo” [2].

La normativa relativa a bombas estacionarias de sistemas de protección contra incendios, especifica todos los componentes que deben estar presentes dentro de un cuarto de bombas, así como la configuración que deben tener y en algunos casos sugerencias de arreglos.

Además de lo anterior, la norma establece criterios para la lógica de control que deben tener los controladores del sistema, así como la jerarquización de equipos y de los subsistemas presentes en el cuarto.

Por último, la norma indica las pruebas que deben realizarse para el comisionamiento del cuarto de bombas, pruebas hidrostáticas iniciales, pruebas individuales y pruebas de sistema.

A pesar de todo lo anterior, el documento sólo entrega los requerimientos mínimos que debe cumplir el sistema de bombeo, por lo que deja a criterio de quien ejecute el proyecto el arreglo, distribución y la decisión de que elementos deben ser tomados en cuenta según el equipamiento seleccionado.

2.3.1.1. Componentes básicos de casas de bombeo según NFPA 20

Las casas de bombeo cuentan con una serie de equipamientos necesarios para su funcionamiento automático. La figura 2.3 muestra un esquema genérico de una casa de bombeo con sus respectivos componentes, los que son detallados a continuación.

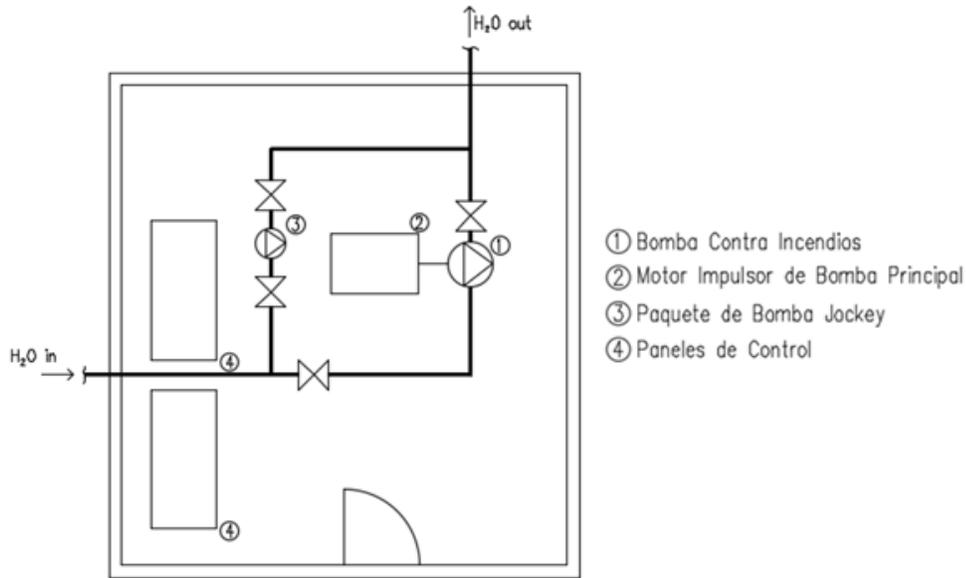


Figura 2.3: Esquema de los componentes básicos de una casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia]

- a) *Bomba contra incendios*: La bomba contra incendios es el equipamiento principal de la sala de bombas, debe ser capaz de trabajar con el caudal y presión para la que fue diseñada la red de incendios. Debe montarse en conjunto con su motor impulsor sobre el mismo bastidor y estar alineado según el tipo de acople que tengan los ejes.
- b) *Motor impulsor de Bomba contra incendios*: El motor impulsor de la bomba contra incendios puede ser de tres tipos: Diesel, eléctrico o turbina de vapor. Según el tipo de motor se deben agregar equipos adicionales a la sala de bombas, como pueden ser intercambiadores de calor, generadores diesel, calderas, etc. Además del equipamiento adicional, según cada tipo de motor la lógica de control cambia, así como la configuración de la sala de bombas.
- c) *Bomba Jockey*: La bomba Jockey es una unidad de respaldo encargada de mantener la presión de la red contra incendios cuando tiene caídas de presión leves. Al estar conectada en la succión de la bomba y descargar a la salida de la descarga de la bomba contra incendios, la presión de la línea de la bomba Jockey es la misma que la presión de la línea principal. El objetivo de esta bomba es que la presión de la red se encuentre en su valor de diseño al momento de requerirse la bomba principal para una emergencia. Generalmente se utilizan paquetes de bombas impulsados por motor eléctricos, diseñados especialmente para la operación de SPCI.
- d) *Paneles de control*: Los paneles de control alojan las tarjetas de control, encargadas de almacenar toda la lógica de control de la casa de bombas. Se debe tener un tablero de control independiente por cada unidad de bomba que haya en la sala. Los controladores de bomba manipulan principalmente el funcionamiento del motor impulsor de su bomba.

3 Metodología

3.1. Metodología general

Para el desarrollo de la memoria y el cumplimiento de los objetivos de ésta, se utiliza la metodología mostrada en el diagrama de la Figura 3.1.



Figura 3.1: Metodología de trabajo de título [Fuente: Elaboración propia].

En primer lugar se debe realizar una revisión bibliográfica detallada de las normas que involucran la fabricación y el montaje de una casa de bombeo, dando especial énfasis en la norma NFPA 20, que es utilizada como base para el presente documento.

Una vez revisadas las normativas se procede a realizar una revisión del diseño y la configuración de las casas de bombeo. Para esto se debe contar con un listado con todos los equipos y accesorios necesarios dentro de las casetas, además de su ubicación y los requerimientos que deben cumplir.

Una vez que el interior de la casa de bombas ha sido definido, se procede a diseñar la estructura de ésta. En este punto también se desarrollan tres diseños tipo de bastidores para la unidad

de bombeo de las casas de bombeo: pequeño, mediano y grande, los que son definidos según la capacidad de carga de la bomba contra incendios, y que luego son validados a través del software de modelamiento de elementos finitos incorporado en el programa SolidWorks.

Luego de la revisión de diseño, se procede con la confección de los distintos tipos de procedimientos de ingeniería.

Para los procedimientos de fabricación y armado se realiza un listado de partes y piezas necesarias para construir la estructura de la casa de bombeo, además de la realización de planos de: piezas, conjuntos y subconjuntos. Para esto se utiliza la herramienta de dibujo AutoCAD. Posterior a esto se realizan los procedimientos de manufactura y ensamblaje de la estructura, así como las especificaciones de soldadura, tratamientos superficiales y pintura. Todo lo anterior con sus respectivos procesos de certificación.

Los procedimientos de montaje incluyen el desarrollo de planos para la ejecución del montaje de la sala de bombeo, donde se incluyen los sistemas de anclaje que pueda tener ésta, y la realización del P&ID, los que son realizados en AutoCAD. Además de estos dos productos, se debe describir los requerimientos de acometida hidráulica y eléctrica, así como también las configuraciones de las instalaciones hidráulicas y eléctricas entre los distintos equipos.

Una vez listo el proceso de montaje, se realizan los procedimientos de puesta en marcha de la sala de bombeo. Para esto, primero se confecciona la filosofía de control de la casa de bombas, para luego elaborar un documento con las pruebas iniciales para comprobar el montaje adecuado y las pruebas de aceptación de campo para la puesta en marcha según las especificaciones de la norma NFPA 20; incluyendo las certificaciones requeridas para equipos y conjunto.

4 Consideraciones para la configuración e integración de casas de bombeo

El siguiente capítulo comprende un resumen con las consideraciones más importantes y necesarias a tomar en cuenta de la norma NFPA 20 para la configuración e integración de componentes en salas de bombeo. El contenido mostrado corresponde única y exclusivamente a la normativa mencionada, sin embargo se han mantenido las referencias de otras normas que también deben ser tomadas en cuenta cuando se fabrican casas de bombas para SPCI. En el apéndice A se muestran todas las consideraciones a tomar en cuenta en extenso.

Las consideraciones mencionadas sólo toman en cuenta casas de bombeo con bombas centrífugas de carcasa bipartida e impulsadas por motores diesel o eléctricos y todos los componentes necesarios para que éstas puedan operar de manera óptima, y aprobar las exigencias de los organismos fiscalizadores.

No todos los puntos tratados han sido considerados al momento de elegir la configuración de las casas de bombeo, debido a que ésta depende de los equipos seleccionados y sus componentes.

4.1. Tuberías

- Todas las tuberías deben ser de acero al Carbono, excepto las correspondientes a las líneas de control de cada bomba; las cuales puede ser de cobre.
- Deben ser dimensionadas para un 150 % de la capacidad nominal de la bomba principal, o lo más cercano siempre que sea mayor al 100 % de la capacidad.
- No debe haber accesorios en la tubería de succión en los 15 metros previos a la brida de succión de la bomba, a excepción de la válvula de compuerta y un reductor excéntrico de ser necesario.

4.2. Bombas

- Las bombas deben contar con válvula de alivio de circulación, válvula de liberación de aire y manómetros tanto en la succión como en la descarga.
- Debe haber una bomba de mantención de presión (Jockey), capaz de reponer la presión de seteo del sistema de manera automática.
- Deben contar con una línea de control de presión para el funcionamiento automático del SPCI.

4.3. Motores

4.3.1. Diesel

- Todos los motores deben contar con un gobernador de control de velocidad.

- Deben estar provistos de un dispositivo de apagado por sobre velocidad y, además, con medios de detección de baja presión del aceite lubricante y de altas o bajas temperaturas del líquido refrigerante.
- Debe contar con dos baterías eléctricas de respaldo e independientes entre si, con dos métodos distintos para cargarlas; uno por cada batería.
- Debe incluirse un método de enfriamiento para el motor, el cual puede ser por radiador o por intercambiador de calor.
- Debe contarse con un suministro de combustible para el motor diesel, con capacidad adecuada para funcionamiento por dos horas continuas.
- El escape del motor debe tener salida hacia el exterior del habitáculo.

4.3.2. Eléctrico

- Todos los motores eléctricos para bombas contra incendio deben estar en conformidad con la norma NEMA MG-1 y en conformidad con las normas de diseño B de NEMA con un factor de servicio de 1,15.
- Deben contar con dos fuentes de energía independientes y confiables, una principal y otra alternativa.
- Deben contar con un panel de control con un interruptor de transferencia de energía, para dirigir la fuente de alimentación del motor entre la fuente normal y la fuente alternativa.
- En caso de que la fuente alternativa sea un generador, debe cubrir todos los requerimientos de la sala, no sólo del motor eléctrico, y debe ser capaz de cubrir los peak de corriente producidos cuando se hace andar el motor.

4.4. Controladores

- Los motores deben funcionar con una lógica de control alojada en un tablero de control, con su respectiva tarjeta controladora.
- Los controladores deben permitir tanto el accionamiento manual como el automático en salas de bomba, en caso de que el accionamiento sea manual no se debe permitir la desconexión automática.

4.5. Válvulas y afines

- Debe haber una válvula de compuerta en la tubería de succión de la bomba contra incendios.
- Debe haber una válvula check, seguida de una válvula de mariposa en la tubería de descarga de la bomba.
- Debe haber una válvula de mariposa en la tubería de pruebas y otra en la tubería de mangueras.
- En la línea de tuberías de la bomba Jockey debe haber una válvula de mariposa en la tubería de succión. En la tubería de descarga debe haber una válvula check seguida de una válvula de mariposa.

- En casos de bombas impulsadas por motor diesel, debe haber una válvula de alivio de presión antes de la válvula check de la tubería de descarga.

5 Resultados y Discusión

5.1. Planos de ingeniería

5.1.1. Planos de Layout

Los planos de Layout del proyecto se encuentran en el Apéndice B.

5.1.2. Planos estructurales

Los planos estructurales de casas de bombas se encuentran en el Apéndice C.

5.1.3. Diagrama de cañerías e instrumentación (P&ID)

A continuación se presenta un extracto de los diagramas de cañerías e instrumentación, los planos completos se encuentran en el Apéndice D y Apéndice E.

5.1.3.1. General

En esta sección se ven las partes comunes del PID entre la casa de bombas impulsada por motor diesel y motor eléctrico, en la sección 5.1.3.2 se muestran las zonas específicas de la casa impulsada por motor eléctrico y en la sección 5.1.3.3 se aprecian las del motor diesel.

5.1.3.1.1. Línea de bomba Jockey con su línea de control La figura 5.1 muestra el diagrama de cañerías e instrumentación de la línea de la bomba Jockey con su respectiva línea de control.

La línea de bomba Jockey corresponde a una tubería de acero A36, con un diámetro nominal en la cañería de succión de 1 1/2" y de 1 1/4" en la descarga. En la línea de succión debe ir una válvula de mariposa manual, la que debe estar siempre en posición abierta, a menos que se desee realizar mantenimiento a la bomba Jockey. En la descarga debe ir una válvula check seguida de una válvula de mariposa manual, la que también debe estar siempre abierta. Entre ambas válvulas de la descarga se debe instalar la conexión con la línea de control de la bomba Jockey.

La línea de control de la bomba Jockey corresponde a cañerías de cobre tipo K de 1/2" de diámetro nominal. La configuración de la línea de control comprende dos válvulas check, entre ambas válvulas debe ir una conexión en Tee, el empalme de esta conexión contiene dos válvulas de globo con un manómetro análogo entre ellas, con el objeto de aliviar la presión de la línea y generar pruebas de caída de presión cuando sea pertinente. Luego de la segunda válvula check debe ir otra conexión en Tee que tiene la misma configuración ya mencionada. Finalmente la línea de control debe tener un transductor de presión, que se encuentra dentro del tablero de control de bomba Jockey.

El único control automático dentro de ésta línea corresponde al control automático por presión. El funcionamiento de este lazo de control se detalla en la sección 5.2. La bomba Jockey debe ser capaz de ser operada de forma manual a través de una botonera de inicio/parada.

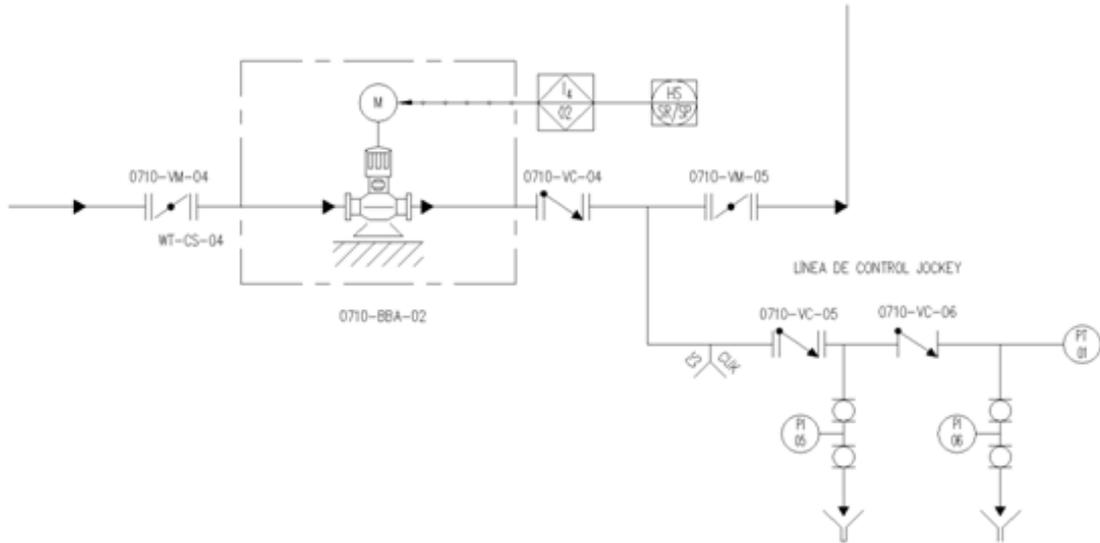


Figura 5.1: Línea de bomba Jockey con su línea de control [Fuente: Elaboración Propia].

5.1.3.1.2. Línea de pruebas y línea de control de bomba contra incendios La figura 5.2 muestra el diagrama de cañerías e instrumentación de la línea de la bomba Jockey con su respectiva línea de control.

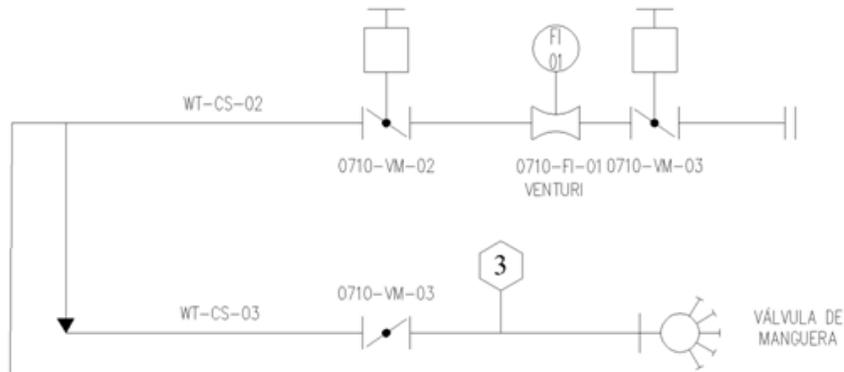


Figura 5.2: Línea de pruebas y línea de control bomba contra incendios [Fuente: Elaboración Propia].

La línea de pruebas corresponde a una derivación de la línea de descarga de la bomba contra incendio, la cual se ubica entre la válvula check VC-01 y la válvula de mariposa VM-01. Las tuberías son de acero A36 Sch. 40 y el diámetro nominal depende de la carga de la bomba contra incendios.

La línea de pruebas se divide en dos, por un lado está la cañería de válvulas de manguera, la cual contempla una válvula de mariposa VM-04 operada manualmente y una brida para poder conectar posteriormente los cabezales de las válvulas de manguera VH-01. Por otro lado se tienen dos válvulas de mariposa electroactuadas VM-02/03, entre las que se ubica un flujómetro de tipo Venturi FI-01 para medición de caudal. El funcionamiento automático de las válvulas de mariposa se detalla en la sección 5.2.

La línea de control de la bomba contra incendios sigue la misma configuración señalada en 5.1, con excepción de un grabador de presión que debe instalarse antes del transductor; con el objeto de almacenar datos de la presión de la red para utilizar en casos de peritaje.

5.1.3.1.3. Línea principal de bomba contra incendios La línea principal de la bomba contra incendios corresponde a cañerías de acero A36 Sch. 40, el diámetro nominal depende de la carga con la que trabaja la bomba. La línea principal se compone de la tubería de succión y la tubería de descarga. La figura 5.3 muestra la configuración de la línea principal.

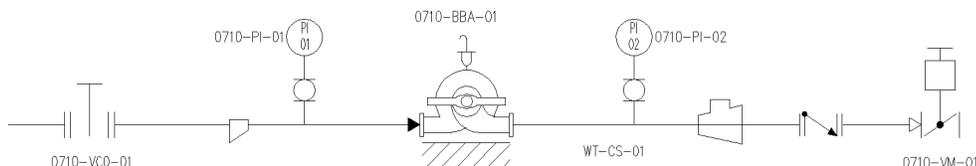


Figura 5.3: Línea principal de bomba contra incendios [Fuente: Elaboración Propia].

En la tubería de succión debe ir la conexión con la bomba Jockey, luego debe haber una válvula de compuerta tipo vástago ascendente VCO-01 y, en caso de ser necesario, un cono reductor excéntrico. Además, la bomba debe tener un manómetro análogo de 3,5" justo en la succión de la bomba.

La tubería de descarga debe contar en primer lugar con un manómetro análogo justo en la descarga de la bomba, luego, de ser necesario, un cono de expansión concéntrico, seguido de una válvula check VC-01 y una válvula de mariposa electroactuada VM-01. Entre ambas válvulas debe estar la conexión con la línea de control de la bomba contra incendios y una Tee para derivar a la línea de pruebas. El comportamiento automático de la válvula VM-01 se detalla en la sección 5.2.

Para el caso de bombas impulsadas por motor diesel, entre la válvula check y la descarga de bomba debe instalarse un desvío para válvula de alivio de presión.

5.1.3.2. Bomba impulsada por motor eléctrico

Para el control automático del motor eléctrico que impulsa la bomba contra incendios, se cuenta con instrumentación específica para el tablero de control y para el tablero de interruptor de transferencia de energía TIT-01. Si bien los equipos no corresponden a cañerías, se diagrama la disposición de los equipos eléctricos para dar cuenta de la ubicación de los diferentes medidores, interruptores y transmisores de variables. La figura 5.4 muestra el esquema tanto del tablero de control como del interruptor de transferencia de energía.

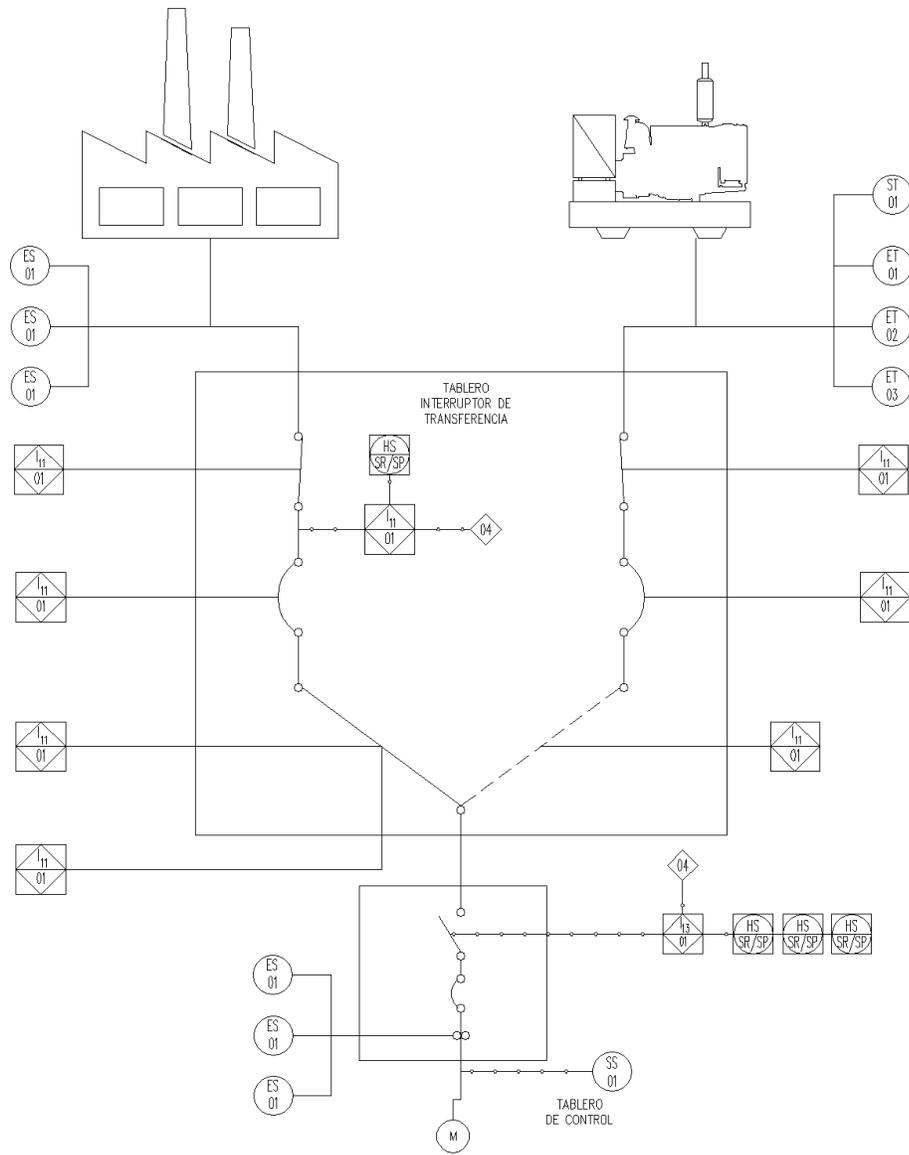


Figura 5.4: Sistemas de monitoreo de TIT y TDC de bomba eléctrica [Fuente: Elaboración Propia].

El interruptor de transferencia tiene como función dirigir la corriente hacia el motor desde una de las dos fuentes de energía. Cuando esta funcionando con una de las dos fuentes energía, se debe enviar una señal al controlador para encender una luz piloto que indica cual fuente de energía se está utilizando.

Dentro del interruptor también debe haber monitoreo para los disyuntores y los interruptores aislantes, cuando alguno de los componentes nombrados está abierto, es decir que no deja pasar la corriente, también debe enviarse una señal de monitoreo y alarma para inspección. También es necesario monitorear el sub voltaje de todas las fases de ambas fuentes de energía para determinar con cuál de las dos debe operar el sistema. Para esto se utilizan switches de voltaje para la fuente normal y transmisores de voltaje para la fuente alternativa, así como también un transmisor de frecuencia para monitorear una de las fases de esta última.

En el tablero de control, por otra parte, se cuenta con un monitoreo de voltaje de cada una de las fases de alimentación para el motor; esto se realiza a través de transmisores de tensión eléctrica que se ubican en el contactor y debe enviarse una señal al controlador para activar una luz piloto por cada fase que esté en correcto funcionamiento.

Por último, el tablero de control cuenta con botoneras de emergencia de encendido y apagado de motor y una palanca con resorte para funcionamiento manual.

5.1.3.3. Bomba impulsada por motor diesel

El caso de la bomba accionada por motor diesel cuenta con tres subsistemas: Combustible, Motores de arranque e intercambiador de calor. Además de otras variables propias del motor que deben ser monitoreadas y que se describen a continuación. La figura 5.5 muestra el conjunto de motor diesel.

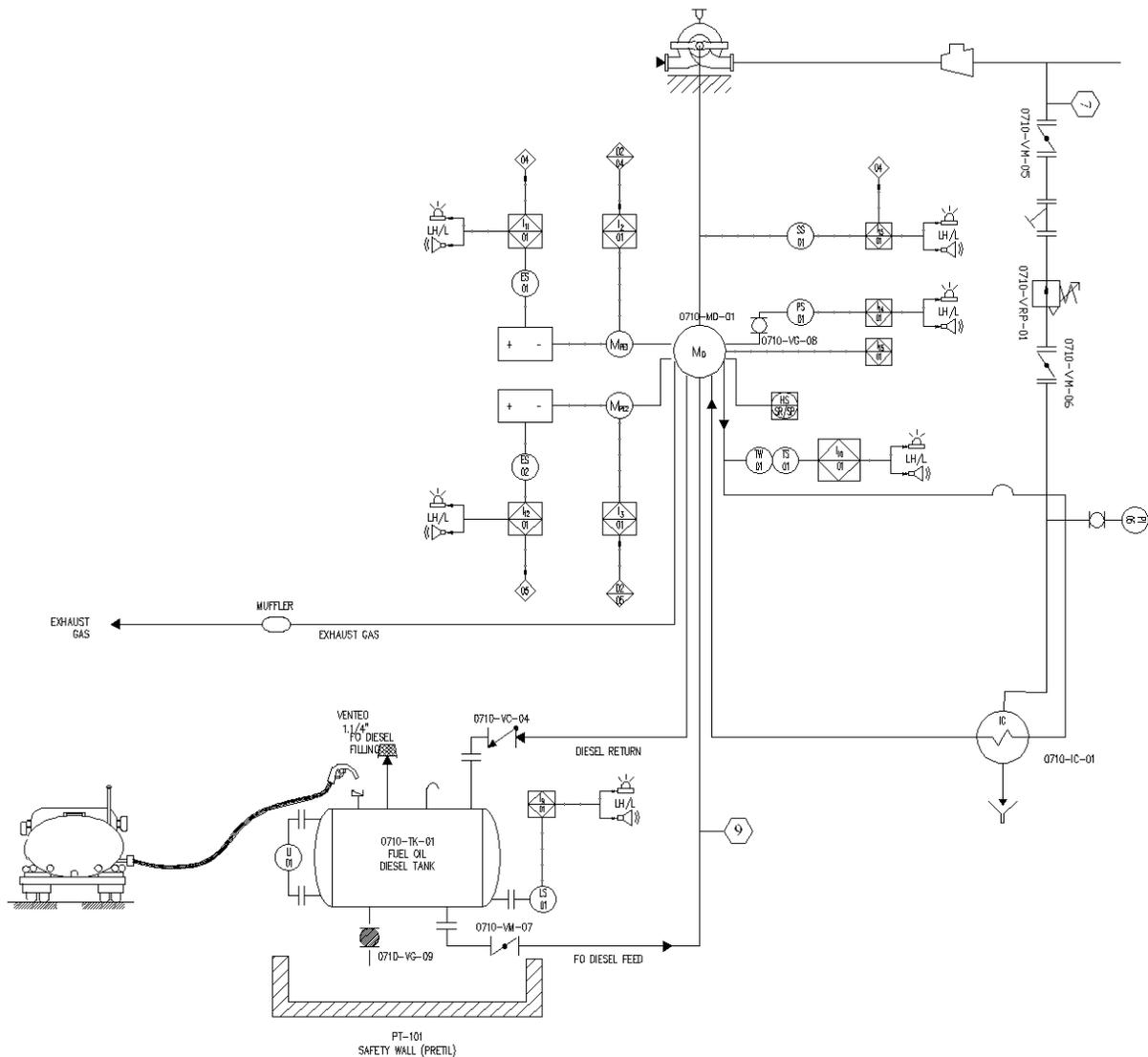


Figura 5.5: Sistemas de monitoreo de motor diesel y sus subsistemas [Fuente: Elaboración Propia].

Se debe monitorear la velocidad de giro del motor a través de un switch de velocidad ajustado en alto SS-01, esto se hace para evitar que el motor gire con sobre revoluciones, lo que puede dañar otros equipos importantes del SPCI. Además de esto se supervisa la presión del aceite lubricante del motor, esto se hace con un switch de presión PS-01 ajustado en baja, cuando se activa el switch, se debe enviar una señal al controlador para que active una luz piloto indicando el problema, en conjunto con una alarma audible.

5.1.3.3.1. Combustible El subsistema de combustible tiene dos líneas de tubería, una de suministro de combustible hacia el motor y una de retorno desde el motor hacia el estanque de combustible. En la línea de suministro se debe instalar una válvula de mariposa manual VM-07 que debe estar siempre abierta. En la línea de retorno hay una válvula check VC-04.

El estanque de combustible tiene dos sistemas de monitoreo de nivel, uno es un switch de nivel LS-01 calibrado en baja, el que debe enviar una señal al controlador para que éste emita una alarma audible y otra visible. Por otro lado se cuenta con un indicador de nivel LI-01 para poder realizar inspección visual del nivel del estanque.

Por último, el estanque de combustible debe contar con venteo y con una válvula de globo en la parte inferior para el drenaje del combustible .

5.1.3.3.2. Motores de arranque El motor diesel cuenta con dos motores de arranque, cada uno está conectado a una batería de 12 Volts independiente. Las baterías deben monitorearse con un switch de voltaje ajustado en baja para enviar una señal al controlador cuando el voltaje de las baterías baje de 8 [V]. El controlador debe emitir una señal audible, así como una visual en el tablero de control.

5.1.3.3.3. Intercambiador de calor El intercambiador de calor tiene dos líneas, una con el líquido refrigerante del motor y otra con el agua tomada desde la descarga de la bomba, antes de la válvula check.

La línea del agua tiene la siguiente configuración: Una válvula de mariposa VM-05 operada manualmente y que debe estar abierta, un filtro tipo Y, una válvula reguladora de presión VRP-01 y una válvula de mariposa VM-06 operada manualmente y que debe estar abierta. Además de esto se debe contar con una conexión hacia una válvula de globo con un manómetro análogo.

La temperatura del líquido refrigerante debe ser monitoreada en la salida del motor diesel para determinar cuando esa esté muy alta o bien muy baja. Para esto se utiliza un switch de temperatura TS-01 ajustado en alta y en baja que envía una señal al controlador, el que luego activa una señal audible, así como una visible en el tablero de control.

5.2. Filosofía de control

En esta sección, se presenta la filosofía de control del sistema, tanto para casas de bombeo impulsadas por motor diesel, como para casas de bombeo impulsadas por motor eléctrico.

La filosofía de control considera los siguientes puntos: Introducción, Objetivos de la filosofía de control, Alcances, Antecedentes, Límites de batería, Líneas de bombas, Arquitectura de control, Operación del sistema de control, Monitoreo de parámetros del sistema, Filosofía de operación y control.

5.2.1. Objetivo

Describir la Filosofía de Operación y Control para el proyecto denominado "Desarrollo de procedimientos para configuración y producción de casas de bombeo según NFPA 20", describiendo la lógica de cada equipo, actuador y dispositivo existente para cada una de las líneas de bombas del proyecto y la interacción entre ellas, para un óptimo funcionamiento de la sala acorde a las exigencias de la normativa NFPA 20.

5.2.2. Alcances

Los alcances de la filosofía de control son los siguientes:

- Filosofía de Control de cada línea de bomba del proyecto de casas de bombeo para SPCI.
- Límites de Operación de la sala de bombeo para SPCI.
- Análisis de interacción entre las dos líneas de bombas definidas en el punto 6.

5.2.3. Límites de batería

El límite de batería de la filosofía de control comprende el funcionamiento de todos los equipos involucrados dentro del cuarto de bombas, cuyos límites se describen a continuación:

- Desde: Brida de conexión hacia suministro de agua en la succión.
- Hasta: Brida de conexión hacia la red de incendios en la descarga.

5.2.4. Líneas de bombas

Las casas de bombeo cuentan con dos líneas de bomba, una para la bomba contra incendios y otra para la bomba Jockey. Cada una de estas líneas tiene su panel de control independiente, e interactúan entre ellas a través de sus líneas de control de presión respectivas, las que miden la presión de la red contra incendios.

Las líneas de bomba del proyecto son las siguientes:

- Línea de bomba contra incendios (LBCI) diesel (LBCID) o eléctrica (LBCIE).
- Línea de bomba Jockey (LBJ).
- Línea de pruebas (LP).

5.2.5. Arquitectura de control

El sistema de control para la operación de la sala de bombas, contiene dos tarjetas controladoras, cada una en su respectivo panel de control, las cuales controlan de manera independiente a cada una de las bombas del cuarto y los distintos equipos de los que dispone el sistema. Específicamente la arquitectura de control tiene la siguiente configuración:

- Un Tablero de control de bomba Jockey TDCJ que contiene una Tarjeta de control para la LBJ, un transductor de presión para medir la presión de la red de incendios y borneras para conectar el motor de la bomba Jockey.
- **Sala de bombas impulsada por motor Diesel:** Un Tablero de control de bomba diesel TDCD, que contiene una tarjeta de control para la LBCI, un grabador y un transductor de presión para medir y grabar la presión de la red contra incendios.
- **Sala de bombas impulsada por motor Eléctrico:** Un paquete de control, que corresponde al montaje de un tablero de control de bomba eléctrica TDCE y un Tablero de Interruptor de Transferencia TIT. El TDCE contiene una tarjeta de control para la LBCI, un grabador y un transductor de presión para medir y grabar la presión de la red contra incendios. El TIT contiene el interruptor de transferencia para operar con la fuente de energía principal o secundaria, según ordene el controlador del TDCE.
- Las tarjetas de control, tanto del TDCJ como las de TDCD/TDCE, tienen la capacidad de recibir señales con el estado del sistema para emitir alarmas de supervisión en caso de ser necesario y activar/desactivar los equipos dentro de la sala de bombas.

Cada uno de los TDC y el TIA tienen una pantalla para el monitoreo del sistema y la operación de ciertos parámetros de éste. Además de botones para parada de emergencia y partida manual de emergencia.

Las señales de los distintos equipos dentro de la sala de bombas, deben ser consideradas y configuradas en la programación del sistema, de manera que sean capaces de realizar las siguientes funciones:

- Accionamiento (partida/parada), de los equipos a través de dos modos de operación: Automático y manual.
- Recibir estatus de funcionamiento correcto de equipos principales.
- Recibir estatus de las variables más relevantes (Presión, nivel, tensión, temperatura, etc).
- Enviar señales de alarma y supervisión cuando se requiera.

5.2.6. Operación del sistema de control

El modo de operación para cada equipo del sistema es seleccionado mediante un selector de tres posiciones: Manual - Automático - Neutro, para cada uno de los TDC de las bombas del cuarto. El detalle de cada modo de operación se describe a continuación, el cual es igual para cada uno de los TDC:

- a) **Manual:** En éste modo, toda la operación del sistema controlado por el TDC depende del accionamiento manual mediante botoneras de partir/parar. Cuando se está en este modo, el sistema no se detiene a menos que sea por medios manuales del mismo tipo. Para operar en esta condición, el selector debe encontrarse en posición Manual.

- b) **Automático:** En éste modo, toda la lógica de control alojada en la tarjeta de control comanda el accionamiento/detención del sistema del TDC correspondiente. Ésta lógica de control se describe detalladamente en el capítulo 5.2.8. En éste modo también es posible activar el sistema mediante botones de partida/parada de emergencia que se encuentran en el TDC, en caso de que se inicie el sistema mediante uno de estos botones. Para operar en esta condición, el selector debe encontrarse en la posición Automático.
- c) **Neutro:** En este modo, el sistema que está controlado por el TDC queda inhabilitado para operar, ya sea en manual o automático. Es decir, el sistema no opera bajo ninguna condición.

5.2.7. Monitoreo de parámetros del sistema

El proyecto ha incorporado al sistema de control diversos instrumentos con el fin de monitorear las variables de proceso y de esta manera poder comandar un equipo/actuador para lograr un objetivo específico de acuerdo a la filosofía de control. En términos generales, los parámetros monitoreados que se consideran en el sistema de bombeo son:

- **Presión:** Se debe tener manómetros análogos en la succión y descarga de la bomba contra incendios. Se utilizan sensores de presión tanto en la LBJ como en la LBCI para medir la presión de la red de incendios y activar el funcionamiento automático de ambas bombas, según las especificaciones de control. Se utilizan indicadores de presión en las líneas de liberación presión de las líneas de medición de ambas bombas, con el fin de someter al equipo a pruebas de accionamiento automático (caída de presión del sistema). En el caso de motores Diesel se utiliza un transmisor de presión para detectar la presión del aceite lubricante de éste.
- **Velocidad:** Tanto para motores eléctricos como para motores diesel se debe contar con un interruptor de velocidad para detectar revoluciones un 20 % superiores a la nominal, con tal de apagar el equipo para evitar daños en el mismo.
- **Flujo:** Se debe contar con un medidor de flujo en una línea de pruebas que deriva de la línea de descarga de bomba contra incendios, el cual sirve para realizar pruebas de flujo de agua de manera regular.
- **Nivel:** Para motores diesel se debe utilizar un interruptor de nivel bajo para el estanque de combustible diesel, cuando el estanque baje de un 66 % de su capacidad. Adicionalmente se debe contar con indicador de nivel para corroborar ésta información y medir el llenado del estanque.
- **Voltaje:** Para motores diesel, se debe realizar mediciones de voltaje de las baterías para los motores de arranque eléctricos del motor. En el caso de motores eléctricos debe medirse el subvoltaje de cada una de las fases de la fuente de energía principal y, al menos, una de las fases de la fuente de energía secundaria.
- **Frecuencia:** Para motores eléctricos se debe monitorear la frecuencia de, al menos, una de las fases de la fuente de energía alternativa.

5.2.8. Filosofía de operación y control

La filosofía de operación y control se enfoca en las dos líneas de bombas del sistema y a la interacción entre ellas, además de la línea de pruebas; describiendo las operaciones específicas de cada equipo, instrumento o actuador que forman parte de la casa de bombeo. La filosofía de operación y control se aloja tanto en el controlador de la bomba Jockey, como en el controlador de la bomba contra incendios, ambos incorporados en su respectivo TDC.

5.2.8.1. Línea de bomba Jockey (LBJ)

5.2.8.1.1. General

Esta línea considera tuberías de acero A36, las que conducen agua entre el suministro de agua y la descarga hacia la red de incendios; pasando por una bomba impulsora 0710-BBA-02, la que está encargada de mantener la presión de la línea general. Además de esto se considera la línea de control de la bomba Jockey, una tubería de cobre tipo K, la cual contempla un transductor de presión 0710-PT-02 al final de la línea para monitorear la presión en todo momento y enviar esta información al controlador.

Los límites de batería de esta línea son los siguientes:

- Desde: Empalme de la línea 2 con la succión de la línea 1.
- Hasta: Empalme de la línea 2 con la descarga de la línea 1.

Los equipos utilizados en ésta línea se detallan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Equipos de control en Línea de bomba Jockey.

Equipo	Cantidad [un]	TAG	Descripción General
Bomba Jockey	1	0710-BBA-02	Conjunto de bomba mantenedora de presión con su motor eléctrico.
Transductor de presión	1	0710-PT-02	Transductor de presión, ubicado al final de la línea de control Jockey, en el TDC

5.2.8.1.2. Operación y enclavamientos para 0710-BBA-02 y 0710-PT-02

El funcionamiento de la Bomba Jockey 0710-BBA-02 puede ser automática o bien manual, esto según la posición en la que se encuentre el selector de modo. El modo manual debe utilizarse sólo para realizar pruebas en la unidad de bomba. Cuando el sistema esta operando de manera normal, el selector debe estar en la posición automática.

En modo automático la bomba Jockey 0710-BBA-02 debe accionarse cada vez que la red contra incendios sufre una caída de presión de hasta 10 psi. Una vez que la presión de la red contra incendios vuelva a su valor normal, el controlador de la bomba 0710-BBA-02 debe enviarle una señal a ésta para detener el equipo.

Para detectar las caídas de presión se utiliza la línea de control de la bomba Jockey, la cual tiene dos sistemas de liberación de presión: manual para realizar distintas pruebas de funcionamiento y automático, cuando sea pertinente hacerlo. Además de estos sistemas, la línea de control contempla un transductor de presión 0710-PT-02, el cual se encuentra en una de las entradas del TDCJ y envía señales al controlador ubicado en el TDCJ para medir la presión de la red contra incendios.

Los métodos de detención del equipo son los siguientes:

- Parada automática: Cuando se alcanza la presión de diseño del sistema, el controlador alojado en el TDCJ debe enviar una señal para detener el equipo para que éste quede operando en modo automático.
- Parada de emergencia: A través de una botonera de emergencia, la cual debe enviar una señal al controlador para que desactive el funcionamiento normal de la bomba.

Para asegurar un funcionamiento correcto de la LBJ, hay que verificar lo siguiente:

- Las válvulas de mariposa de la LBJ están en posición completamente abierta.
- Las válvulas de globo de la línea de control de la bomba Jockey se encuentran cerradas.

5.2.8.2. Línea de pruebas (LP)

5.2.8.2.1. General

La línea de pruebas consiste en tuberías de Acero A36, las que transportan agua desde la descarga de la bomba contra incendios 0710-BBA-01 hasta el estanque de suministro de agua o bien hacia un desagüe; según las especificaciones del mandante. La tubería de pruebas cuenta con un medidor de flujo tipo Venturi 0710-FI-01 y dos válvulas de mariposa electro actuadas 0710-VM-02 y 0710-VM-03.

Los límites de batería de la línea de pruebas son los siguientes:

- Desde: Empalme de la línea 4 con las línea 1.
- Hasta: Válvula de mariposa 0710-VM-03.

Los equipos utilizados en ésta línea se detallan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Equipos de control en Línea de pruebas.

Equipo	Cantidad [un]	TAG	Descripción General
Flujómetro Venturi	1	0710-FI-01	Medidor de flujo tipo Venturi para pruebas de caudal
Válvula de mariposa	2	0710-VM-02 / 0710-VM-03	Válvulas de mariposa electro actuadas para aislamiento de 0710-FI-01

5.2.8.2.2. Operación y enclavamientos para 0710-FI-01 y 0710-VM-01/02

La bomba 0710-BBA-01 bombea agua desde el suministro hacia la LP, ésta pasa por los equipos de la línea y una vez que ha pasado por 0710-FI-01 se puede medir el caudal con el que la bomba está funcionando; el agua utilizada luego puede devolverse al depósito de suministro de agua o bien puede ir al desagüe, según lo estime conveniente el mandante.

Para realizar mediciones de prueba de caudal, éstas pueden realizarse de dos modos; uno es de manera manual y el otro de manera automática.

En el caso de las pruebas de forma manual se debe, primero, utilizar el selector del TDC de la bomba contra incendios para poner el funcionamiento de ésta de manera manual. Posteriormente, se deben cerrar, de forma manual, la válvula de mariposa de la LBCI 0710-VM-01 para evitar que el agua salga por la línea de descarga y, a su vez, deben abrirse las válvulas de mariposa 0710-VM-02 y 0710-VM-03 para que el agua pase por la LP y pueda ser medida por el flujómetro 0710-FI-01.

El sistema de bombas debe configurarse para realizar una prueba de caudal de manera semanal, con el fin de verificar el correcto funcionamiento de los componentes impulsores de la bomba. Para esto el selector del TDC de la bomba contra incendios debe encontrarse en modo automático.

Para la realización de la prueba de caudal semanal, el controlador de la bomba contra incendios debe enviar una señal al medio iniciador del motor (0710-MD-01 / 0710-ME-01), que impulsa la bomba contra incendios 0710-BBA-01, para que encienda el equipo y haga circular flujo por la bomba. A su vez, el controlador también debe enviar una señal a los actuadores de las válvulas

0710-VM-02/03 para que se abran completamente, así como al actuador de la válvula 0710-VM-01 para que ésta se cierre. El tiempo de la prueba semanal no debe ser inferior a 10 minutos (30 minutos en el caso de motores diesel).

Una vez transcurrido el tiempo de prueba el controlador debe enviar una señal al medio iniciador del motor (0710-MD-01 / 0710-ME-01), que impulsa la bomba contra incendios 0710-BBA-01, para que detenga el equipo y deje de circular flujo de agua por la bomba. A su vez, el controlador también debe enviar una señal a los actuadores de las válvulas 0710-VM-02/03 para que se cierren completamente, así como al actuador de la válvula 0710-VM-01 para que ésta se abra por completo y el sistema quede funcionando en modo automático nuevamente.

La prueba de caudal semanal debe realizarse en un horario en que se encuentre gente disponible en la planta para accionar los botones de partida de emergencia en el TDCE/TDCD, en caso de solicitarse el sistema de bombeo para impulsar agua hacia la red de emergencias. De ser así, el controlador debe suspender la prueba semanal y comenzar a funcionar de manera automática para alimentar la red contra incendios. Para esto debe cumplirse la misma lógica que en el punto anterior, excepto que el controlador no debe enviar una señal al motor impulsor de la bomba para detener su funcionamiento; sino que este debe seguir funcionando.

Si existe algún otro modo de activación del sistema de bombeo distinto al de caída de presión, como pueden ser detectores de humo o una señal desde un panel de control remoto, el controlador debe funcionar como se describe en el punto anterior.

5.2.8.3. Línea de bomba contra incendios impulsada por motor diesel (LBCID)

5.2.8.3.1. General

Esta línea corresponde a la línea principal del sistema de bombeo, es una tubería de acero A36 que contempla entremedio a la bomba contra incendios 0710-BBA-01, la que alimenta a la red de incendios cuando la caída de presión es mayor a la que puede sostener la bomba Jockey. Además se encuentra la válvula de mariposa 0710-VM-01 que debe ser cerrada sólo para pruebas de caudal de la bomba contra incendios.

Dentro de la LBCID también se considera la línea de control de bomba diesel, una tubería de cobre tipo k, la cual contempla un grabador de presión 0710-PRT-01, y un transductor de presión 0710-PT-01 al final de la línea para monitorear la presión en todo momento y enviársela al controlador.

Finalmente, se considera también parte de la LBCID el motor diesel 0710-MD-01 y todos los componentes necesarios para que éste opere de manera correcta. El sistema de motor diesel dispone de un interruptor de velocidad alta 0710-SSH-01 en el eje para detectar cuando el motor está sobre revolucionado, también contiene un switch de presión baja 0710-PSL-01 para detectar presiones críticamente bajas en el lubricante del motor.

Por último, es necesario suministrar combustible para que el motor pueda funcionar, para esto se utiliza un estanque de combustible 0710-TK-01, el que cuenta con un indicador de nivel 0710-LI-01 para inspección visual del nivel de combustible y con un switch de nivel bajo, ajustado a 2/3 de la capacidad del estanque. Además, cuenta con sus respectivas tuberías de alimentación de motor diesel y de retorno de éste.

Los límites de batería de la LBCID son los siguientes:

- Desde: Entrada de la tubería de succión, en brida de acople con el suministro de agua.
- Hasta: Salida de la tubería de descarga, en brida de acople con la red de incendios.

Los equipos utilizados en ésta línea se detallan en la tabla 5.3.

Tabla 5.3: Equipos de control en Línea de bomba contra incendios diesel.

Equipo	Cantidad [un]	TAG	Descripción General
Bomba contra incendios	1	0710-BBA-01	Bomba centrífuga de carcasa bipartida
Grabador de presión	1	0710-PRT-01	Grabador de presión a la entrada del TDCE
Transductor de presión	1	0710-PT-01	Transductor de presión de línea de control
Motor Eléctrico	1	0710-ME-01	Motor impulsor de la bomba contra incendios
Switch de tensión	3	0710-ES-01 / 0710-ES-02 / 0710-ES-03	Switch de tensión ajustado en alta y baja para medición de voltaje de fases de fuente de energía normal
Switch de velocidad	1	0710-SSH-01	Switch de velocidad ajustado en alta en el eje del motor
Transmisor de frecuencia	1	0710-ST-01	Transmisor de frecuencia para monitorear frecuencia de una de las fases del generador diesel
Transmisor de tensión	3	0710-ET-01	Transmisor de tensión eléctrica para monitorear el voltaje de las fases del generador diesel
Válvula de mariposa	1	0710-VM-01	Válvulas de mariposa electro actuadas para aislamiento de 0710-FI-01

5.2.8.3.2. Operación y enclavamientos para MD-01, BBA-01, PT-01, ES-01/02, PS-01 y SS-01

La bomba 0710-BBA-01 es la encargada de bombear el agua desde el suministro hacia la red de incendios con un caudal y presión adecuados en caso de requerirse por una emergencia. Para poner en funcionamiento la bomba, se necesita que el motor impulsor de ésta comience a operar. Hay dos formas de funcionamiento para el motor (por lo tanto para la bomba), una a través de la operación manual y otra de manera automática. En el TDCD hay un selector, el cual tiene tres posiciones: Manual-Automático-Neutro. Dependiendo de cómo se quiera operar la máquina, debe seleccionarse el modo que más se adecue a las necesidades del usuario; sin embargo el sistema debe enclavarse en modo automático siempre que no se estén realizando pruebas de algún tipo, mantención de los equipos de la sala o cualquier otro tipo de operación que requiera que el sistema se opere de forma manual.

El funcionamiento automático puede ser activado de dos formas:

- Por medición de presión en la red contra incendios.
- De manera remota, ya sea por un panel de control remoto, o bien por dispositivos de detección de incendios.

Para el funcionamiento automático por presión, el transductor de presión 0710-PT-01 debe detectar cuando la caída de presión del sistema supera 15 psi, en cuyo caso se debe enviar una señal al controlador de la bomba contra incendios para que inicie los ciclos de arranque del motor diesel 0710-MD-01. Esta señal de arranque debe ser retardada para evitar posibles fallas en la lectura del transductor o bien caídas de presión en donde la bomba Jockey pueda recuperar la presión de la línea. En caso de que la bomba contra incendios ya se encuentre funcionando, el accionamiento por presión no debe interrumpir su funcionamiento.

Para poder operar el motor de forma manual se debe disponer el selector de funcionamiento ubicado en el exterior del TDCD en modo manual. Cuando la bomba está bajo esta condición, sólo puede detenerse el equipo de manera manual. Para dar arranque al motor se dispone de una

botonera de encendido de motor, la cual le envía una señal al controlador de la bomba para que de inicio a los ciclos de arranque del motor, descritos a continuación. En caso de querer detener el funcionamiento se realiza mediante un botón para parada de emergencias, o bien cambiando la opción del selector a modo neutro. Cuando la bomba contra incendios se encuentra funcionando en modo manual no puede verse afectada por el accionamiento automático de presión.

La configuración de arranque de motor debe ser como se describe a continuación:

- a) La corriente de arranque es suministrada primero por medio de una de las dos baterías, en un arranque sucesivo se debe utilizar la otra batería para dar arranque al motor y así sucesivamente se van alternando los arranques del motor.
- b) En caso de que el motor no arranque después de finalizar su intento de iniciar el ciclo, el controlador detiene los sucesivos arranques de motor y hace funcionar un indicador visible y una señal audible en el controlador.
- c) El ciclo de arranque debe ser fijo y consiste en seis períodos de arranque de motor con 15 segundos de duración separados por cinco períodos de descanso, de 15 segundos de duración.
- d) En caso de que una de las dos baterías quede inoperable durante los intentos de arranque, el controlador debe enclavar los arranques con la batería adicional que queda disponible.

Para el monitoreo de las baterías, se utilizan switch de voltaje ajustados en baja 0710-ES-01/02, los cuales deben enviar una señal al controlador cuando el voltaje de éstas descienda de 8 volts. La señal debe activar una luz piloto en el TDCD y una alarma audible.

Para que el sistema de arranque de motor opere de manera correcta, se deben verificar las siguientes condiciones:

- Cada motor de arranque está conectado a una de las dos baterías del sistema de manera independiente (1 batería por motor).
- Cada motor de arranque cuenta con un relé de solenoide integral, sobre el cual actúa el controlador para dar inicio al motor.

Otra condición que se debe monitorear en el equipo 0710-MD-01 es la presión del aceite de lubricación, para esto se utiliza el switch de presión 0710-PS-01 calibrado en baja presión, la cual está determinada por el fabricante del motor. Cuando la presión del lubricante del motor cae por debajo de este valor, el switch de presión 0710-PS-01 debe enviar una señal al controlador, el que a su vez debe activar una luz piloto en el TDCD y una alarma audible.

La velocidad del motor diesel no puede sobrepasar en más de un 20% la velocidad nominal para la que fue seleccionado el equipo. Para medir esta condición, se utiliza un switch de velocidad 0710-SS-01 ajustado en alta para que envíe una señal al controlador de la bomba contra incendios. El controlador debe enviar una señal para activar una luz piloto en el TDCD que avise de esta situación en conjunto con una alarma audible, además debe ser capaz de detener el funcionamiento del motor y no permitir nuevas operaciones de éste hasta que se realice un reajuste manual y se reajuste el selector del TDCD a modo neutro; para luego volver a dejarlo con selección automática o manual, según los requerimientos de la situación.

El motor diesel 0710-MD-01 no debe apagarse por señales de: Alta temperatura, Presión críticamente baja del aceite lubricante o temperatura del motor alta/baja. Lo anterior no se aplica cuando el motor está realizando la prueba semanal, o pruebas de manera manual; de ser así el controlador debe tener la capacidad de desactivar el equipo.

5.2.8.3.3. Operación y enclavamientos de 0710-TK-01 y 0710-LS-01

El estanque de combustible diesel 0710-TK-01 alimenta al motor diesel para que éste pueda mantenerse operando por las horas exigidas por la norma. Debe ser rellenado cuando la capacidad de éste baje del 66 %, en cuyo caso el switch de nivel bajo 0710-LS-01 debe emitir una señal hacia el controlador del TDCD, el cual debe activar una luz piloto en el TDCD y una alarma audible. Además de éste switch de nivel, el estanque diesel cuenta con un indicador de nivel para poder realizar inspecciones visuales de éste y comprobar el nivel cuando se está rellenando de combustible.

Para un correcto funcionamiento del sistema del estanque de combustible debe verificarse que la válvula de mariposa 0710-VM-07 se encuentre siempre en posición completamente abierta.

5.2.8.3.4. Operación y enclavamientos de 0710-IC-01 y 0710-TT-01

Por el intercambiador de calor 0710-IC-01 pasan dos líneas de tuberías, la primera proveniente de la descarga de la bomba, que termina en drenaje, y la línea del líquido refrigerante del motor diesel; la cual recircula por el sistema y es la encargada de mantener la temperatura del motor 0710-MD-01 en un nivel aceptable para su funcionamiento. Para saber si la temperatura del líquido refrigerante es lo suficientemente baja como para que el motor pueda mantenerse en su rango de operación se inspecciona la temperatura en la descarga del líquido, luego de pasar por el motor diesel, a través de un transmisor de temperatura 0710-TT-01; el que debe estar ajustado a alta y baja temperatura según los rangos operacionales el motor. En caso de que la temperatura sea superior o inferior al límite establecido, el transmisor de presión debe enviarle una señal al controlador de la bomba diesel para que éste emita una señal de luz piloto en el TDCD y una alarma audible. En el caso de que la bomba BBA-01 se encuentre realizando pruebas de caudal, el controlador debe ser capaz de detener el motor diesel.

5.2.8.4. Línea de bomba contra incendios impulsada por motor eléctrico (LBCIE)

5.2.8.4.1. General

Esta línea corresponde a la línea principal del sistema de bombeo, es una tubería de acero A36 que contempla entremedio a la bomba contra incendios 0710-BBA-01, que alimenta a la red de incendios cuando la caída de presión es mayor a la que puede sostener la bomba Jockey. Además se encuentra la válvula de mariposa 0710-VM-01 que debe ser cerrada sólo para pruebas de caudal de la bomba contra incendios.

Dentro de la LBCIE, también se considera la línea de control de bomba eléctrica, una tubería de cobre tipo k, la cual contempla un grabador de presión 0710-PRT-01 y un transductor de presión 0710-PT-01 al final de la línea para monitorear la presión en todo momento y enviársela al controlador.

Finalmente, se considera también parte de la LBCIE el motor eléctrico 0710-ME-01 y todos los componentes necesarios para que éste opere de manera correcta, es decir el TDCE, el TIT y el generador auxiliar.

Dentro del TIT se encuentran: el interruptor de transferencia, el cual controla con qué fuente de energía se alimenta el motor eléctrico; los switches de tensión eléctrica en alta y baja 0710-ES-01/02/03 para monitorear cada una de las fases de la fuente de energía normal, los transmisores de tensión 0710-ET-01/02/03 para monitorear las fases del generador eléctrico y un transmisor de frecuencia 0710-SS-02 para monitorear la frecuencia de una de las fases del generador diesel.

El sistema de motor eléctrico dispone de un interruptor de velocidad alta 0710-SSH-01 en el

eje, para detectar cuando el motor está sobre revolucionado.

Los límites de batería de la LBCID son los siguientes:

- Desde: Entrada de la tubería de succión, en brida de acople con el suministro de agua.
- Hasta: Salida de la tubería de descarga, en brida de acople con la red de incendios.

Los equipos utilizados en ésta línea se detallan en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Equipos de control en Línea de bomba eléctrica contra incendios.

Equipo	Cantidad [un]	TAG	Descripción General
Bomba contra incendios	1	0710-BBA-01	Bomba centrífuga de carcasa bipartida
Grabador de presión	1	0710-PRT-01	Grabador de presión a la entrada del TDCE
Transductor de presión	1	0710-PT-01	Transductor de presión de línea de control
Motor Eléctrico	1	0710-ME-01	Motor impulsor de la bomba contra incendios
Switch de tensión	3	0710-ES-01 / 0710-ES-02 / 0710-ES-03	Switch de tensión ajustado en alta y baja para medición de voltaje de fases de fuente de energía normal
Switch de velocidad	1	0710-SSH-01	Switch de velocidad ajustado en alta en el eje del motor
Transmisor de frecuencia	1	0710-ST-01	Transmisor de frecuencia para monitorear frecuencia de una de las fases del generador diesel
Transmisor de tensión	3	0710-ET-01	Transmisor de tensión eléctrica para monitorear el voltaje de las fases del generador diesel
Válvula de mariposa	1	0710-VM-01	Válvula de mariposa electro actuada para aislamiento de 0710-FI-01

5.2.8.4.2. Operación y enclavamientos de 0710-ME-01, 0710-BBA-01, 0710-PT-01, 0710-SS-01

La bomba 0710-BBA-01 es la encargada de bombear el agua desde el suministro hacia la red de incendios con un caudal y presión adecuados en caso de requerirse por una emergencia. Para poner en funcionamiento la bomba, se necesita que el motor impulsor de ésta comience a operar. Hay dos formas de funcionamiento para el motor (por lo tanto para la bomba), una a través de la operación manual y otra de manera automática. En el TDCE hay un selector, que tiene tres posiciones: Manual-Automático-Neutro. Dependiendo de cómo se quiera operar la máquina debe seleccionarse el modo que más se adecue a las necesidades del usuario, sin embargo el sistema debe enclavarse en modo automático siempre que no se estén realizando pruebas de algún tipo, mantención de los equipos de la sala o cualquier otro tipo de operación que requiera que el sistema se opere de forma manual.

El funcionamiento automático puede ser activado de dos formas:

- a) Por medición de presión en la red contra incendios.
- b) De manera remota, ya sea por un panel de control remoto; o bien por dispositivos de detección de incendios.

Para el funcionamiento automático por presión el transductor de presión 0710-PT-01 debe detectar cuando la caída de presión del sistema supera 15 psi, en cuyo caso se debe enviar una señal al controlador de la bomba contra incendios. El controlador de la bomba debe tener la capacidad de enviar una señal de partida al switch ubicado en el TDCE, el cual cierra el circuito que da paso a la corriente hacia el motor eléctrico 0710-ME-01, independiente de cual fuente de energía provenga, y lo pone en funcionamiento. En caso de que se active el motor de manera automática mediante dispositivos remotos, debe obedecer la misma lógica de control.

El apagado automático luego de un arranque automático no está permitido por ser la bomba el único abastecimiento para los rociadores de la red de incendios.

Para poder operar el motor de forma manual se debe disponer del selector de funcionamiento, ubicado en el exterior del TDCE, en modo manual. Cuando la bomba está bajo esta condición sólo puede detenerse el equipo de manera manual. Para dar arranque al motor se dispone de una botonera de encendido de motor, la cual le envía una señal al controlador de la bomba para que este envíe la señal de encendido de motor al switch del TDCE como se describió anteriormente. En caso de querer detener el funcionamiento se realiza mediante un botón para parada de emergencias o bien cambiando la opción del selector a modo neutro. Cuando la bomba contra incendios se encuentra funcionando en modo manual, no puede verse afectada por el accionamiento automático de presión.

El TDCE debe estar equipado con una manilla de funcionamiento de emergencia que sirva para cerrar mecánicamente el mecanismo del switch del circuito del motor ME-01. Ésta palanca debe brindar un funcionamiento continuo y no verse afectada por otros medios iniciadores de la bomba, además debe ser capaz de enclavarse sólo en la posición de totalmente abierto, en caso contrario la manilla debe volver a su posición inicial (apagado); lo que abre el mecanismo de encendido del motor.

Cuando el controlador envía la señal de partida al interruptor del motor eléctrico, también debe enviar una señal al generador 0710-GD-01 para iniciar su funcionamiento para que así esté disponible cuando se le solicite.

La configuración de arranque de motor debe cumplir lo siguiente:

- El período de aceleración del motor no debe superar 10 segundos.
- Los resistores de arranque deben diseñarse para permitir una operación de arranque de 5 segundos, cada 80 segundos.
- La partida del motor debe ser del tipo estrella-delta, a través de la configuración del controlador y la correcta conexión de los circuitos en el contactor del motor.
- Para el accionamiento del motor, éste debe partir con una configuración de estrella, lo que iniciará el motor con aproximadamente un 33 % de la corriente nominal del motor; y un 33 % del torque nominal. Una vez transcurrido un tiempo prudente, la configuración debe cambiar a modo delta de manera automática; lo que da paso a la totalidad del voltaje sobre los devanados del motor, proporcionando el torque nominal para el que fue diseñado el equipo.

La velocidad del motor eléctrico no puede sobrepasar en más de un 20 % la velocidad nominal para la que fue seleccionado el equipo. Para medir esta condición se utiliza un switch de velocidad 0710-SS-01 ajustado en alta para que envíe una señal al controlador de la bomba contra incendios. El controlador debe enviar una señal para activar una luz piloto en el TDCE, que avisa de esta situación; en conjunto con una alarma audible, además debe ser capaz de detener el funcionamiento del motor; luego de la parada el sistema debe volver a operar de manera automática.

5.2.8.4.3. Operación y enclavamientos de 0710-ES-01/02/03, 0710-ET-01/02/03, 0710-S-T-01 y 0710-GD-01

Para un correcto funcionamiento del motor eléctrico 0710-ME-01 debe contarse con un interruptor de transferencia, ubicado dentro del TIT. Para el correcto desempeño de éste interruptor se deben monitorear los sub voltajes de las 3 fases de la fuente normal de energía mediante los switch de tensión baja y alta 0710-ES-01/02/03, en caso de que alguna de estas fases baje de un 85 %

del valor nominal de voltaje, se debe enviar una señal eléctrica al controlador ubicado en el TD-CE para que éste accione el interruptor de transferencia y el sistema comience a funcionar con la fuente alternativa de energía 0710-GD-01. En caso de estar funcionando con la fuente alternativa de energía, los switch de tensión deben enviar una señal al controlador de la bomba eléctrica cuando el voltaje de las 3 fases de la fuente de energía normal haya vuelto a la normalidad. El controlador debe ser capaz de accionar el interruptor de transferencia para que el sistema vuelva a funcionar con la fuente de energía normal.

Los transmisores de tensión eléctrica 0710-ET-01/02/03 deben supervisar las fases del generador eléctrico, el transmisor de frecuencia 0710-ST-01 debe supervisar la frecuencia de una de las fases del generador eléctrico. Cuando una de las 3 fases no tiene la frecuencia correcta, o el voltaje necesario para alimentar al motor eléctrico, el controlador no debe permitir la transferencia de energía hacia la fuente alternativa de energía. Para esto cuando los transmisores de tensión o el de frecuencia detecten una anomalía, se debe enviar una señal al controlador para inhibir el accionamiento del interruptor de transferencia a la posición del generador diesel. Cuando las tres fases vuelvan a los valores aceptables, se debe permitir la transferencia de energía hacia la fuente alternativa.

Para el correcto funcionamiento del interruptor de transferencia debe verificarse lo siguiente:

- El interruptor de aislamiento, tanto de la fuente normal como de la alternativa, está enclavado en la posición cerrada (Modo normal).
- Los disyuntores, tanto de la fuente de energía normal como de la alternativa, están en posición cerrada (Modo normal).

5.3. Procedimientos de Fabricación y construcción

5.3.1. Descripción de la casa de bombas genérica

Es esta sección se desarrolla una descripción general del sistema constructivo y de los componentes principales del proyecto. Estos corresponden a la estructura de la casa de bombas, el layout de los equipos, el piping del habitáculo y el bastidor de las bombas.

5.3.1.1. Descripción de la estructura tipo container

Las casas de bombas genéricas corresponden a una serie de equipos destinados al correcto funcionamiento de la bomba contra incendios y a mantener la presión de diseño en la red contra incendios, de la infraestructura que se desea resguardar. Para contener todos los equipos en un mismo habitáculo, transportarlos e instalarlos, se diseña una estructura tipo container.

El sistema constructivo del habitáculo está compuesto por una estructura metálica de perfiles de acero al Carbono A42-27 ES soldados entre sí, utilizados como vigas y columnas, y revestimientos con paneles ignífugos para los muros y el techo.

La estructura consta de un bastidor base (distinto al bastidor para bombas) compuesto por el marco perimetral y por viguetas. Este bastidor sirve como la base de la estructura general, además de utilizarse para instalar planchas de terciado estructural de 18mm como piso de la misma.

Para los muros de la casa de bombas, se utilizan perfiles cuadrados como columnas, las que van unidas entre si por las vigas del techo, formándose así 3 marcos principales. Entre cada uno de éstos se sueldan perfiles en L para ayudar a la estabilidad de la estructura y facilitar la instalación de los paneles de Isopol de 50 mm como revestimiento de la estructura, debido a que cuenta con protección ignífuga. Además del revestimiento, la casa de bombas cuenta con dos celosías, una en cada uno de los muros laterales de la estructura.

La casa de bombas cuenta con dos entradas, una por la cara frontal y otra por la posterior. En el caso de la entrada frontal, se compone de dos puertas correderas desmontables para facilitar el ingreso de lo equipos. En el caso de la entrada posterior o de servicio se utiliza una puerta con visagra.

ancho largo alto

El techo de la estructura se compone de las vigas, que forman los marcos principales, y por costaneras que tienen como función soportar la carga de nieve (en el supuesto caso de que así ocurra). Sobre la estructura de acero del techo se instalan paneles de Kevpol de 50 mm, que al igual que el Isopol tiene propiedades ignífugas como las requeridas por norma.

El diseño de estas casas de bombas contempla dos tamaños distintos, uno para la casa de bombas de 2.000 gpm impulsada por motor diesel ($4,197 \times 3 \times 2,750 \text{ m}^3$), y otro para las otras 5 configuraciones ($3,797 \times 3 \times 2,750 \text{ m}^3$). El ancho de las estructuras se mantiene constante, mientras que el largo de éstas varía en 400 mm. En la figura 5.6 se muestra el habitáculo tipo con las medidas para las bombas de 500 y 750 gpm de capacidad, tanto diesel como eléctrica, y para la bomba de 2.000 gpm impulsada por motor eléctrico.

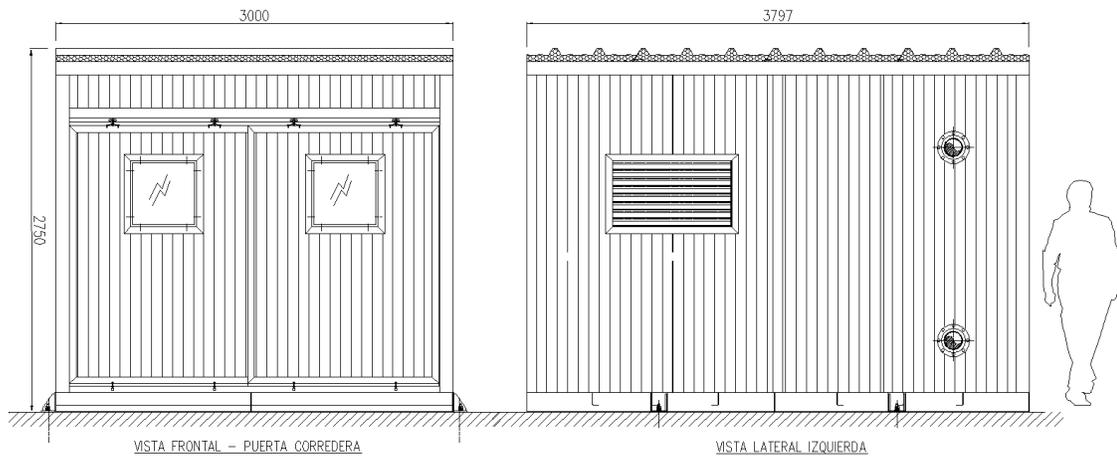
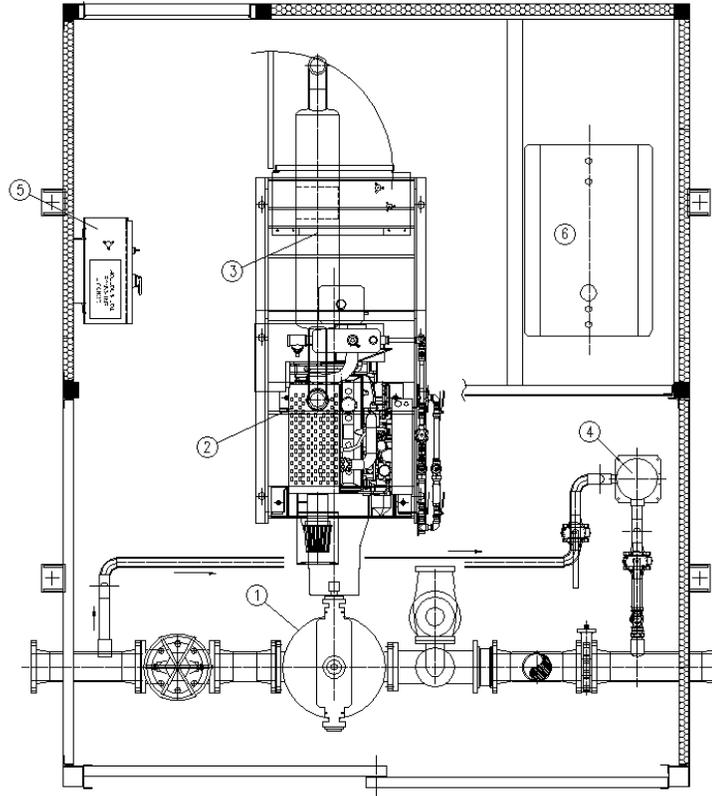


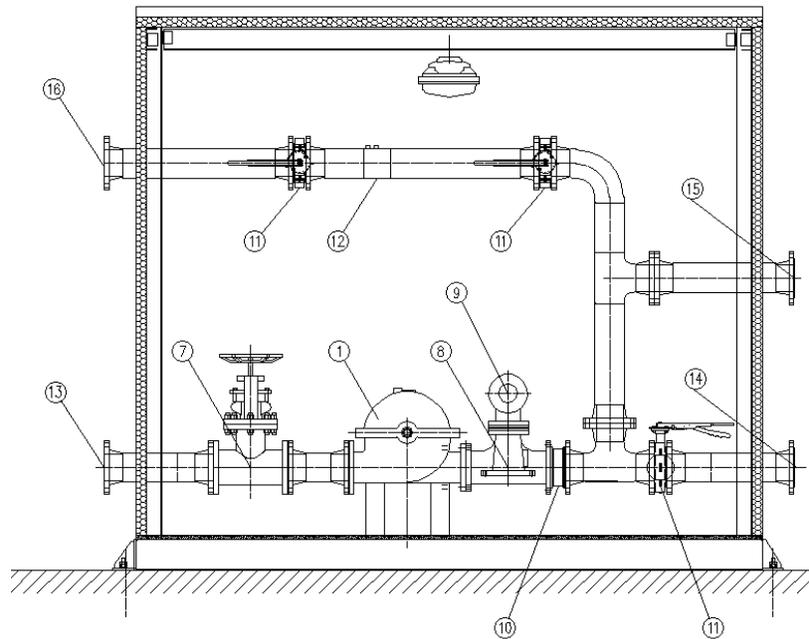
Figura 5.6: Esquema de estructura tipo container para bombas estacionarias para SPCI [Fuente: Elaboración Propia].

5.3.1.2. Distribución de componentes al interior del cuarto

La distribución de los equipos de casas de bombeo tipo se muestra en la figura 5.7, cada uno de los componentes principales se encuentran listados en la tabla 5.5.



VISTA EN PLANTA – UBICACIÓN EQUIPOS



ELEVACIÓN – DISTRIBUCIÓN PIPING

Figura 5.7: Componentes de Sala de bombeo tipo [Fuente: Elaboración Propia].

Tabla 5.5: Listado de componentes principales de sala de bombas tipo.

Número	Componente
1	Bomba contra incendios
2	Motor impulsor de bomba principal
3	Tablero de control bomba principal
4	Bomba Jockey
5	Tablero de control bomba Jockey
6	Estanque de combustible / Generador
7	Válvula de compuerta OS&Y
8	Tee de expansión
9	Válvula de alivio de presión
10	Válvula Check
11	Válvulas de mariposa
12	Tubo Venturi
13	Brida de Succión
14	Brida de Descarga
15	Brida de válvulas de manguera
16	Brida de pruebas

5.3.1.3. Descripción del piping de casas de bombeo tipo

El piping de las casas de bombas tiene tres partes principales: Línea principal, Línea de pruebas y Línea de bomba Jockey. Las tres líneas son descritas a continuación, señalándose cada uno de los componentes de la figura 5.7.

La línea principal consiste en la tubería de succión, donde va ubicada una válvula de compuerta tipo vástago ascendente(7) previo a la succión de la bomba y el cono de reducción excéntrico (de ser necesario). En la tubería de descarga se cuenta con una Tee de expansión(8), por una de las bridas se conecta la válvula de alivio de presión(9), y por la otra salida se conecta una válvula check(10), la que va a presión entre las bridas de la Tee de expansión y la Tee de desviación hacia la línea de pruebas. Luego de la Tee de desviación, la línea de descarga cuenta con una válvula de mariposa(11).

La línea de pruebas corresponde a la cañería que deriva de la Tee de desviación hacia la línea de pruebas. Consiste en una cañería, seguida de una Tee, la cual por una de sus bridas deriva en la cañería para conectar las válvulas de manguera (15). Por el otro lado de la Tee la cañería sigue hacia la línea de pruebas de caudal(16), la cual consiste en un tubo de Venturi(12) para medición de caudal, que está contenido entre dos válvulas de mariposa(11).

La línea de bomba Jockey consiste en una cañería de 2" de diámetro nominal (Para cualquiera de los tamaños de casa de bomba), la cual tiene una válvula de mariposa en la tubería de succión, una válvula check inmediatamente después de la descarga de la bomba Jockey y una válvula de mariposa entre la válvula check y la descargada e la bomba principal.

5.3.1.4. Descripción del bastidor para bombas

Los bastidores para el conjunto de bombas y motores son una estructura compuesta por vigas UPN 160 de acero al Carbono ASTM A36, la figura 5.8 muestra un ejemplo de bastidor.

El bastidor debe modificarse según el tamaño de la bomba y el motor, así como también el tipo de motor. Los bastidores para bombas impulsadas por motor eléctrico tienen entre 460 y 660 [mm] menos de longitud que sus similares para bombas impulsadas por motor diesel.

Debido a las cargas del peso propio de los equipos, así como también el torque generado por el motor sobre el bastidor, se hace necesario realizar un análisis de elementos finitos para éste elemento en particular.

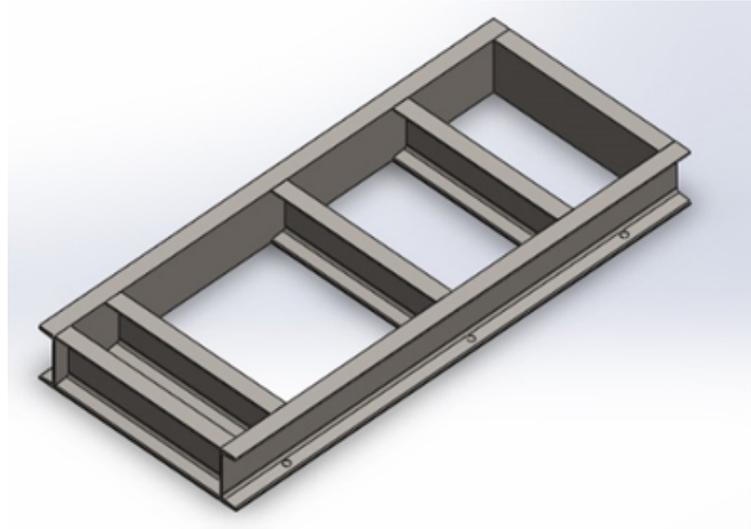


Figura 5.8: Bastidor para conjunto de motor y bomba [Fuente: Elaboración Propia].

5.3.2. Análisis de Bastidor de la Bomba con elementos finitos

A continuación se muestran los resultados para el análisis de esfuerzos en el bastidor del motor y la bomba contra incendios. Para dicho análisis se utiliza el bastidor correspondiente a la bomba y motor diesel de 2.000 gpm, debido a que es el de mayores dimensiones, y a la vez es el que recibe una mayor carga debido al peso de los equipos y al torque generado por el motor. Como todos los bastidores son construidos con los mismos materiales, basta con que el más crítico de éstos no presente falla para que el resto tampoco lo haga, por lo tanto basta con realizar un solo análisis.

Se utiliza un acero estructural ASTM A36 como material para el análisis de elementos finitos. La figura 5.9 muestra un resumen de las propiedades del material utilizado.

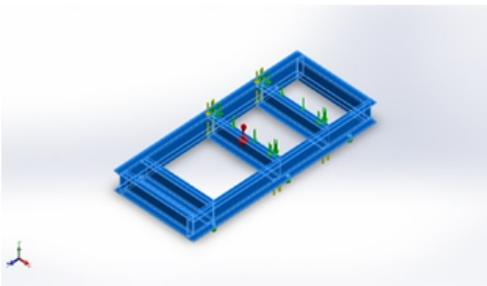
Referencia de modelo	Propiedades
	<p> Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: $2.5e+008 \text{ N/m}^2$ Límite de tracción: $4e+008 \text{ N/m}^2$ Módulo elástico: $2e+011 \text{ N/m}^2$ Coefficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m^3 Módulo cortante: $7.93e+010 \text{ N/m}^2$ </p>

Figura 5.9: Propiedades del material utilizado para la simulación por FEM [Fuente: Elaboración Propia].

Para el análisis de cargas, se utiliza el peso de los respectivos equipos, el que se encuentra distribuido en las vigas principales del bastidor. También se utiliza el peso propio de la estructura de acero. Por último, se descompone el torque en dos fuerzas iguales y opuestas en los extremos de las vigas principales que simulan el torque propio que ejerce el motor sobre el bastidor. Para simular los pernos que mantienen el bastidor en la base de la casa de bombas se utilizan condiciones de rodillo en cada uno de los 6 agujeros del bastidor, exceptuando uno de ellos, el cual debe tener condiciones de empotramiento para lograr la convergencia de la solución. La figura 5.10 muestra las condiciones de carga del problema descrito.

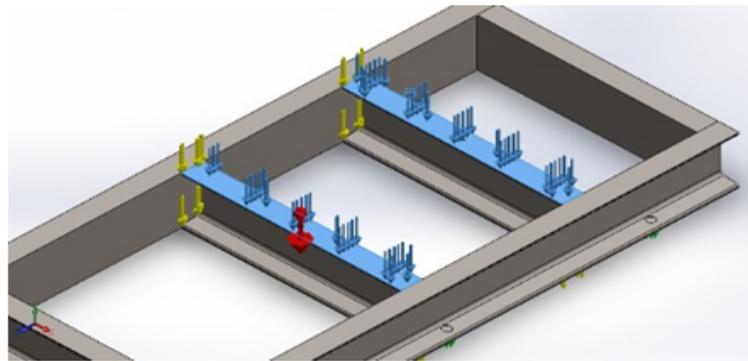


Figura 5.10: Cargas utilizadas para la simulación por FEM [Fuente: Elaboración Propia].

Los resultados muestran los esfuerzos de von Mises en el bastidor de la bomba y el motor diesel. La figura 5.11 muestra los resultados de dichos esfuerzos.

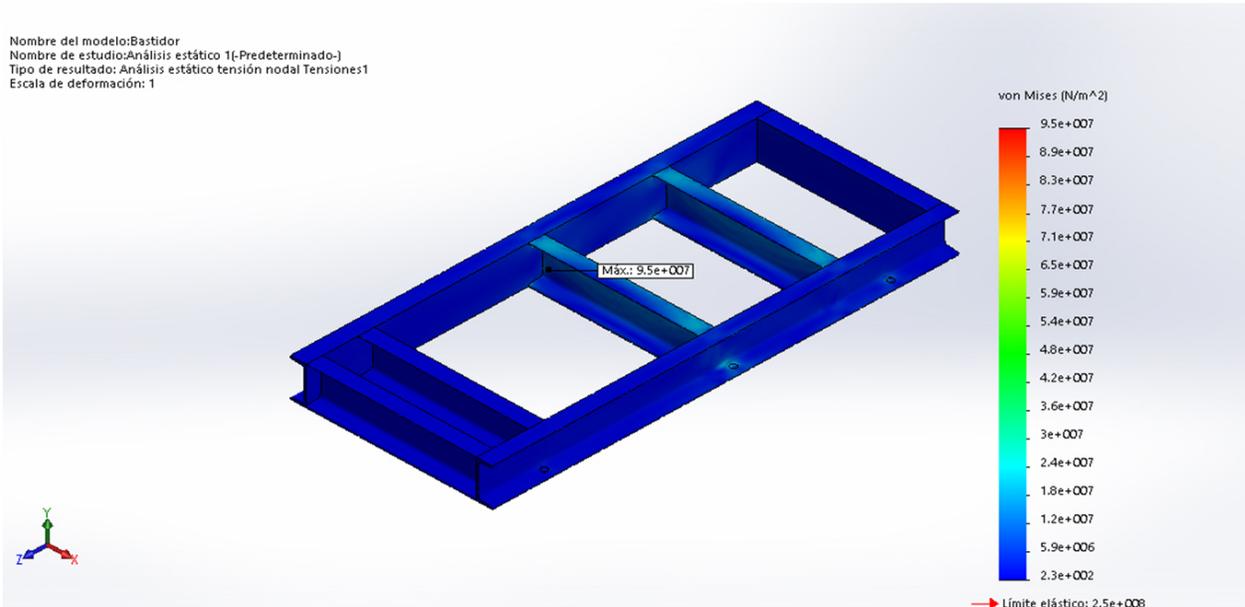


Figura 5.11: Resultados de esfuerzos de Von Mises para bastidor de bomba con capacidad para 2000 GPM [Fuente: Elaboración Propia].

El esfuerzo máximo alcanzado por el bastidor corresponde a 95[MPa] y se encuentra en una de las uniones de las vigas transversales del bastidor con las vigas principales. Debido a que el límite de fluencia del acero A36 es de 250[MPa], el bastidor no falla debido a las cargas del motor en funcionamiento con torque máximo. El factor de seguridad para la estructura es de 2,6.

5.3.3. Cubicación casa de bombas

En el apéndice F se muestra la cubicación para las casas de bombas, ésta se compone de dos documentos. En primero lugar se tienen los componentes internos de la casa de bombas: tuberías, equipos principales, fitting, válvulas, etc. En segundo lugar se tienen los componentes para la estructura de la casa de bombas. La tabla 5.6 muestra un resumen de los pesos totales de las casas de bomba y de los subconjuntos que la componen. En la sección 5.4 se desglosa la estructura de acero donde se aprecian las estructura de piso, de techo, lateral y frontal de la casa de bombas.

Se puede apreciar que las casetas de bombas impulsadas por motor diesel tienen un peso superior al de sus símiles eléctricas. Esto se debe principalmente al peso del bastidor y de los equipos (el motor y el estanque de combustible principalmente).

Tabla 5.6: Resumen del peso de las casas de bomba en kg.

Conjunto	Diesel			Eléctrica		
	500	750	2.000	500	750	2.000
Bastidor	184	184	202	86	95	142
Total de Estructura	745	745	810	745	745	745
Techo de Estructura	127	127	141	127	127	127
Piso de Estructura	274	274	309	274	274	274
Laterales de Estructura	237	237	247	237	237	237
Frontales de Estructura	108	108	114	108	108	108
Equipos	1.119	1.508	2.057	787	997	1.351
Válvulas	206	217	339	166	172	339
Cañerías	121	121	187	116	116	182
Fitting	51	70	153	46	62	153
Bridas	205	260	494	157	195	469
Total Caseta	2.631	3.105	4.241	2.102	2.382	3.380

5.4. Procedimientos de montaje

5.4.1. Procedimientos de Montaje Estructural de Caseta

A continuación se presenta el procedimiento a seguir para el armado estructural de la casa de bombas para SPCI.

Previo al inicio de montaje de la estructura de la caseta es necesario preparar todos los materiales que se van a necesitar, dentro de lo más importante se encuentra el corte y preparación de los distintos perfiles que se van a utilizar, los cuales se encuentran detallados en la sección 5.3; el dimensionamiento y corte de los paneles, tanto de paneles laterales de Isopol como los paneles de techumbre de Kevpol y los paneles para el piso de terciado estructural; armado de elementos perimetrales, como puertas correderas, puerta de acceso principal, celosías, enchufes de conexión eléctrica, etc.; disposición general de elementos de ensamblaje, como los elementos de soldadura, pernos, remaches, etc.

Una vez que todos los materiales se encuentren a disposición de la maestranza que efectúa el trabajo, se procede a la realización del montaje; el cual procede en el siguiente orden: 1. Armado de la estructura base. 2. Armado de la estructura perimetral. 3. Armado de la estructura techo. 4. Terminaciones de la estructura de acero. 5. Armado de revestimientos y 6. Instalación de elementos periféricos.

Para el armado de la estructura se detalla cada uno de los pasos mencionados anteriormente. Se enumera la lista de trabajos que deben ser realizados en el orden de prioridad correspondiente. Las figuras del presente capítulo corresponden a un extracto de los planos de una casa de bombas con capacidad de 500 GPM, sin embargo para casas de mayor tamaño se debe seguir el mismo procedimiento.

5.4.1.1. Armado de la estructura base

La figura 5.12 muestra la estructura de la base de la casa de bombas.

- a) Armar marco perimetral.

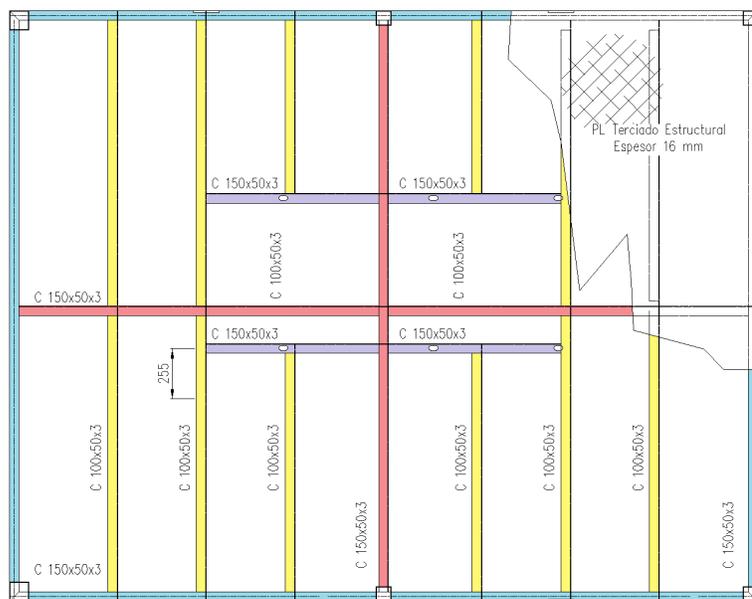


Figura 5.12: Marco base de la estructura de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].

Deben utilizarse los perfiles C 150x50x3 (Azul), correspondientes al marco de la estructura base, los cuales deben tener un corte de 45° en los extremos. Se debe disponer los perfiles de manera de formar un rectángulo.

Una vez que los perfiles están puestos de manera correcta, se deben fijar en esta posición, para esto se realizan múltiples pinchazos de soldadura en las uniones de los perfiles, los cuales deben ser suficientes para mantener la rigidez de la estructura mientras se agregan los demás perfiles.

- b) Poner vigas transversales de piso.

Cuando el marco perimetral se encuentra cuadrado, deben agregarse los perfiles C 150x50x3 transversales (Rojo). En primer lugar debe colocarse el perfil de mayor longitud y luego los otros dos que irán perpendiculares a éste en el centro de la estructura. Una vez que se ha medido la posición en las que van los perfiles, se realizan pinchazos de soldadura para garantizar que se mantengan en la posición asignada mientras se siguen agregando los demás elementos estructurales.

- c) Poner costillas y perfiles para bastidores.

Deben agregarse las costillas de la estructura base (Amarillo), además de los perfiles C 150x50x3 (Morado). Una vez que las costillas y los perfiles se encuentren dispuestos en la configuración correcta se debe realizar un pinchazo de soldadura para mantener su posición antes de la soldadura final.

- d) Verificación de geometría.

Una vez que la estructura base se encuentra con todos los perfiles dispuestos en la con-

figuración correcta, se procede a verificar la geometría de la estructura. Para esto deben verificarse que la distancia entre los lados y las diagonales del marco perimetral de la estructura base coincidan, con un margen de error asociado. Además de comprobar geoméricamente el marco perimetral, es importante verificar las costillas y sobre todo los perfiles en C que alojan al bastidor de la bomba y el motor contra incendios (Morado), todo esto mediante el método de medición de lados y diagonales ya mencionado. Una vez que se haya comprobado geoméricamente toda la estructura, se encuentra lista para ser soldada.

e) Soldadura final.

Cuando se comprueba que la geometría de la estructura está correctamente armada, se debe rematar, para esto hay que soldar cada una de las uniones de la estructura base. Se debe contar con un especialista calificado en soldadura para utilizar técnicas de soldadura que no deformen el marco cuando se esté trabajando sobre él. Debe diseñarse un procedimiento de soldadura que minimice la distorsión.

5.4.1.2. Armado de la estructura perimetral

La figura 5.13 muestra una de las vistas laterales de la estructura de la casa de bomba (izquierda) y la vista frontal de la estructura (derecha).

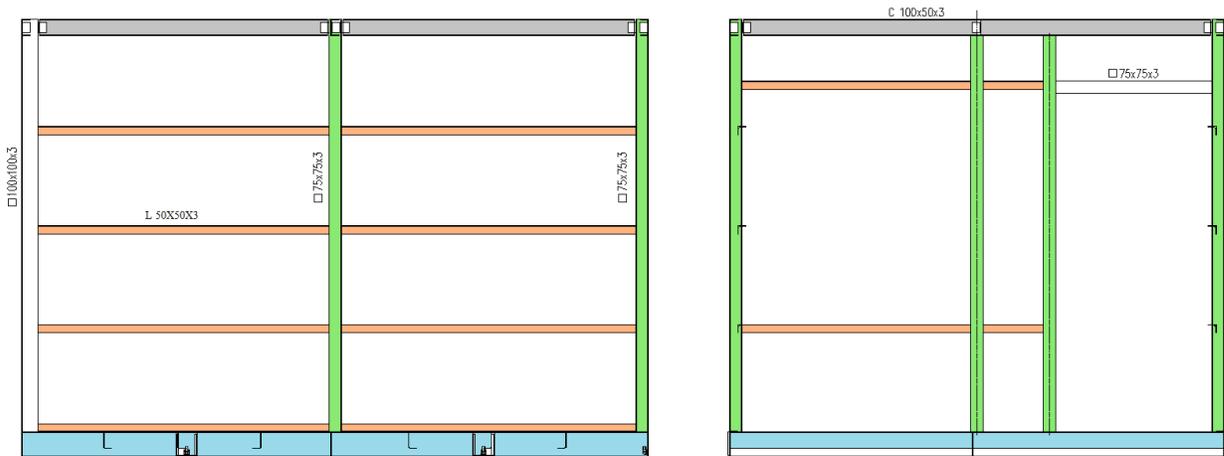


Figura 5.13: Estructura de laterales y de frente de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].

a) Instalar Columnas.

Primero deben instalarse las 6 columnas principales de la estructura, correspondientes a perfiles cuadrados de 75x75x3 (Verdes) y 100x100 (Blancos). Estos pilares se ubican en cada uno de los vértices de la estructura base y en el centro de los paneles laterales (figura 5.13, izquierda). Una vez instalados, deben cuadrarse para que estén verticales con respecto al suelo de la estructura. Cuando estén dispuestos como corresponde se deben realizar múltiples pinchazos de soldadura para mantenerlos en su lugar mientras se instalan las vigas para armar los marcos.

b) Instalar vigas.

Se instalan las vigas de coronamiento que corresponden a perfiles C de 100x50x3. Para esto se deben posicionar en su lugar respectivo con algún medio para ayudar a izar las vigas, una vez posicionadas se cuadran y cuando se encuentran como corresponde se les realiza un pinchazo de soldadura.

c) Instalar perfiles laterales L.

Cuando se han instalado los marcos, se deben agregar los perfiles L de 50x50 (Naranja) que sirven tanto como elemento estructural para darle estabilidad a la armadura de fierros de la casa de bombas, como para soportar los paneles que se instalan una vez que la estructura se encuentra lista.

d) Verificación de geometría.

Una vez que se han instalado todas las columnas y se han formado todos los marcos con sus respectivas vigas, se verifica la geometría de la estructura mediante ángulos, niveles y medidas de diagonales. La estructura completa debe quedar cuadrada antes de rematarla.

e) Soldadura Final.

Se sueldan las uniones de las columnas con las vigas. El trabajo debe ser realizado por un soldador calificado para el trabajo.

5.4.1.3. Armado de la estructura de techo

La figura 5.14 muestra la vista superior de la estructura de la casa de bombas, donde se aprecian las vigas y costaneras del techo de ésta.

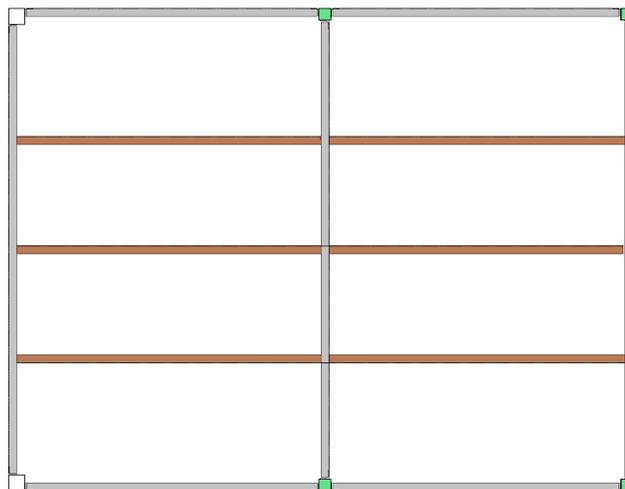


Figura 5.14: Estructura del techo de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].

- a) Preparar uniones de costaneras.

Se deben preparar ángulos para soldar en los extremos de las costaneras (Café), estos sirven para realizar las uniones entre las vigas del techo y las costaneras. Cuando están listos se sueldan a las costaneras y se preparan así los seis perfiles de costanera para ser instalados en la estructura principal.

- b) Montar costaneras.

Se montan las costaneras con ayuda de un mecanismo de izaje. Cuando las costaneras se encuentran en la posición correspondiente se pichan con soldadura para mantenerlos en su posición.

- c) Verificación de geometría.

Cuando esté montada la estructura de techo se corrobora que la geometría sea correcta. De ser necesario se deben corregir las costaneras hasta que éstas se encuentren en la posición correcta.

- d) Soldadura Final.

Se debe soldar las uniones de las costaneras con las vigas del techo para rematar la estructura del techo.

5.4.1.4. Terminaciones

- a) Pulido y pintura.

Debe pulirse toda la estructura, incluyendo los cordones de soldadura, para eliminar cualquier indicio de suciedad, óxido, corrosión, grasa o aceite. Si en el proceso de pulido una superficie vuelve a oxidarse, debe ser tratada nuevamente. Luego del pulido debe limpiarse la superficie con un soplador industrial para eliminar cualquier impureza que pueda quedar impregnada sobre los perfiles de acero. Una vez que la superficie está dispuesta como corresponde, se procede al proceso de pintura, el cual consta de dos capas de pintura, la primera con un agente anticorrosivo y la segunda para el acabado, en base a pintura epóxica.

- b) Revestimientos.

Una vez que la pintura se seca, se debe agregar los recubrimientos a la casa de bombas, esto es: Paneles de terciado estructural para el suelo, seguido de el montaje de los muros de Isopol y finalmente los paneles de Kevpol del techo. Todo esto se realiza según las especificaciones del proveedor de los paneles. La figura 5.15 muestra el acabado de los revestimientos exteriores.

- c) Instalaciones.

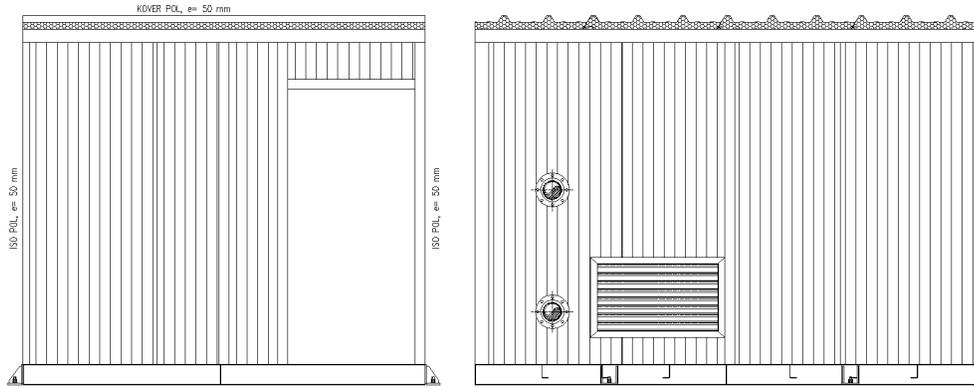


Figura 5.15: Revestimientos de casa de bombas [Fuente: Elaboración Propia].

Ya montada la casa de bombas, se deben instalar los últimos detalles, como la iluminación interior de la casa de bombas, la instalación de las puertas, tanto de las correderas como de la puerta de acceso principal; las celosías y la acometida eléctrica, tanto de 220[V] como de 380[V]. Esto último debe realizarse mediante un profesional certificado especializado en el área eléctrica.

5.4.2. Procedimientos de montaje de equipos en casetas

Para comenzar a realizar el proceso de montaje de los equipos dentro de la casa de bombas, primero debe contarse con la estructura base de la caseta armada en terreno, para luego proceder a instalar todo lo necesario para el correcto funcionamiento del sistema.

El montaje de los equipos consta de dos partes principales, el premontaje de la máquina principal (Motor-Bomba) y la instalación de los equipos dentro de la caseta.

Para poder realizar un montaje eficiente, se recomienda realizar todas las soldaduras de las bridas a las tuberías antes de comenzar el proceso, salvo las bridas que van en el exterior, y por tanto deben ser soldadas una vez instalado el piping.

5.4.2.1. Premontaje del bastidor

- a) Armar bastidor.

Primero se debe armar un bastidor acorde al motor y la bomba contra incendios, al cual deben realizarse las perforaciones para montar los equipos y para montar el bastidor a la caseta de bombeo.

- b) Montar equipos en bastidor.

Una vez que el bastidor está listo, se deben montar los equipos sobre éste; la bomba contra incendios y el motor impulsor. Además se debe conectar ambos por medio de un acople adecuado.

- c) Finalizar premontaje de equipos.

Empernar el motor y la bomba al bastidor, luego comprobar la alineación de ambos equipos y corregir de ser necesario, una vez completado esto se debe torquear los pernos al bastidor.

5.4.2.2. Instalación de equipos en sala de bombas

- a) Introducir bastidor y paneles de control a caseta.

Introducir el bastidor con los equipos instalados al cuarto de bombas, esto según los medios disponibles (grúa horquilla, tecla para izar y luego utilizar rodillos en el piso para desplazar, etc). Una vez que se haya introducido el bastidor, debe empernarse al suelo de la sala de bombas. Adicionalmente, se deben introducir los paneles de control previo a la instalación del piping.

- b) Montar piping de línea principal.

Con el bastidor montado, se arma el piping de la línea principal, es decir, la tubería de succión y la tubería de descarga.

- i) Tubería de succión:

- Se debe instalar primero la tubería que va hacia el suministro de agua, se introduce en la perforación donde luego se suelda la brida para la conexión directa.
- Se instala la válvula de compuerta, la cual va empernada a la tubería de succión y a la brida de succión de la bomba. En caso de requerirse un cono reductor excéntrico, la válvula debe ir instalada entre la tubería de succión y el cono reductor.
- Se monta el manómetro análogo en la succión de la bomba.

- ii) Tubería de descarga:

- Se instala la tubería que va hacia la red de incendios, la cual se introduce en la perforación para la descarga. Luego se suelda la brida para conexión con red de incendios.
- Se monta la válvula de mariposa, la cual va entre la tubería de descarga y la conexión T que va hacia la línea de pruebas. Para montar la válvula de mariposa, se deben introducir pernos pasantes entre la brida de la tubería de descarga y la brida de la conexión T.
- Se realiza el montaje de la válvula check, la que va entre la conexión en T y la brida de descarga de la bomba. Para montar la válvula se debe hacer igual que para la válvula de mariposa.
- En el caso de bombas impulsadas por motor diesel, debe instalarse una conexión en T que tenga la válvula de alivio de presión en una de sus salidas.

- c) Montar piping de línea de pruebas y manguera.

- Montar cañería vertical de línea de pruebas, incluyendo la conexión en T y el codo junto con sus respectivas bridas.

- Montar la tubería de mangueras, introduciéndola en el agujero de la casa de bombas, se debe empernar la brida de la tubería de mangueras con la de la conexión en T. Una vez montada se debe soldar la brida exterior para instalar la válvula de mangueras.
- Instalar la tubería de pruebas de caudal, se instalan ambas válvulas de mariposa, y el tubo venturi, todo el premontaje de esta sección debe realizarse antes de montar la tubería de pruebas. Una vez montado, se debe soldar la brida para la conexión exterior.

d) Alineación de componentes de sala de bombas y empernado.

Cuando todas las cañerías se encuentren montadas, se debe comprobar la alineación entre ellas, así como la alineación de las tuberías con los equipos del bastidor. Una vez que todo se ha alineado correctamente se debe torqupear tanto el bastidor al suelo, como los pernos de las bridas.

e) Montaje de tableros de control y equipos adicionales

Montar los tableros de control en su lugar correspondiente y realizar las instalaciones respectivas, tanto de las líneas de control de presión, como de los equipos dentro de la sala de bombas. Una vez que la instalación se complete, se empernan los tableros de control al piso.

Para finalizar la instalación de los componentes de la sala, se debe realizar una prueba de alimentación de energía de todos los equipos de la sala, tanto de los circuitos de 220 volts, como de los de 380 volts.

Por último, se debe realizar una limpieza exhaustiva a todos los equipos, así como una inspección visual para corroborar que todo se encuentre como se dispuso. Cuando se cumpla esto último, se deben instalar las puertas correderas para finalizar el montaje de la sala de bombas.

5.5. Procedimientos de puesta en servicio

En esta sección se presentan los distintos procedimientos de puesta en servicio necesarios para realizar las pruebas de aceptación de campo, los equipos de medición que se utilizan, los requerimientos en cada una de las pruebas, tanto para los motores como para sus controladores, las pruebas de caudal de la bomba y las consideraciones para futuras mantenciones y pruebas de aceptación de campo.

Para los procedimientos más específicos se enumeran los pasos a seguir para cumplir con las pruebas específicas de confiabilidad que se requieren por la norma NFPA 20.

5.5.1. Equipo necesario para realizar las pruebas de aceptación de campo

Debería ser suministrado por la autoridad competente, el contratista instalador o el fabricante de la bomba, dependiendo de los acuerdos existentes entre las partes mencionadas. El equipo debería incluir, como mínimo:

- a) **Equipo para uso con cabezal de válvula de prueba:** Se debe proveer una manguera forrada de 2,5in de una longitud de 15 metros, incluyendo boquillas para tubería Underwriters Laboratories según sea necesario, para permitir el flujo del volumen de agua requerido. Sin embargo cuando se suministra un medidor de prueba; estos elementos pueden no ser necesarios.
 - b) **Instrumentación:** Los siguientes instrumentos de pruebas deben ser de la más alta calidad, precisos y en buen estado:
 - i) Voltímetro / Amperímetro de tenazas.
 - ii) Manómetros de prueba.
 - iii) Tacómetro.
 - iv) Tubo de Pitot con manómetro (para usar con manguera y boquilla).
 - c) **Calibración de instrumentos:** Todos los instrumentos de prueba deben estar calibrados por una institución de prueba y calibración aprobada, dentro de los doce meses previos a la prueba. La documentación de la calibración debe estar disponible para revisión por parte de la autoridad competente.
- Deben proveerse equipos calibrados para las pruebas de: presiones netas de bomba, caudal de la bomba, voltaje y corriente para bombas accionadas por motor eléctrico.
 - Los manómetros de prueba calibrados deben ser utilizados y deben llevar una etiqueta con la última fecha de calibración. Además deben ser calibrados anualmente como mínimo y mantener un nivel de tolerancia del $\pm 1\%$.
 - Deben cumplirse los requisitos establecidos para los procedimientos y equipos de protección personal de acuerdo con los especificado en NFPA 70E, cuando se trabaje cerca de equipos rotativos o eléctricos energizados.

5.5.2. Pruebas hidrostáticas y descarga de agua

5.5.2.1. Pruebas hidrostáticas

Las tuberías de succión y de descarga deben ponerse a prueba hidrostáticamente a una presión no menor a 200 psi, o a 50 psi por encima de la presión máxima que debe mantener la línea; la que resulte mayor. Esta presión debe mantenerse durante 2 horas. El instalador debe proporcionar un certificado para realizar descargas y pruebas hidrostáticas antes del comienzo de la prueba de aceptación de campo de la bomba contra incendios.

5.5.2.2. Pruebas de descarga de agua

La tubería de succión debe descargar agua a un caudal no menor al indicado en la tabla 5.7 o a la tasa de demanda de agua del sistema calculada hidráulicamente, el que sea mayor. En caso de no cumplirse con el caudal especificado en la tabla, la tasa de agua debe ser lo más próxima al 100 % del caudal nominal de la bomba principal, o bien a la demanda de caudal máxima del/de los sistema(s) de protección contra incendios. Esta prueba debe constituir una prueba aceptable, siempre que el caudal supere lo establecido en el diseño del SPCI.

Tabla 5.7: Caudales mínimos para descarga de tuberías de succión.

Tamaño nominal de la tubería (in)	Caudal (gpm)
1 1/2	85
2	150
3	330
4	590
5	920
6	1.360
8	2.350
10	3.670
12	5.290

5.5.3. Procedimientos de pruebas de aceptación de campo

5.5.3.1. Generalidades

A continuación se presentan las consideraciones a tener en cuenta previo a las pruebas de aceptación de campo.

- El fabricante de la bomba, el motor, el controlador y el interruptor de transferencia, o bien sus representantes, deben estar presentes durante la prueba de aceptación de campo.
- Todo el cableado eléctrico del cuarto de bombas hacia los motores de la bomba contra incendios, debe ser completado y verificado por el contratista electricista, antes de la puesta en marcha inicial y de la prueba de aceptación.
- Los caudales de descarga reales de la bomba contra incendios no ajustados y las presiones especificadas en la instalación, deben cumplir o exceder la demanda del SPCI.
- La bomba contra incendios debe funcionar no menos de 1 hora en total durante todas las pruebas de caudal.
- Deben simularse ambas señales, locales y remotas, y las condiciones de alarma de la bomba contra incendios para demostrar una operación satisfactoria.
- Si bien es deseable alcanzar una condición verdadera de flujo de cierre máximo durante la prueba para comparar con la curva característica de la prueba de la bomba certificada del fabricante, puede no resultar posible en todos los casos. Las bombas con válvulas de alivio de circulación descargan una pequeña cantidad de agua aún cuando no haya flujo de agua hacia el SPCI. La descarga de ésta válvula no debe ser cortada durante la prueba ya que es necesario

evitar el recalentamiento de la bomba. Para este tipo de pruebas se considera condición de no flujo cuando se está circulando agua hacia el SPCI, pero hay un pequeño flujo en la válvula de circulación.

- Para pruebas con sistemas que tengan válvula de alivio de presión, la válvula no debería abrir porque está instalada solamente como una precaución de seguridad para evitar sobrepresurización durante condiciones de exceso de velocidad. Si se desea obtener una condición de presión de cierre neta durante la prueba de aceptación, puede cerrarse la válvula de descarga del sistema y la válvula de alivio de presión puede ser ajustada para eliminar el flujo. Las lecturas de presión pueden ser registradas rápidamente y la válvula de alivio de presión puede ser nuevamente ajustada para permitir flujo y alivio de presión. Luego de esta prueba por única vez, se puede registrar una presión neta de referencia con la válvula de alivio abierta de forma que la válvula de alivio pueda permanecer abierta durante las futuras prueba anuales; efectuándose así la comparación con la presión residual de referencia, en lugar de la indicada en la curva del fabricante.

5.5.3.2. Pruebas de caudal de la bomba contra incendios

- La bomba contra incendios debe funcionar con cargas mínimas, nominales y máximas, sin un recalentamiento objetable de cualquier componente. Estas cargas deben determinarse mediante el control de la cantidad de agua descargada a través de dispositivos de prueba aprobados.
- Las vibraciones del conjunto de montaje de la bomba contra incendios no deben ser de una magnitud tal que provoquen un potencial daño a algunos de los componentes de la bomba.
- Cuando el caudal máximo disponible del suministro de agua no pueda proveer un caudal del 150 % del flujo nominal de la bomba, ésta debe ponerse en funcionamiento al caudal nominal más próximo al 100 % o a la descarga máxima admisible de la demanda máxima de caudal del SPCI. Esta capacidad debe constituir una prueba aceptable, siempre que la descarga de la bomba supere lo establecido en el diseño del SPCI y la tasa de flujo.
- Cuando la succión de la bomba contra incendios se efectúa desde un tanque de interrupción, la tasa de recarga del tanque debe ser sometida a prueba y registrada. El dispositivo de recarga debe ser puesto en funcionamiento como mínimo 5 veces.

5.5.3.2.1. Procedimiento de medición de caudal

- a) Efectuar un control visual de la unidad. Si se utilizan mangueras y boquillas, revisar que se encuentran firmemente sujetas. Revisar que las válvulas de las mangueras están cerradas. Si se utiliza un medidor de prueba, la válvula en el lado de la descarga del medidor debe estar cerrada.
- b) Encender la bomba.
- c) Abrir parcialmente una de las dos válvulas de manguera, o abrir ligeramente la válvula del medidor de descarga.
- d) Verificar el funcionamiento general de la unidad. Verificar si hay vibraciones, fugas (aceite y agua), ruidos extraños, y el funcionamiento en general. Ajustar las bridas.
- e) Medir la descarga de agua con los siguientes pasos:
 - i) Cuando utilice un cabezal de válvula de prueba, regule la descarga por medio de válvulas de manguera y una selección de puntas de boquilla. Se notará que la tubería tiene una punta removible. Esta punta tiene una boquilla de 1,125 pulgadas y cuando

se remueve la punta, la tubería tiene una boquilla de 1,75 pulgadas. Las válvulas de manguera deberían estar cerradas antes de remover o colocar la punta de 1,125 pulgadas.

- II) Al utilizar un medidor de prueba, regular la válvula de descarga para obtener diversas lecturas de flujo.
 - III) Los puntos importantes de prueba son el 150 % de la capacidad nominal, la capacidad nominal y el cierre. Se pueden registrar puntos intermedios si así se desea, para apoyar el desarrollo de la curva de desempeño.
- f) Registrar los siguientes datos en cada punto de prueba:
- I) Revoluciones por minuto de la bomba.
 - II) Presión de succión.
 - III) Presión de descarga.
 - IV) Número y tamaño de las boquillas para mangueras, presión de Pitot por cada boquilla, y galones por minuto totales. Para el medidor de prueba simplemente registrar gpm.
 - V) Amperes.
 - VI) Tensión eléctrica.
- g) El cálculo de los resultados de la prueba es el siguiente:
- I) *Velocidad nominal*: Determinar que la bomba está funcionando a las revoluciones por minuto nominales.
 - II) *Capacidad*: Para cabezales de válvula de manguera, utilizando una tabla de caudal de agua, determinar gpm por cada boquilla en cada lectura de Pitot. Sumar los gpm por cada línea de manguera y determinar el volumen total. Para el medidor de prueba, el total de gpm se lee directamente.
 - III) *Altura total para bombas horizontales*: La altura total es la suma de lo siguiente:
 - A' Presión medida por el manómetro de presión en la brida de descarga de la bomba.
 - B' Diferencia de altura de velocidad entre la descarga de la bomba y la succión de la misma.
 - C' Correcciones de elevación del manómetro hacia la línea central de la bomba.
 - D' Presión medida por el manómetro de succión en la brida de succión de la bomba.
Si la presión está por sobre cero este valor es negativo.
 - IV) *Alimentación eléctrica*: La tensión eléctrica y el amperaje se miden directamente del voltímetro/amperímetro. Esta lectura se compara con los amperes a carga total indicados en la placa del motor. El único cálculo necesario es para determinar el amperaje máximo permitido debido al factor de servicio del motor. En el caso de un factor de servicio de 1,15 el amperaje máximo es aproximadamente 1,15 veces el amperaje del motor, porque los cambios en el factor de potencia y eficiencia no han sido considerados. Si el amperaje máximo registrado en la prueba no excede este valor, el motor y la bomba serán considerados satisfactorios. Es muy importante medir con precisión en cada fase el voltaje y el amperaje, por si el amperaje máximo registrado en la prueba sobrepase el amperaje máximo calculado. Esta medida es importante porque un suministro de energía deficiente, con bajo voltaje, causará lecturas de alto amperaje. Esta condición solamente puede ser corregida si se mejora el suministro de energía. No hay nada que se pueda hacer al motor o a la bomba.
 - V) *Corrección a la velocidad nominal*: Para efectos de trazado, la capacidad, carga y potencia deberían ser corregidas desde los valores nominales de la bomba. Las correcciones que se deben realizar son las siguientes:

A' Capacidad

$$Q_2 = \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \cdot Q_1 \quad (5.1)$$

Donde:

Q_1 = Capacidad a la velocidad de prueba en gpm.

Q_2 = Capacidad a la velocidad nominal en gpm.

N_1 = Velocidad de prueba en rpm.

N_2 = Velocidad nominal en rpm.

B' Altura

$$H_2 = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \cdot H_1 \quad (5.2)$$

Donde:

H_1 = Altura a velocidad de prueba en metros (pies).

H_2 = Altura a velocidad nominal en metros (pies).

C' Potencia

$$HP_2 = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \cdot HP_1 \quad (5.3)$$

Donde:

HP_1 = Potencia a velocidad de prueba (kW).

HP_2 = Potencia a velocidad nominal (kW).

VI) *Conclusión*: El último paso en los cálculos de la prueba es generalmente hacer los gráficos de los puntos de prueba. Se traza una curva de capacidad de carga y una curva de amperaje-capacidad. Un estudio de estas curvas muestra la gráfica de la bomba al momento de la prueba.

5.5.3.3. Para motores eléctricos

- Para motores eléctricos que funcionan a voltajes y frecuencias nominales, la demanda de amperes en cada fase no debe superar el producto de la clasificación de amperes de la carga total, multiplicado por el factor de servicio admisible, según lo indicado en la placa de identificación del motor.
- Para motores eléctricos que funcionan con voltaje variable, el producto del voltaje real y la demanda de corriente en cada fase no deben superar el producto de voltaje nominal a corriente nominal de carga total, multiplicado por el factor de servicio permitido.
- El voltaje en las terminales de salida del contactor del motor no debe variar en más del 5% por debajo ni del 10% por encima, del voltaje nominal durante la prueba (Placa del motor).

5.5.3.3.1. Encendido de la bomba accionada por motor eléctrico Para encender una bomba contra incendios accionada por motor eléctrico, se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Verificar que la bomba esté lista para su utilización.
- b) Cerrar el interruptor de aislamiento y luego cerrar el interruptor de corriente.
- c) El controlador automático comienza el bombeo si la demanda del sistema no ha sido satisfecha (Ejemplo: baja presión, disparo por diluvio).

- d) Para operación manual, activar el interruptor, el botón de presión, o la manivela de arranque manual. El mecanismo de disparo del interruptor de circuito debe estar programado de forma que no opere cuando la tensión en el circuito sea excesiva.

5.5.3.3.2. Prueba de inversión de fase

- Para motores eléctricos, debe efectuarse una prueba a fin de garantizar que no haya una condición de inversión de fase ya sea en la configuración normal de suministro de energía o desde el suministro de energía alternativa. Una prueba simulada del dispositivo de inversión de fase es un método de prueba aceptable.

5.5.3.3.3. Suministro de energía alternativo

- En instalaciones con una fuente alternativa de energía y un interruptor de transferencia automática, debe simularse la pérdida de una fuente primaria y la transferencia debe ocurrir mientras la bomba funciona con una carga máxima.
- La transferencia desde una fuente normal a alterna y la re transferencia de alterna a normal no debe provocar la apertura de los dispositivos de protección de sobrecorriente en ninguna de las dos líneas.
- Por lo menos la mitad de las operaciones de medición de caudal deben realizarse con la bomba conectada a la fuente alterna. Si ésta fuese un generador, la aceptación de la instalación debe prestar conformidad a la norma NFPA110.

5.5.3.3.4. Prueba de arranque de carga

- La unidad de bomba contra incendios debe arrancarse y llevarse a una velocidad nominal sin interrupción, bajo condiciones de descarga, iguales a la carga máxima.

5.5.3.4. Motores diesel

- Las unidades de bomba impulsadas por este tipo de motores no deben mostrar señales de sobrecarga o de estrés.
- El regulador de las unidades debe configurarse al momento de la prueba a fin de regular adecuadamente la velocidad del motor, a una velocidad nominal de la bomba.

5.5.3.4.1. Encendido de la bomba impulsada por motor diesel

- Para arrancar una bomba accionada por motor diesel el operador debe estar familiarizado de antemano con la operación de este tipo de equipo. Los manuales de instrucciones proporcionados por el fabricante de motores y controles deben estudiarse por completo. Las baterías de almacenaje debe mantenerse siempre en buen estado para asegurar el funcionamiento rápido y satisfactorio de este equipo.

5.5.3.4.2. Prueba de arranque de cargas

- La unidad de bomba contra incendios debe arrancarse y llevarse a una velocidad nominal sin interrupción, bajo condiciones de descarga iguales a la carga máxima.

5.5.3.5. Pruebas de aceptación del controlador para unidades accionadas por motores eléctricos y diesel

- Los controladores de bombas contra incendios deben ponerse a prueba de acuerdo con el procedimiento recomendado de prueba del fabricante.
- Como mínimo, deben llevarse a cabo no menos de 6 operaciones automáticas y 6 manuales durante la prueba de aceptación.
- Las bombas contra incendios accionadas por motor eléctrico deben ser puestas en funcionamiento por un período de al menos 5 minutos, a velocidad máxima durante cada una de las operaciones requeridas para las pruebas de caudal.
- No debe exigirse que un motor diesel funcione durante 5 minutos seguidos a velocidad plena entre arranques sucesivos, hasta que el tiempo acumulado de todos estos arranques sucesivos sea de 45 segundos.
- La secuencia de funcionamiento automático del controlador debe arrancar la bomba desde todas las características de arranque otorgadas. Esta secuencia debe incluir interruptores de presión o señales de arranque remotas.
- Las pruebas de controladores impulsados por motor diesel deben dividirse entre ambos equipos de baterías.
- Debe confirmarse que la selección, tamaño y la configuración de todos los dispositivos de protección de sobrecorriente; incluido el disyuntor del controlador de la bomba contra incendios, presten conformidad con la norma NFPA20.
- La bomba contra incendios debe arrancarse una vez desde cada uno de los distintos servicios de energía y hacerse funcionar durante un mínimo de 5 minutos.
 - *Precaución:* El funcionamiento de emergencia manual debe realizarse mediante el accionamiento manual de la manija de emergencia a la posición de bloqueo total en un movimiento continuo. La manija debe bloquearse durante el tiempo que dure este funcionamiento de prueba.

5.5.3.6. Grabadora automática de presión

- El desempeño de todas las bombas contra incendios debería quedar automáticamente indicado en una grabadora de presión para suministrar un registro del funcionamiento de la bomba y asistencia en caso de una investigación por pérdidas por incendio.

5.5.4. Entregables para el cliente

Los documentos que deben ser entregados al cliente, una vez realizadas y aprobadas las pruebas de campo, se detallan a continuación.

- Debe entregarse al cliente un set de planos de registro y una copia del informe completo de las pruebas.
- Debe entregarse una copia de la curva certificada de la prueba del fabricante a la bomba para realizar una comparación de los resultados de la prueba de aceptación de campo. En todas las condiciones de caudal, la bomba contra incendios debe igualar el desempeño indicado en la curva característica de las pruebas de taller certificadas del fabricante, dentro de los límites de tolerancia que permiten los equipos de medición.

- De contarse con un paquete de presentación completo para la bomba contra incendios, debería contar con una copia aprobada de los planos generales de la disposición del cuarto de bombas contra incendios, incluyendo el esquema de distribución eléctrica, de drenaje, de cimientos de la bomba y de la distribución mecánica de calefacción y ventilación.
- El fabricante de cada uno de los componentes principales de la sala de bombas debe entregar un mínimo de un manual de instrucciones de todos los componentes más importantes del sistema de bomba contra incendios. Este manual debe ofrecer lo siguiente:
 - Explicación detallada del funcionamiento del componente.
 - Instrucciones para mantenimiento de rutina.
 - Instrucciones detalladas en relación a reparaciones.
 - Lista de piezas e identificación de partes.
 - Diagramas esquemáticos del controlador, interruptor de transferencia y paneles de control de bombas contra incendios.
 - Lista de piezas de repuesto y lubricantes recomendados.
- Debe estar disponible para la inspección por parte de la autoridad competente cualquier herramienta especial y dispositivo de prueba requeridos para un mantenimiento de rutina en el momento de la prueba de aceptación de campo.

5.5.5. Consideraciones futuras

A continuación se presentan las consideraciones futuras que se deben tener en cuenta para la sala de bombas, esto es mantenimiento de equipos, reemplazo de componentes, y futuras pruebas de campo.

5.5.5.1. Inspección periódica, pruebas y mantenimiento

- Las bombas contra incendio deben inspeccionarse, probarse y mantenerse de acuerdo con NFPA 25, Norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios.

5.5.5.2. Reemplazo de componentes en bombas centrífugas

- Cuando se reemplaza, cambia o modifica un componente fundamental en un equipamiento de bomba centrífuga, debe efectuarse una nueva prueba en el lugar.
- Sólo representantes autorizados por la fábrica o personas calificadas deben realizar el reemplazo de componentes de bomba contra incendios, controladores de bombas contra incendio y motores.
- Cuando sea posible, deben utilizarse piezas de repuesto que puedan mantener el listado para los componentes de bombas contra incendios. En caso contrario las piezas nuevas deberán cumplir o superar la calidad de las piezas reemplazadas. Los componentes fundamentales constan de:
 - Bombas contra incendios:
 - Impulsor, carcasa.
 - Controladores de bomba contra incendios: Reemplazo total
 - Impulsores de motor eléctrico o diesel:

- Reemplazo del motor eléctrico.
- Reemplazo o reconstrucción del motor.
- Cada vez que se realice un reemplazo, cambio o modificación de un componente de la ruta crítica en una bomba contra incendios, motor o controlador; según la lista anterior, el fabricante de la bomba, el representante autorizado de la fábrica o personas calificadas aceptables para la autoridad competente deben llevar a cabo una nueva prueba de aceptación.

5.5.5.3. Nuevas pruebas de campo

- Los resultados de las nuevas pruebas de campo deben compararse con el desempeño original de la bomba como se señala en la curva de prueba original certificada por la fábrica, cuando se encuentre disponible. Estos resultados deben cumplir o superar las características de desempeño señaladas en la placa de la bomba y deben encontrarse dentro de los límites de precisión de la prueba de campo.

6 Conclusiones y Recomendaciones

Sobre la base de los estudios y análisis desarrollados en torno a SPCI basados en sistemas de bombeo, se concluye que:

- a) La NFPA 20 "Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios" define los estándares mínimos de configuración e integración de casas de bombeo. Si bien actualmente los SPCI en base a agua son los más utilizados, todo converge a que en el futuro los sistemas de rociadores serán en base a agua nebulizada, debido a su gran efectividad para combatir el fuego, y también por el bajo daño que ocasionan a las instalaciones durante el combate. Como trabajo futuro se propone estudiar la normativa NFPA 750: "Standard on Water Mist Fire Protection Systems", sin embargo para utilizar casas de bomba para agua nebulizada; es necesario que todo el SPCI sea diseñado en base a éste tipo de tecnología.
- b) El análisis FEM del bastidor para bombas de 2.000 GPM impulsadas por motor diesel, el de mayores proporciones y a la vez el que soporta altas cargas, tanto estáticas, por el peso de los equipos, como dinámicas, debido al torque generado por el motor; muestra que este bastidor es el más crítico de los seis posibles, y por lo tanto basta comprobar que éste no falla para que el resto tampoco lo haga. Mediante el análisis de esfuerzos de von Mises, se determina que el esfuerzo máximo resultante que soporta el bastidor es de 92[MPa], siendo el límite de fluencia de 250[MPa]. Por lo tanto, el bastidor es adecuado para el trabajo con un factor de seguridad de 2,5. Se concluye por tanto que los demás bastidores soportan esfuerzos iguales o menores, y por lo tanto desarrollan buen desempeño estructural y larga vida útil.
- c) Para realizar los procedimientos de fabricación y construcción, primero se desarrollan los planos de layout y estructurales del proyecto; debido a la necesidad de conocer las medidas específicas de los distintos componentes, así como la cantidad de cada uno y los pesos específicos.

Los procedimientos de fabricación y construcción comprenden el sistema constructivo empleado y la cubicación de las distintas casetas. El sistema constructivo corresponde a una estructura metálica de perfiles de acero, que se compone de un bastidor base para la estructura, los marcos principales conformados por las 6 columnas de la caseta y las vigas de coronamiento y costaneras del techo. Como recubrimiento se utilizan planchas de terciado estructural de 18 mm para el piso, paneles de Isopol de 50 mm para muros y Kevpol de 50 mm para techo. En el caso de presentarse problemas de deformación de la estructura debido a la soldadura deben mejorarse los procedimientos de soldadura para evitar la distorsión. Para conseguir esto es necesario ejecutar la soldadura sobre una base de referencia, como una losa de hormigón que esté bien nivelada o un bastidor de acero muy robusto. Los problemas de distorsión de la estructura se pueden resolver con ayuda de prensas mecánicas.

Con la cubicación se obtiene que las casas de bomba con motor eléctrico tienen un peso

inferior a las casas de bomba con motor diesel. Esto es principalmente por el peso del bastidor, del motor y del estanque de combustible. El conjunto con mayor peso corresponde al de la bomba de 2.000 gpm con motor diesel, pesando 4.241 kg. Mientras que el conjunto de menor peso corresponde al de la bomba de 500 gpm y motor eléctrico, con un peso de 2.102 kg.

- d) Los procedimientos de montaje contemplan la instalación de los equipos dentro de la casa de bombas, así como el montaje del piping y su correcta alineación. Para el montaje de los equipos primero se introduce el bastidor con la bomba y el motor ya instalados en él con ayuda de una grúa horquilla, en el caso de que el largo de la grúa sea insuficiente, entonces se debe utilizar rodillos en el piso de la casa de bombas para trasladar el bastidor hasta la posición solicitada. Cuando el bastidor se encuentra montado en su posición, se introduce el resto de los componentes de la sala de bombas y se instalan en su lugar respectivo.

Cuando los equipos se encuentren al interior del habitáculo, se procede a realizar el montaje del piping. Para esto se preparan los distintos elementos y se ensamblan las tuberías con sus respectivas válvulas y elementos de fitting, siempre que éstos permitan un correcto montaje dentro de la casa de bombas, de no ser así se introducen primero los elementos dentro de la casa de bombas y luego se realiza el ensamblaje correcto de éstos. Puede ser necesario realizar soldadura dentro del cuarto de bombas, frente a lo cual deben tomarse medidas de seguridad para evitar dañar otros equipos.

Una vez que tanto los equipos como el piping están montados dentro del cuarto de bombas, se debe verificar la alineación de todos los componentes con ayuda de un nivel. Cuando éstos se encuentran alineados se torquean todos los pernos, tanto del bastidor como de las bridas para finalizar el procedimiento de montaje.

El montaje de la estructura se puede realizar en terreno de ser necesario, siempre que los perfiles hayan sido preparados con antelación, para esto sólo es necesario el equipamiento de soldadura y algún mecanismo de izaje. El montaje de los equipos también puede ser realizado en terreno siempre que se cuente con un mecanismo de izaje para introducir los equipos en el habitáculo. El conjunto puede transportarse una vez montado, sin embargo debido a que el ancho es superior a 2,6 metros, requiere un permiso especial por exceder las dimensiones de carga permitidas.

- e) Los procedimientos de puesta en marcha requieren tanto de los P&ID como de la filosofía de control de las casas de bombas, por lo que se realiza con ambos documentos. Los procedimientos abarcan pruebas individuales de los equipos y pruebas de funcionamiento del sistema, así como la instrumentación necesaria para realizarlas y los agentes que deben estar presentes cuando se realice (personal del seguro, personal del mandante y personal del vendedor). Las pruebas de aceptación de campo son distintas para motores eléctricos y para motores diesel, siendo éstas últimas de mayor complejidad que las primeras, debido a las múltiples variables que se deben monitorear en el motor diesel, además de elementos adicionales tales como el estanque de combustible y la válvula de alivio de presión.

Dentro de las pruebas a realizar en los procedimientos de puesta en marcha se encuentran las pruebas hidrostáticas, las pruebas de descarga de agua y las pruebas de caudal. Además se deben realizar pruebas de equipos individuales, tales como el motor y los conjuntos de bomba Jockey. En caso de que haya problemas con alguna de las pruebas, se debe verificar todas las conexiones de esa sección, la correcta alineación de ésta y el

correcto montaje de sus partes. Una vez solucionado el problema se debe realizar nuevamente la prueba fallida.

Luego de realizadas todas estas pruebas se efectúan pruebas del sistema completo, lo que contempla el correcto funcionamiento de los tableros de control y la lógica de control del cuarto de bombas. De existir problemas con esto último, se debe contactar con el programador de la lógica de control para encontrar los errores y sus posibles soluciones.

- f) Para la mejora del presente documento se propone trabajar en conjunto con un especialista del área eléctrica para complementar los procedimientos que requieran profundidad en el campo. Además, como método alternativo a SPCI basados en agua, se propone investigar y realizar un trabajo que tenga como foco principal casas de bombeo basados en agua nebulizada, debido a la versatilidad para combatir incendios de distinta naturaleza que ésta tiene, además de causar menor daño a las dependencias que se desea resguardar.

Bibliografía

- [1] NFPA. (n.f.). National Fire Protection Association. nfpa.org
- [2] National Fire Protection Association. (2013). Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios. NFPA 20. Massachusetts, Estados Unidos.
- [3] Wikipedia. (11 Jun. 2017). [wikipedia.com](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_protection). Obtenido el 13 de Sep. 2017, desde https://en.wikipedia.org/wiki/Fire_protection
- [4] HSE. (n.f.). Health and Safety Executive. hse.gov.uk. Obtenido el 13 Sep. 2017, desde <http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/techmeasfire.htm>
- [5] LSS. (11 Ene. 2016). Life Safety Services. lifesafetyservices.com. Obtenido el 13 Sep. 2017, desde <http://news.lifesafetyservices.com/blog/difference-between-passive-and-active-fire-protection>
- [6] Randall, I. (2 Abr. 2015). Physicsworld. physicsworld.com. Obtenido el 13 Sep. 2017, desde <http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/apr/02/dousing-flames-with-low-frequency-sound-waves>
- [7] ORR. (n.f.). ORR Protection Systems. orrprotection.com. Obtenido el 11 Sep. 2017, desde <https://www.orrprotection.com/detection/video-smoke-detection>
- [8] Fike. (n.f.). fike.com. Obtenido el 11 Sep. 2017, desde <http://www.fike.com/products/integrated-voice-evacuation-messaging-system/>
- [9] Hunter, L. (23 Dic. 2013). Fastcompany. fastcompany.com. Obtenido el 11 Sep. 2017 desde, <https://www.fastcompany.com/3023296/a-smoke-detector-called-birdi>
- [10] MFS. (n.f.). Metropolitan Fire Service. mfs.sa.gov.au. Obtenido el 12 Sep. 2017, desde http://www.mfs.sa.gov.au/site/community_safety/commercial/building_fire_safety/fire_fighting_systems_and_equipment_in_buildings.jsp
- [11] Morales, I. (29 Jul. 2015). 5 Consultores. 5consultores.com. Obtenido el 12 Sep. 2017, desde <http://www.5consultores.com/clasificacion-de-tipos-de-fuego-y-extintores/>
- [12] Wikipedia. (4 Sep. 2017). [wikipedia.com](http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_class). Obtenido el 13 Sep. 2017, desde https://en.wikipedia.org/wiki/Fire_class
- [13] National Fire Protection Association. (2013). Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios a Base de Agua. NFPA 25. Massachusetts, Estados Unidos.
- [14] National Fire Protection Association. (2013). Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores. NFPA 13. Massachusetts, Estados Unidos.
- [15] National Fire Protection Association. (2013). Norma para la Instalación y uso de Motores de combustión estacionarios y turbinas a gas. NFPA 37. Massachusetts, Estados Unidos.
- [16] National Fire Protection Association. (2013). Código Eléctrico Nacional. NFPA 70. Massachusetts, Estados Unidos.
- [17] National Fire Protection Association. (2013). Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios. NFPA 110. Massachusetts, Estados Unidos.

Apéndice

Apendice A: Consideraciones para la configuración e integración de casas de bombeo

El siguiente capítulo describe las consideraciones necesarias a tomar en cuenta por la norma NFPA 20 para la configuración e integración de componentes en salas de bombeo. El contenido mostrado corresponde única y exclusivamente a la normativa mencionada, sin embargo se han mantenido las referencias de otras normas que también deben ser tomadas en cuenta cuando se fabrican casas de bombas para SPCI.

Las consideraciones mencionadas sólo toman en cuenta casas de bombeo con bombas centrífugas de carcasa bipartida e impulsadas por motores diesel o eléctricos, y todos los componentes necesarios para que estas puedan operar de manera óptima y aprobar las exigencias de los organismos fiscalizadores.

No todos los puntos tratados en éste capítulo han sido considerados al momento de elegir la configuración de las casas de bombeo, debido a que ésta dependerá de los equipos seleccionados y sus componentes.

Los contenidos tratados en éste capítulo abarcan consideraciones para: Bombas, motores, controladores, suministro de agua, equipos de medición, tuberías y válvulas; además de los componentes individuales para cada uno de los temas mencionados.

A . Tuberías

A .1. Generalidades

- Deben ser de acero (Y deben ser pintadas en el exterior). Excepto para las conexiones con tuberías de succión y/o descarga subterráneas.
- Si el agua es corrosiva, las tuberías de succión deben ser galvanizadas o pintadas en el interior con una pintura recomendada antes de la instalación.
- No deben utilizarse revestimientos bituminosos gruesos.
- Los métodos de conexión deben ser métodos aprobados, tales como juntas mecánicas ranuradas, medios roscados o bridas. Son preferibles las bridas soldadas a las tuberías.
- Las tuberías de **drenaje** y sus accesorios que efectúen descarga a la atmósfera, deben ser de materiales metálicos o poliméricos.
- Debe permitirse el soldado y el corte dentro del cuarto de bombas como medio de modificación o reparación.

A .2. Succión y accesorios

- El tamaño de las tuberías debe ser tal, que al estar funcionando todas las bombas con una capacidad de 150 % de la nominal (o caudal máx. disponible), la presión del manómetro de la brida de succión de igual o mayor a 0 psi. Excepto cuando el suministro esté al mismo nivel que la bomba o superior. En cuyo caso se permitirá una presión mínima de -3 psi.
- El tamaño de la tubería de succión debe ser mayor o igual que el indicado en la tabla 6.1. Y debe ser ubicada a 10 veces el diámetro de esta misma respecto a la tubería de la brida de succión de la bomba.

- Cuando la boca del suministro de succión tenga una presión significativa, aun con caudal nulo, debe instalarse un bypass con un tamaño de tubería de por lo menos el indicado en la tabla 6.1, Sección de descarga.
- Deben instalarse debajo de la línea de congelación o en cubiertas a prueba de ésta. Esto tanto en tuberías subterráneas como en tuberías subacuáticas.
- Para permitirse la instalación de codos o derivaciones en T, con un plano de línea central paralela al eje de la bomba, debe haber una distancia mínima de 10 veces el diámetro de la tubería respecto a esta conexión y la brida de succión de la bomba, como muestra la figura 6.1. En caso contrario no se deben instalar. Cuando el plano de línea central de las conexiones sea perpendicular al eje de la bomba, no es requisito la distancia mínima de 10 veces el diámetro de la tubería, como muestra la figura 6.2.
- Cuando la tubería de succión, y la brida de succión de la bomba tienen diámetros diferentes, deben conectarse con aumento o reducción cónica (figura 6.3), con tal de evitar bolsas de aire que puedan producir cavitación.
- Cuando la bomba y su suministro de succión se encuentran en bases separadas con tuberías de conexión rígidas, los acoples deben contar con alivios de tensiones.
- Cuando el suministro de agua viene de una fuente abierta (Estanque o pozo), debe utilizarse un filtro de doble entrada en la boca de succión.

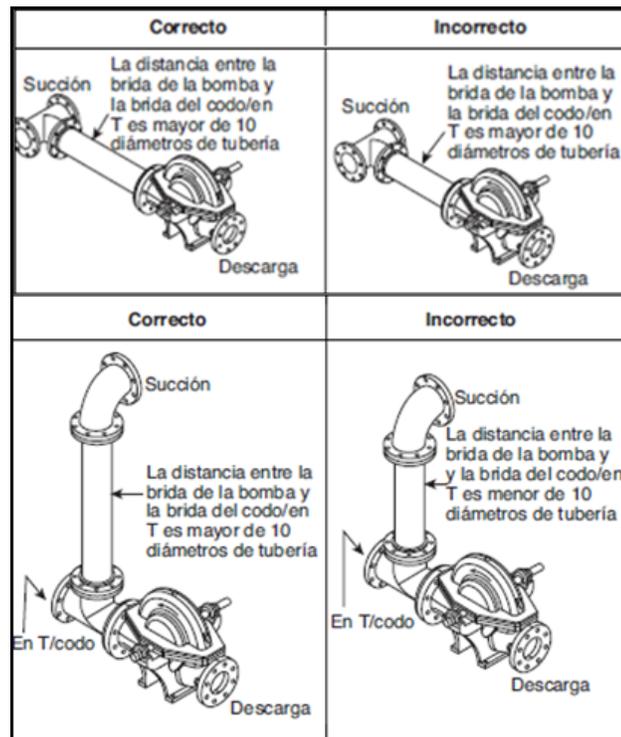


Figura 6.1: Cuando el eje central de la conexión es paralelo al de la bomba, se deben respetar las distancias [Fuente: NFPA 20].

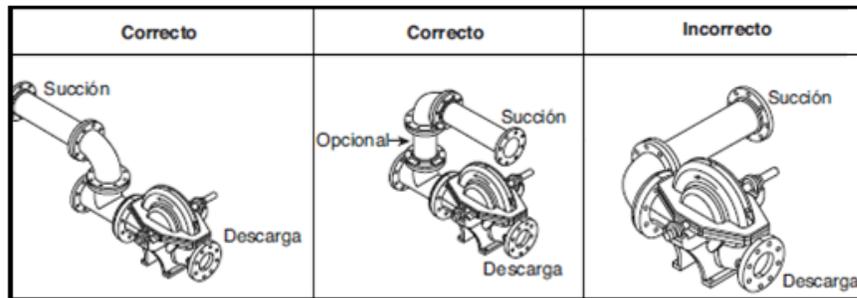


Figura 6.2: Cuando el eje central de la conexión es perpendicular al de la bomba, no es necesaria una distancia mínima [Fuente: NFPA 20].

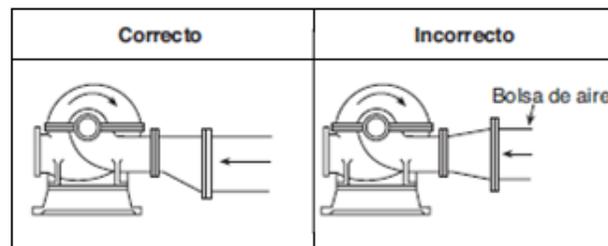


Figura 6.3: Ejemplo de conexión cuando el diámetro de la brida y la tubería es distinto [Fuente: NFPA 20].

A .2.1. Filtros

- Deben ser desmontables o se les debe poder realizar una limpieza en el lugar, sin alterar la tubería de succión. Deben tener un área efectiva neta de apertura de una pulgada cuadrada por cada gpm a 150 % de la capacidad nominal de la bomba.
- Los filtros de malla deben ser resistentes a la corrosión, con malla máxima de 5,50" y calibre 10BS.
- En los filtros de malla planos, el alambre debe ajustarse a un marco metálico que deslice verticalmente en la entrada de la boca de succión.
- Los filtros de ranura continua deben ser de material resistente a la corrosión, con ranura máxima de 0,125" y de construcción de perfil de alambre.
- El filtro debe tener por lo menos un 62,5 % de área abierta. Y el área total de éste debe ser 1,6 veces mayor al área neta de apertura del filtro.
- El sistema de filtro debe ser puesto a prueba de forma periódica, los filtros deben ser removidos para su inspección y los fragmentos acumulados deben ser eliminados.

A .3. Descarga y accesorios

- La clasificación de presión de los componentes de la tubería de descarga deben cumplir con los estándares mínimos para funcionar a la presión de descarga con velocidad nominal y velocidad de cierre. Sin embargo estos no pueden ser menores a los del sistema de protección contra incendios.

- Cuando las tuberías estén sobre el nivel de la tierra, deben utilizarse tuberías de acero con conexiones de brida, juntas roscadas o juntas ranuradas mecánicas, siendo preferibles las bridas soldadas a las tuberías.
- El tamaño de la tubería de descarga y sus accesorios no debe ser menor al indicado por la tabla 6.1.

A .4. Medidas de tuberías

La tabla 6.1 muestra los tamaños mínimos que deben cumplir las tuberías cuando éstas no han sido diseñadas hidráulicamente.

Tabla 6.1: Tamaños mínimos de tuberías para las distintas secciones de la sala de bombas.

Caudal (gpm)	Tamaños mínimos de tuberías (Nominal) [Pulgadas]						
	Succión	Descarga	Válvula de Alivio	Descarga de válvula de alivio	Dispositivo de medición de flujo	Cantidad y tamaño de válvulas de manguera	Suministro de cabezal de manguera
250	3,5	3	2	2,5	3,5	1-2,5	3
300	4	4	2,5	3,5	3,5	1-2,5	3
400	4	4	3	5	4	2-2,5	4
450	5	5	3	5	4	2-2,5	4
500	5	5	3	5	5	2-2,5	4
750	6	6	4	6	5	3-2,5	6
1000	8	6	4	8	6	4-2,5	6
1250	8	8	6	8	6	6-2,5	8
1500	8	8	6	8	8	6-2,5	8
2000	10	10	6	10	8	6-2,5	8
2500	10	10	6	10	8	8-2,5	10

A .5. Protección contra daños debido al movimiento

- Debe dejarse un espacio libre alrededor de las tuberías que atraviesan los muros, cielosrasos o pisos de la sala de bombeo, éste espacio debe ser de 2" de diámetro mayor que la tubería que lo atraviesa. De ser requerido, este espacio debe ser llenado con material flexible compatible con los materiales de la tubería y que mantenga la certificación de resistencia al fuego.
- Cuando el espacio libre sea provisto por la manga de una tubería, debe aceptarse un diámetro nominal de 2" mayor que el diámetro nominal de la tubería.
- Si los acoples flexibles están ubicados dentro de 1' de cada uno de los laterales del muro, cielorraso o suelo; no se requiere el espacio libre.
- Deben aplicarse las disposiciones necesarias para la protección de las tuberías contra terremotos.

B . Bombas

B .1. Contra incendios

- Todas las bombas centrífugas deben ser de diseño de impulsor colgante o de diseño de impulsor entre engranajes.

- El diseño del impulsor colgante debe ser del tipo de succión final de una etapa, y multi-etapas de acoplamiento cerrado, por separado, o del tipo en línea.
- El diseño de impulsor entre engranajes debe ser del tipo de eje horizontal de carcasa partida de una etapa o multi-etapas de acoplamiento separado, o de carcasa partida radial.
- No deben utilizarse este tipo de bombas cuando se requiere un elevamiento estático durante la succión (Presión negativa).
- Las bombas deben proporcionar no menos del 150% de capacidad nominal, a no menos del 65% de la altura total nominal. La presión de cierre no debe exceder el 140% de la altura nominal para cualquier clase de bomba. Como se muestra en la figura 6.4.

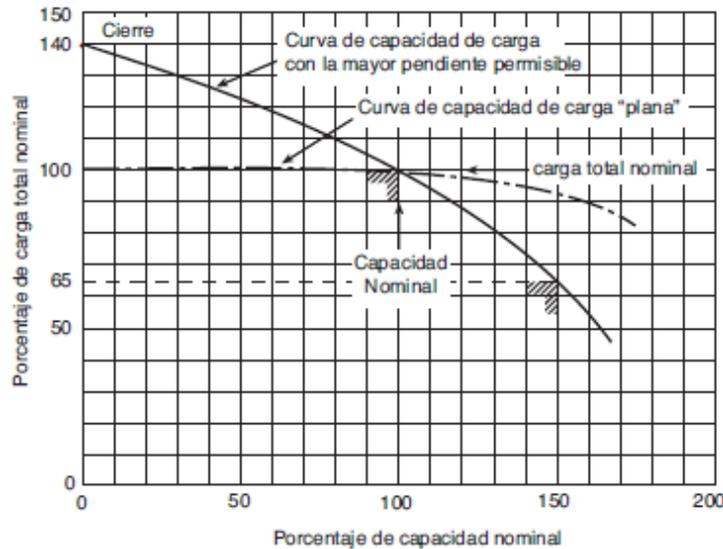


Figura 6.4: Curva característica de bomba [Fuente: NFPA 20].

- Cuando sea necesario, el fabricante o representante legal de las bombas deben proveer los siguientes accesorios para estas:
 - a) Válvula automática de liberación.
 - b) Válvula de alivio de circulación.
 - c) Manómetros de presión.
- Cuando sea necesario, deben entregarse los siguientes accesorios:
 - a) Reductor cónico excéntrico en la succión.
 - b) Cabezal de válvula de manguera con válvulas de manguera.
 - c) Dispositivo de medición de caudal.
 - d) Válvula de alivio y cono de descarga.
 - e) Filtro de tubería.
- Las bombas controladas automáticamente deben contar con una válvula de liberación de aire, operada por flotador de un diámetro mínimo nominal de 12,7 milímetros que descargue a la atmósfera. Esto no se aplica para las bombas de impulsor colgante con descarga superior de línea central, o mentadas verticalmente para ventilar el aire de manera natural.

- Las bombas deben montarse sobre una placa de cimentación común. La placa debe encontrarse correctamente sujeta a un cimiento sólido, de manera que se garantice una alineación de la bomba y el eje impulsor.
- Los cimientos deben ser lo suficientemente sustanciales como para formar una base permanente y rígida para la placa base. Además todo el paquete de la bomba debe estar montado a nivel de los cimientos.
- Las bombas de acoplamiento separado con impulsor de motor eléctrico deben ser conectadas mediante acoples flexibles o un eje de conexión flexible. Además deben estar alineadas de acuerdo con las especificaciones del fabricante del acoplamiento y de la bomba.

B .2. Jockey o de Mantenimiento de presión

- La bomba Jockey debe ser de un tamaño que permita reponer la presión del sistema de protección contra incendios, necesario debido a fugas admisibles y a caídas de presión. La presión de descarga debe ser suficiente como para mantener la presión deseada en el SPCI, y la capacidad nominal no debe ser inferior a la de cualquier tasa normal de fugas.
- Cuando una bomba de mantenimiento de presión del tipo centrífuga, posee una presión de descarga total que exceda la clasificación de presión de trabajo del equipamiento de protección contra incendios, con la bomba trabajando en posición cerrado, debe instalarse una válvula de alivio de presión para evitar la sobre presurización del sistema y prevenir daños a los equipos del SPCI.
- No debe utilizarse la bomba primaria del SPCI, ni una de reserva, como una bomba Jockey.
- No se requiere que la bomba Jockey cuente con energía secundaria o de reserva.

C . Motores

C .1. Diesel

C .1.1. Generalidades

- Los motores diesel para el impulso de bombas contra incendios deben ser del tipo ignición por compresión. No deben utilizarse motores de combustión interna.
- Los motores deben tener una placa indicando la clasificación listada disponible en caballos de fuerza para impulsar la bomba. La capacidad del motor en caballos de fuerza, debe tener una clasificación mínima de 4 horas en caballos de fuerza, no inferior al 10% mayor que la potencia en caballos de fuerza listada en la placa de identificación del motor. Los motores deben, además, ser aceptables para las clasificaciones de caballos de fuerza listadas por el laboratorio de pruebas para condiciones normales SAE.
- Debe efectuarse una reducción del 3% de la clasificación en caballos de fuerza en condiciones normales de SAE por cada 300 metros de altitud sobre los 91 metros.
- Debe efectuarse una reducción del 1% de la clasificación de caballos de fuerza corregidas a condiciones normales de SAE por cada 5,6°C por sobre 25°C, de temperatura ambiente.

C .1.2. Motor

C .1.2.1. Conexiones de energía del motor a la bomba

- Los motores deben estar conectados a las bombas de eje horizontal mediante un acoplamiento flexible o un eje de conexión flexible listado para el servicio. El acople o eje flexible debe estar directamente conectado al adaptador volante o al eje corto.

C .1.2.2. Controles de velocidad del motor

▪ Gobernador de control de velocidad

- Los motores deben estar provistos con un gobernador con capacidad para regular la velocidad del motor dentro de un rango del 10 % entre el cierre y la condición de carga máxima de la bomba. Este gobernador debe poder ser ajustado en campo, configurado y asegurado para mantener la velocidad nominal de la bomba a su carga máxima. La velocidad nominal debe ser alcanzada dentro de los 20 primeros segundos en que se da encendido al motor.

C .1.2.3. Control de apagado por sobre velocidad, señal de baja presión de aceite y señales de alta y baja temperatura del refrigerante

- Los motores deben estar provistos de un dispositivo de apagado por sobre velocidad. El dispositivo debe estar dispuesto de modo que apague el motor cuando el rango de velocidad sea del 10 al 20 % superior a la velocidad nominal del motor y de manera que pueda ser reconfigurado manualmente.
- Debe proveerse un medio que indique una señal de problema por sobre velocidad en el controlador automático del motor, de manera que el controlador no pueda ser reconfigurado hasta que el dispositivo de apagado por sobre velocidad sea manualmente reconfigurado a su posición de funcionamiento normal.
- Deben proveerse medios para la verificación del interruptor por sobre velocidad y de la función de apagado de los circuitos.
- Deben proveerse medios para la señalización en el controlador de la presión de aceite críticamente baja en el sistema de lubricación del motor.
- Deben proveerse medios en el motor para la prueba de funcionamiento de la señal de presión de aceite que se emite en el controlador, que active una alarma visible y audible común en el controlador. Deben incluirse en el manual del motor las instrucciones para llevar a cabo esta prueba.
- Deben proveerse medios para la señalización de la temperatura alta del motor en el controlador.
- Deben proveerse medios en el motor para la prueba de funcionamiento de la señal de temperatura alta del motor que se emite en el controlador, que active una alarma visible y audible común en el controlador. Deben incluirse en el manual del motor las instrucciones para llevar a cabo esta prueba.
- Los motores deben estar provistos de un interruptor sensible a la velocidad que emita una señal sobre el funcionamiento del motor y la interrupción del arranque. La energía para esta señal debe tomarse de una fuente que no sea el generador ni el alternador del motor.

C .1.2.4. Instrumentación

- Todos los instrumentos del motor deben colocarse en un panel fijado al motor o en el interior de un controlador del motor montado sobre la placa de la base. El panel no debe utilizarse como una caja o conducto de empalme para ningún suministro de corriente alterna.
- Debe proveerse un tacómetro u otros dispositivos para indicar las rpm del motor, que incluya al cero, en todo momento. El tacómetro debe ser del tipo totalizador, o debe proveerse un contador horario u otros medios que registre el tiempo total de funcionamiento del motor. Debe permitirse que los tacómetros con pantalla digital se encuentren en blanco cuando el motor no está en funcionamiento.
- Los motores deben estar provistos de un indicador de presión de aceite u otros medios que señale la presión del aceite lubricante.
- Los motores deben estar provistos de un indicador de temperatura u otros medios que señale la temperatura del refrigerante del motor en todo momento.

C .1.2.5. Cableado

- Todos los cables de conexión para controladores automáticos deben sujetarse o revestirse de manera flexible, montarse sobre el motor y conectarse en una caja de conexiones del motor a las terminales numeradas para corresponderse con las terminales numeradas del controlador. Todo el cableado del motor, incluidos los circuitos de arranque, debe dimensionarse para un funcionamiento continuo.
- Las interconexiones entre el controlador automático y la caja de conexiones del motor deben llevarse a cabo usando cable trenzado dimensionado para el funcionamiento continuo.
- El tamaño del cable de interconexión debe basarse en la longitud, según lo recomendado para cada terminal por el fabricante del controlador.
- Las interconexiones de corriente continua entre el controlador automático y la caja de conexiones del motor y cualquier suministro de corriente alterna al motor deben ser direccionadas en conductos separados.
- Los cables de baterías deben ser dimensionados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del motor, tomando en consideración la longitud de los cables requerida para la ubicación específica de la batería.

C .1.2.6. Baterías y arranque eléctrico

- Cuando se utilice un arranque eléctrico, el dispositivo de arranque debe tomar corriente desde las baterías de almacenamiento.
- Todos los motores deben contar con dos unidades de batería de almacenamiento. Las baterías de plomo ácido deben conservarse en una condición de carga seca con el líquido electrolito en un recipiente separado.
- Debe permitirse que las baterías níquel-cadmio u otros tipos de batería se instalen en lugar de las baterías de plomo ácido, siempre que cumplan con los requerimientos del fabricante de motores.

- A 4°C cada unidad de baterías debe tener el doble de la capacidad suficiente para mantener la velocidad de arranque recomendada por el fabricante del motor a través de un ciclo de 3 minutos de intento de arranque, lo que significa seis ciclos consecutivos de 15 segundos de arranque del motor y 15 segundos de descanso.
- Los motores con un solo motor de arranque deben incluir un contactor para la batería principal instalado entre cada una de ellas y el motor de arranque para el aislamiento de las baterías.
 - Los contactores de las baterías principales deben estar listados para el servicio de impulsores de bombas contra incendios.
 - Los contactores de las baterías principales deben estar certificados para la corriente de arranque del motor.
 - Los contactores de las baterías principales deben ser capaces de un funcionamiento mecánico manual, incluidos los métodos positivos, como un operador central accionado por resorte, para transmitir energía al motor de arranque en caso de producirse una falla en el circuito del controlador.
- Los motores con dos motores de arranque deben tener un motor de arranque exclusivo para cada batería.
 - Cada motor de arranque debe cumplir con los requerimientos de arranque de un solo sistema de motores de arranque.
 - Para activar el arranque, cada motor de arranque debe tener un relé de solenoide integral para ser puesto en funcionamiento por el controlador del set de la bomba.
 - Cada relé de solenoide integral del motor de arranque debe tener capacidad para recibir energía desde un operador manual listado y certificado para el relé de solenoide del motor de arranque e incluir un interruptor mecánico en el panel del motor para transmitir energía al motor de arranque en caso de producirse una falla en el circuito del controlador.
- Las cargas no esenciales no deben ser alimentadas con las baterías de arranque del motor.
- Las cargas esenciales, incluidos el motor, el controlador y todos los equipos del cuarto de bombas combinados no deben exceder de 0,5 amperes para un total de 1,5 amperes, en forma continua.
- Las baterías de almacenamiento deben ubicarse en un soporte por encima del piso, fijarse para evitar los desplazamientos y colocarse donde no vayan a sufrir temperatura excesiva, vibraciones, daños mecánicos o inundaciones de agua. La ubicación de las baterías deben permitir un fácil acceso para efectuar reparaciones, y no deben ubicarse en frente de los instrumentos y controles montados sobre el motor.
- Las piezas que transportan corriente deben encontrarse a no menos de 30 centímetros por sobre el nivel de suelo.

C .1.2.7. Sistemas de refrigeración del motor

- Debe incluirse el sistema de refrigeración del motor como parte del montaje de motor y debe ser uno de los siguientes tipos de circuito cerrado:
 - Un tipo de intercambiador de calor que incluya una bomba de circulación impulsada por el motor, un intercambiador de calor, y un dispositivo de regulación de temperatura de camisa de motor.

- Debe proveerse un medio para mantener una temperatura de 49°C en la cámara de combustión.
- Debe contarse con un orificio en el circuito para poder llenar el sistema, verificar el nivel de refrigerante y agregar refrigerante de reposición cuando así sea necesario. El refrigerante debe cumplir con la recomendación del fabricante del motor.
- El suministro de agua de refrigeración para un sistema del tipo intercambiador de calor debe ser desde la descarga de la bomba y tomado antes de tomarse la válvula de retención de la descarga de la bomba.
- El caudal de agua refrigerante requerido debe establecerse con base en la máxima temperatura ambiental del agua de refrigeración.
- Para la conexión debe utilizarse una tubería rígida y roscada. Deben permitirse secciones flexibles no metálicas entre la descarga de la bomba y la entrada el conjunto de montaje de suministro de agua de refrigeración, y entre la descarga del conjunto de montaje del suministro de agua de refrigeración y la entrada del motor, siempre que tengan al menos 2 veces la presión nominal de descarga de la bomba contra incendios y una certificación de resistencia al fuego de 30 minutos, equivalentes a las establecidas en ISO 15540.
- La conexión de tubería en la dirección del flujo debe incluir una válvula indicadora de apagado manual, un filtro del tipo descarga, además del que puede ser parte del regulador de presión, un regulador de presión, una válvula automática y una segunda válvula indicadora de apagado manual o una válvula de retención accionada por resorte.
- Las válvulas indicadoras de apagado manual deben contar con etiquetas permanentes en un texto mínimo de 0,5 pulgadas que señale lo siguiente: Para la válvula del suministro de agua del intercambiador de calor, "*Normalmente abierta*" para la posición abierta normal cuando el controlador se encuentra en la posición automática y "*Precaución: No automática / Cerrada*" para la posición de emergencia o manual.
- El regulador de presión debe ser de un tamaño y tipo capaz y ajustado para el paso de aproximadamente 120 % del agua de refrigeración requerida cuando el motor se encuentra funcionando a la máxima potencia al freno en caballos de fuerza y cuando el regulador recibe agua a la presión de la bomba cuando está bombeando al 150 % de su capacidad nominal.
- Una válvula automática listada para el servicio de protección contra incendios debe permitir el flujo de agua refrigerante dirigido al motor cuando éste se encuentra funcionando. La energía para hacer funcionar la válvula automática debe venir desde el impulsor diesel o sus baterías y no debe venir del edificio. Ésta válvula debe encontrarse normalmente cerrada.
- Debe instalarse un manómetro de presión del sistema de suministro de agua refrigerante del lado del motor de la última válvula en el suministro de agua del intercambiador de calor y en el suministro de agua derivado del intercambiador de calor.
- Debe instalarse una línea de derivación de tubería rígida y roscada alrededor del suministro de agua del intercambiador de calor. La conexión de tubería en la dirección del flujo debe incluir una válvula indicadora de apagado manual, un filtro tipo descarga, además del que puede ser parte del regulador de presión, un regulador de presión y una válvula indicadora de apagado manual o una válvula de retención accionada por resorte.
- Las válvulas indicadoras de apagado manual deben contar con etiquetas permanentes con un texto mínimo de 0,5 pulgadas que señale lo siguiente: Para la válvula de la derivación del suministro de agua del intercambiador de calor, "*Normal/Cerrada*" para la posición cerrada

normal cuando el controlador se encuentra en la posición automática y "Emergencia/Abierta" para la operación manual o cuando el motor está recalentando.

- Debe contarse con una salida para la línea de aguas de desecho desde el intercambiador de calor, y la línea de descarga no debe ser menor que un tamaño más grande que la línea de entrada. La línea debe ser lo más corta posible, siempre que resulte práctico, debe descargar en un cono de desperdicios abierto y visible, y no debe contar con válvulas.

C .1.2.8. Lubricación del motor

- Deben seguirse las recomendaciones para calentadores de aceite, formuladas por el fabricante del motor.

C .1.3. Cuarto de bombas

- El piso del cuarto de bombas alrededor de la bomba y del motor, debe estar inclinado para poder lograr un drenaje adecuado del agua lejos de equipamiento vital, como una bomba, motor, controlador, tanque de combustible, etc.
- La **ventilación** debe cumplir las siguientes funciones:
 1. Controlar la temperatura máxima a 49°C en la entrada del limpiador del aire de combustión con el motor funcionando a la carga nominal.
 2. Proveer aire para la combustión del motor.
 3. Eliminar vapores peligrosos.
 4. Estar coordinado con el funcionamiento del motor.
- Ventilador del suministro de aire:
 - No debe incluir nada en el camino de suministro de aire hacia la habitación. El camino total de suministro de aire hacia la bomba no debe restringir la corriente de aire en más de una columna de agua de 0,2 pulgadas.
- Ventilador de descarga de aire:
 - Debe Considerarse que el ventilador de descarga de aire no incluya nada en el trayecto de descarga de aire desde el motor hasta el exterior. El ventilador debe permitir que suficiente aire abandone el cuarto de bombas para satisfacer los puntos señalados en ventilación.
- Todo el cuarto de bombas debe estar protegido con rociadores contra incendios, de acuerdo con lo establecido en NFPA 13 [14], como un espacio de Riesgo Extra de Grupo 2.

C .1.4. Suministro de combustible y arreglos

- Los tanques deben ser de pared simple o de pared doble y deben estar diseñados y construidos de acuerdo con normas de ingeniería reconocidas, como ANSI/UL 142.
- Los tanques deben estar montados de manera segura sobre soportes no combustibles.
- Los tanques utilizados de acuerdo con las disposiciones de la presente norma deben limitarse a un volumen de 4996 litros. En situaciones en las que se usen tanques mayores deben aplicarse las disposiciones establecidas en NFPA 37 [15].

- Los tanques para combustibles de pared simple deben estar encerrados con muros, bordillos o diques, suficientes para retener la capacidad completa del tanque.
- Cada tanque debe contar con conexiones adecuadas de llenado, drenaje y ventilación.
- Las tuberías de llenado que ingresen por la parte superior del tanque deben terminar dentro de las 6 pulgadas del fondo del tanque y deben ser instaladas y dispuestas de modo que la vibración sea mínima.
- El tanque debe tener un puerto NPT roscado de 2 pulgadas en la parte superior y central del tanque para alojar el interruptor de nivel de combustible bajo.
- La conexión de la tubería de suministro de combustible debe estar ubicada en uno de los lados del tanque. Debe estar conectada al tanque de modo que el 5 % del volumen del tanque provea un volumen de sumidero no utilizable por el motor.
- El tanque de combustible debe tener una capacidad al menos equivalente a 1 galón por caballo de fuerza del motor, más un volumen del 5 % para expansión y de 5 % para el sumidero.
- Cuando se requieran tanques de mayor capacidad, deben determinarse según las condiciones existentes, tales como el ciclo de recarga y el calentamiento del combustible debido a la recirculación y deben estar sujetos a condiciones especiales en cada caso.
- El tanque y el combustible deben reservarse exclusivamente para el motor diesel de la bomba contra incendios. Debe haber un tanque independiente para cada motor diesel, además de una línea de suministro y retorno de combustible independiente.
- Deben contarse con medios diferentes a las tuberías de observación para una indicación continua de la cantidad de combustible dentro de cada tanque de almacenamiento. Se debe proveer un indicador del nivel de combustible que se active cuando el nivel del tanque sea de dos tercios. La condición de nivel de combustible bajo debe iniciar una señal de supervisión.
- Los tanques de suministro de combustible diesel deben estar ubicados sobre la superficie, de conformidad con lo establecido en ordenanzas municipales u otras, y de acuerdo con los requerimientos de la autoridad competente y no debe enterrarse. En zonas en que sean posibles temperaturas menores a 0°C, los tanques deben colocarse en el cuarto de bombas.
- El tanque debe estar colocado de manera que la conexión de la tubería de suministro de combustible con el motor no esté por debajo del nivel de la bomba de transferencia de combustible al motor.
- Los límites de presión de Altura total de la bomba de combustible no deben excederse cuando el nivel de combustible dentro del tanque sea máximo.
- Debe contarse con mangueras flexibles reforzadas resistentes a las llamas, con una certificación de resistencia al fuego de 30 minutos, equivalentes a lo establecido en ISO 15540, y una certificación de presión no mejor a 2 veces el suministro de combustible y una presión de trabajo de retorno con conexiones roscadas, en el motor, para la conexión a las tuberías del sistema de combustible.
- Las tuberías de combustible no deben ser ni de acero ni de cobre galvanizado.
- La línea de retorno de combustible debe instalarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del motor.

- No debe haber una válvula de cierre en la línea de retorno de combustible al tanque.
- Debe colocarse una válvula de cierre manual dentro de la línea de suministro de combustible al tanque.
- La válvula debe estar bloqueada en la posición abierta.
- No debe colocarse otra válvula que no sea una válvula de bloqueo manual abierta en la línea de combustible que va desde el tanque de combustible hasta el motor.
- Debe proveerse un dispositivo protector, protegerse la tubería o emplearse una tubería de doble pared para todas las líneas de combustible expuestas.
- Cuando se utilice una válvula solenoide eléctrica para controlar el suministro de combustible al motor, esta debe poder funcionar de forma mecánica manual o debe poder derivarse manualmente en caso de una falla en el circuito de control.
- El grado de combustible debe estar indicado en la placa del motor, además del tanque para combustible, con letras de un mínimo de 6 pulgadas de altura y de un color que contraste con el tanque.
- No deben utilizarse combustibles residuales, aceites para hogares de calefacción doméstica y aceites para lubricación drenados.
- El tanque, la bomba y las tuberías deben estar diseñados y hacerse funcionar de manera que se eviten las igniciones electrostáticas. Estos 3 equipos deben estar interconectados y puestos a tierra.
- La interconexión y puesta a tierra deben aplicarse físicamente o deben estar inherentemente presentes según la naturaleza de la instalación.
- Toda sección eléctricamente aislada de las tuberías o equipos metálicos debe estar interconectada y puesta a tierra para evitar la acumulación peligrosa de electricidad estática.

C .1.5. Escape del motor

- Los múltiples de escape y los turbocompresores deben incorporar disposiciones que eviten poner en riesgo al operador o a los materiales inflamables adyacentes al motor.
- Cada motor debe tener un sistema de escape independiente. Debe realizarse una conexión flexible con una sección de acero inoxidable, sin costura o corrugado soldado, no menor a 12 pulgadas de largo entre la salida de escape del motor y la tubería de escape.
- El tubo de escape no debe tener un diámetro inferior al de la salida de escape de motor y debe ser lo más corto posible. Debe estar recubierto con un aislamiento refractario o de lo contrario debe estar vigilado para proteger al personal de alguna lesión.
- El tubo y el silenciador de escape, si se utilizan, deben ser los adecuados para el uso previsto y la contrapresión de escape no debe superar las recomendaciones del fabricante del motor.
- Los tubos de escape deben instalarse con separaciones de al menos 9 pulgadas de los materiales combustibles.
- Los tubos de escape que pasan directamente a través de techos combustibles deben estar protegidos en el punto de paso por manguitos metálicos ventilados que se extiendan al menos 9 pulgadas por encima y 9 pulgadas por debajo de la construcción del techo y que tengan por lo menos 6 pulgadas más de diámetro que el tubo de escape.

- Las emisiones de gases posteriores a los dispositivos de tratamiento que tengan el potencial de impactar de manera adversa el desempeño y la fiabilidad del motor no deben estar permitidas.
- Cuando lo requiera la autoridad competente, la instalación de una emisión de gases después del dispositivo de tratamiento debe ser del tipo regeneración activa con un dispositivo de limitación de presión que permita que el escape del motor pase por un lado del dispositivo post tratamiento cuando se supera la máxima contrapresión de escape permitida.
- El escape desde el motor debe canalizarse hasta un punto seguro, fuera del cuarto de bombas y debe estar dispuesto de modo que excluya el agua.
- Los gases de escape no deben descargarse donde pudieran afectar personas o poner en peligro edificios.
- Los sistemas de escape deben terminar fuera de la estructura, en un punto en donde los gases calientes, chispas o productos de combustión descarguen en una ubicación segura.
- Las terminaciones de los sistemas de escape no deben estar dirigidas hacia materiales o estructuras combustibles, o en atmósferas que contengan gases inflamables, vapores inflamables o polvos combustibles.
- Debe permitirse que los sistemas de escape equipados con silenciadores arresta-chispas terminen en ubicaciones de División 2, como se define en el artículo 500 de NFPA 70 [16].
- Los tanques de almacenamiento de combustibles deben ser diseñados e instalados de modo que pueden conservarse llenos y mantenerse tanto como fuera factible en todo momento, pero nunca por debajo del 66 % de la capacidad del tanque.
- Deben ser diseñados e instalados de modo que siempre puedan ser llenados por medios que garanticen el retiro de la totalidad del agua y materiales extraños.

C .1.6. Funcionamiento del sistema impulsor del motor diesel

- Los motores deben ser diseñados e instalados de modo que puedan ser arrancados no menos de una vez por semana y puedan funcionar durante no menos de 30 minutos para alcanzar la temperatura de operación normal.
- Los motores deben funcionar sin problemas a la velocidad nominal.
- Los motores deben ser diseñados e instalados de modo que puedan mantenerse limpios, secos y bien lubricados a fin de garantizar un desempeño adecuado.
- Las baterías de almacenamiento deben ser diseñadas e instaladas de modo que puedan mantenerse cargadas en todo momento.
- Las baterías de almacenamiento deben ser diseñadas e instaladas de modo que puedan ser puestas a prueba frecuentemente para determinar la condición de las celdas y la cantidad de carga de la batería.
- Sólo debe utilizarse agua destilada en las celdas de las baterías. Las placas de las baterías deben mantenerse sumergidas en todo momento.
- La característica de automático en el cargador de la batería no debe reemplazar el adecuado mantenimiento de la batería y el cargador, los cuales deben ser diseñados e instalados de modo que sea físicamente posible llevar a cabo inspecciones periódicas tanto de la batería como del cargador. Esta inspección debe determinar que el cargador funciona correctamente, que el nivel de agua de la batería es correcto y que la batería tiene la carga adecuada.

- La temperatura del cuarto de bombas, cabina de la bomba o área donde estén instalados los motores debe ser diseñada de modo que se mantenga en la mínima recomendada por el fabricante el motor y nunca sea inferior a la mínima recomendada por el fabricante del motor.
- Debe colocarse la secuencia para funcionamiento de emergencia manual, dispuesta paso a paso, sobre el motor de la bomba contra incendios. Debe ser responsabilidad del fabricante de motores listar las instrucciones específicas pertinentes al funcionamiento de este equipo durante operaciones de emergencia.

C .2. Eléctrico

C .2.1. Generalidades

- Este apartado cubre los requerimientos mínimos de desempeño y de puesta a prueba de las fuentes y transmisión de energía eléctrica hacia los motores que impulsan las bombas contra incendio. También cubre los requerimientos mínimos de desempeño de todo el equipamiento entre las fuentes y la bomba, incluyendo los motores pero exceptuando el controlador de la bomba contra incendios, interruptor de transferencia y accesorios.
- Todos los equipos eléctricos y métodos de instalación deben cumplir con el NFPA 70 [16], artículo 695 y otros aplicables.
- Todos los abastecimientos de energía deben estar ubicados y arreglados para proteger contra el daño producido por incendios dentro de las instalaciones y riesgos de exposición.
- Todos los abastecimientos de energía deben tener la capacidad de operar la bomba de incendios de manera continua.
- No deben utilizarse convertidores de fase para suministrar energía a una bomba contra incendios.
- No debe instalarse ningún medio de interrupción de fallas a tierra en ningún control ni circuito de energía de la bomba contra incendios.
- No debe instalarse ningún medio de interrupción de fallas de arco en ningún control ni circuito de energía de la bomba contra incendios.

C .2.2. Energía normal

- Una bomba contra incendios accionada por motor eléctrico debe ser provista de una fuente de energía normal como fuente a disposición de manera continua, la fuente de energía debe arreglarse en conformidad con lo siguiente:
 1. Conexión del servicio dedicada a la instalación de la bomba contra incendios.
 2. Conexión de la instalación productora de energía en sitio dedicada a la instalación de la bomba contra incendios.
 3. Conexión de alimentación dedicada derivada directamente del servicio dedicado a la instalación de la bomba contra incendios.
 4. Como conexión de alimentación donde se cumplen todas las siguientes condiciones:
 - La instalación protegida es parte de un complejo de edificios estilo campus.
 - Una fuente de energía de reserva es provista desde una fuente normal independiente de la fuente de energía normal.

- Es impráctico suministrar la fuente de energía normal de acuerdo a los puntos 1, 2 y 3.
 - El arreglo es aceptable para la autoridad competente.
 - Los dispositivos de protección de sobrecorriente en cada medio de desconexión es coordinado de manera selectiva con cualquier otro dispositivo de protección de sobrecorriente del lado del suministro.
5. La conexión del transformador dedicado directamente del servicio cumpliendo con os requerimientos del artículo 695 de NFPA 70.
- Para instalaciones de bombas contra incendios que utilicen el arreglo 1, 2, 3 o 5 para la fuente de energía normal, no más de un medio de desconexión y dispositivo de protección de sobrecorriente asociado debe ser instalado en el suministro de energía al controlador de la bomba contra incendios.
 - Cuando se instala el medio de desconexión permitido, debe cumplir con lo siguiente:
 1. Deben ser identificados como adecuados para su utilización como equipamiento de servicio.
 2. Deben poder enclavarse en posición cerrado.
 3. Deben estar ubicados en forma remota de otros medios de desconexión del edificio.
 4. Deben estar ubicados en forma remota de otros medios de desconexión de la fuente de la bomba contra incendios.
 5. Deben ser marcados " *Medios de desconexión de la bomba contra incendios*." en letras no menores de 1 pulgada de altura y que puedan ser vistas sin abrir puertas o cubierta de gabinetes.
 - Cuando se instale el medio de desconexión permitido, debe colocarse un cartel en forma adyacente al controlador de la bomba contra incendios estableciendo la ubicación de este medio de desconexión y la ubicación de cualquier llave necesaria para facilitar la desconexión.
 - Cuando se instale el medio de desconexión permitido, la desconexión debe ser supervisada en posición cerrada mediante uno de los siguientes métodos:
 1. Dispositivo de señalización de estación central, de propiedad o de estación remota.
 2. Servicio de señalización local que provocará el sonido de una señal audible en un punto constantemente atendido.
 3. Bloqueo de los medios de desconexión en la posición cerrada.
 4. El sellado de los medios de desconexión e inspecciones aprobadas semanales cuando los medios de desconexión se encuentren dentro de recintos cercados o en edificios bajo el control del propietario.
 - • Cuando se instale la protección de sobrecorriente permitida, el dispositivo debe estar certificado para transmitir de manera indefinida la suma de la corriente del rotor en reposo del motor de la bomba de mayor tamaño y la corriente de carga completa de todos los motores de la bomba y equipos con sus accesorios. Alternativamente, el cumplimiento de esto debe basarse en un conjunto de montaje listado para el servicio de las bombas contra incendios que cumpla lo siguiente:
 1. El dispositivo de protección de sobrecorriente no debe abrirse dentro de los 2 minutos, al 600 % de la corriente de carga completa.

2. El dispositivo de protección de sobrecorriente no debe abrirse con un reinicio transitorio de 24 veces la corriente de carga completa.
 3. El dispositivo de protección de sobrecorriente no debe abrirse dentro de los 10 minutos, al 300 % de la corriente de carga completa.
 4. El punto de disparo de los disyuntores no sea ajustable en campo.
- **Fuente de energía confiable:** Una fuente de energía confiable posee las siguientes características:
 1. La planta de energía fuente no ha experimentado ningún cierre de más de 4 horas continuas en el año antes de la presentación del plan.
 2. No ha habido interrupciones de energía rutinarias en el área de las instalaciones protegidas por fallas en la generación o transmisión. La norma no tiene la intención de requerir que la fuente normal de energía sea infalible para considerar que la energía es confiable. Si se produce un incendio durante la pérdida de la energía, podría implementarse el sistema de protección contra incendios a través de la conexión del cuerpo de bomberos.
 3. La fuente de energía normal no es alimentada por conductores aéreos fuera de las instalaciones protegidas. Los departamentos de bomberos que responden a un incidente ocurrido en las instalaciones protegidas no operarán aparatos aéreos cerca de líneas de energía aéreas con corriente, sin excepción. Se requiere una fuente de energía de reserva en el caso en que se den estas condiciones y que la fuente de energía normal deba ser cerrada.
 4. Sólo los interruptores de desconexión y los dispositivos de protección de sobrecorriente permitidos son instalados en la fuente normal de energía. La desconexión de energía y la protección de sobre corriente activada sólo deberían ocurrir en el controlador de la bomba contra incendios. Si se instalan interruptores de desconexión o dispositivos de protección de sobre corriente no anticipados en la fuente normal de energía que no cumple con los requisitos de la norma, la fuente normal de energía no debería ser considerada confiable y es necesaria una fuente de energía de reserva.

C .2.3. Energía alternativa

- Debe proveerse al menos una fuente de energía alternativa cuando la altura de la estructura supere la capacidad de bombeo de los vehículos del cuerpo de bomberos. Al menos una fuente alternativa debe ser provista cuando la fuente normal no sea confiable.
- No debe requerirse una fuente alternativa para la bomba contra incendios primaria cuando se instale una bomba contra incendios de respaldo accionada por motor diesel o bien una bomba de respaldo accionada por motor eléctrico con una fuente de energía independiente.
- Donde sea provista, la fuente alternativa debe ser alimentada desde una de las siguientes fuentes:
 - Generador.
 - Una de las fuentes principales descritas, pero independiente de la fuente principal.
- Cuando sea provisto, el suministro alternativo debe ser arreglado de modo tal que la energía a la bomba contra incendios no sea interrumpida cuando las líneas aéreas sean desenergizadas para operaciones del departamento de bomberos.

- Cuando la fuente de energía alterna conste de dos o más fuentes de energía y una de las fuentes sea un alimentador dedicado, que derive de un servicio público separado de aquel que utilizado por la fuente normal, no debe requerirse que los medios de desconexión, el dispositivo de protección de sobrecorriente y los conductores cumplan con los requerimientos descritos y debe permitirse que se instalen conforme a NFPA 70.

C .2.4. Caída de voltaje

- El voltaje en los terminales de línea del controlador no debe descender más del 15 % por debajo del nivel normal (Nominal del controlador), en condiciones de encendido del motor. Esto no se debe aplicar a encendido mecánico de funcionamiento de emergencia.
- El voltaje de las terminales de carga de los contactores a las que está conectado el motor no debe descender más del 5 % por debajo del voltaje nominal del motor cuando el motor funcione al 115 % de la corriente nominal de carga completa del motor.
- El cableado desde el controlador hacia el motor de la bomba debe ser un cable tipo LFNC-B, Tipo MC listado con una cubierta impermeable o un cable Tipo MI colocado en un conducto de metal rígido, en un conducto de metal intermedio, en un tubo metálico eléctrico, en un conducto de metal flexible hermético a los líquidos o en un conducto no metálico flexible hermético a los líquidos.
- Las conexiones eléctricas en las cajas de los bornes del motor deben hacerse con un medio de conexión listado, no debe permitirse el uso de conectores de cables de tipo retorcidos, de perforación del aislamiento.

C .2.5. Motores

C .2.5.1. Generalidades

- Todos los motores deben estar en conformidad con NEMA MG-1, deben estar marcados en conformidad con las normas de diseño B de NEMA y deben estar específicamente listados para servicio de bomba contra incendios. Esto no debe aplicarse a motores del tipo universal o de rotor bobinado, de corriente directa, de alto voltaje (más de 600 [V]), de valores mayores de caballos de fuerza (más de 500 hp), de fase única.
- Los motores de devanado partido deben tener una relación de bobinado 50-50 para que las corrientes sean iguales en ambos bobinados mientras funcionan a la velocidad nominal.

C .2.5.2. Motores utilizados con controladores de velocidad variable

- Los motores deben cumplir con los requisitos establecidos en NEMA MG-1, apartado 30 o 31. Los motores deben estar listados, ser adecuados y deben estar marcados para funcionamiento en giro invertido. Los motores de velocidad variable deben ser del tipo de funcionamiento en grado inversor para que la instalación sea confiable. Los motores de funcionamiento en grado inversor tienen un voltaje nominal de aislamiento más alto, una certificación adecuada de aumento de la temperatura nominal y protección contra daños.
- Los valores correspondientes para rotores en reposo para motores clasificados en otros voltajes deben determinarse al multiplicar los valores indicados por el cociente de 460 [V] a voltaje nominal de la tabla 6.2. Las corrientes del rotor bloqueado para motores de 460 [V] son de aproximadamente seis veces la corriente de carga total.

- Las letras de código de motores para todos los otros voltajes deben cumplir con los indicados para 460 [V] en la tabla 6.2.
- Todos los motores deben clasificarse para funcionamiento continuo.
- Los transitorios eléctricos inducidos por motores deben coordinarse a fin de evitar la desconexión innecesaria de dispositivos de protección de controladores del motor.

Tabla 6.2: Potencia en caballos de fuerza y designación de motor para corriente con rotor en reposo para motores de diseño B de NEMA.

Potencia nominal en caballos de fuerza	Corriente con rotor en reposo de tres fases de 460V [A]	Designación de motor
5	46	J
7,5	64	H
10	81	H
15	116	G
20	145	G
25	183	G
30	217	G
40	290	G
50	362	G
60	435	G
75	543	G
100	725	G
125	908	G
150	1.085	G
200	1.450	G
250	1.825	G
300	2.200	G
350	2.550	G
400	2.900	G
450	3.250	G
500	3.625	G

C .2.5.3. Límites de corriente

- La capacidad del motor en caballos de fuerza debe ser de una potencia tal que la corriente máxima del motor en cualquier fase bajo cualquier condición de la carga de la bomba y desequilibrio del voltaje no debe superar la corriente de carga total de clasificación de motor multiplicada por el factor de servicio.
- Debe aplicarse lo siguiente al factor de servicio:
 1. El motor debe utilizarse a un factor de servicio máximo de 1,15.
 2. Cuando el motor es utilizado con un controlador de limitación de presión de velocidad variable, el factor de servicio no debe ser utilizado.
- Estos factores de servicio deben cumplir con NEMA MG-1.

- Los motores para uso general, los motores refrigerados por ventilación totalmente cerrada y los motores no ventilados totalmente cerrados, no deben contar con un factor de servicio mayor a 1,15.
- Los motores utilizados en altitudes superiores a 1000 metros deben operarse o ajustarse su potencia según NEMA MG-1, parte 14.

C .2.5.4. Marcación

- La marcación de terminales de motor debe llevarse a cabo según NEMA MG-1, Parte 2.
- El fabricante de motores debe poner a disposición un diagrama de conexión de terminal de motor para motores de múltiples cables.

C .2.6. Sistemas de generador auxiliar en sitio

C .2.6.1. Capacidad

- Cuando se utilizan sistemas de generación en sitio para suministrar energía a motores de bombas contra incendios para prestar conformidad con los requerimientos de una fuente alternativa de energía, deben tener una capacidad suficiente para permitir el arranque y funcionamiento normal del motor que impulsa la bomba mientras alimenta todas las otras cargas operadas en forma simultánea a la vez que cumplen con los requerimientos del caída de voltaje.
- No debe requerirse una conexión delante del medio de desconexión del generador en el lugar.

C .2.6.2. Fuentes de energía

- Los sistemas de generador auxiliar en sitio deben cumplir con el apartado de caída de voltaje y deben cumplir con los requerimientos de nivel 1, tipo 10, Sistemas clase X de NFPA 110 [17].
- El motor debe funcionar y continuar produciendo la energía certificada nominal de la placa de identificación sin apagado ni reducción de potencia para alarmas y advertencias, ni sensores para motores con fallas, excepto el apagado por exceso de velocidad.
- La capacidad de abastecimiento de combustible del generador debe ser suficiente para 8 horas de funcionamiento de la bomba contra incendios, al 100% de la capacidad nominal de ésta, además del suministro requerido para otras demandas.
- La transferencia de energía hacia el controlador de la bomba contra incendios entre el suministro normal y un suministro alternativo debe llevarse a cabo dentro del cuarto de bombas.
- Los dispositivos de protección instalados en los circuitos de la fuente de energía del generador deben permitir la toma instantánea de la carga total del cuarto de bombas y deben cumplir con lo establecido en NFPA 70, sección 700.27. El tamaño de los dispositivos de protección del generador debería ser tal que permita que el generador pueda efectuar una toma instantánea de la carga completa del cuarto de bombas. Ello incluye el arranque de todas y cada una de las bombas contra incendios conectadas en el modo de arranque de voltaje máximo a través de la línea.

C .2.6.3. Caja de conexiones

- Cuando el cableado de la bomba contra incendios hacia o desde el controlador de la bomba esté direccionado a través de una caja de conexiones, deben cumplirse los siguientes requerimientos:
 1. La caja de conexiones debe estar montada de manera segura.
 2. El montaje y la instalación de una caja de conexiones no debe infringir la clasificación del tipo de gabinete del controlador de la bomba contra incendios.
 3. El montaje y la instalación de una caja de conexiones no debe infringir la integridad del controlador de la bomba contra incendios y no debe afectar la clasificación de cortocircuito de los controladores.
 4. Como mínimo, debe utilizarse un gabinete (caja de conexiones), a prueba de goteo, de Tipo 2. El gabinete debe estar listado de modo que sea compatible con la clasificación del tipo de gabinete del controlador de la bomba contra incendios.
 5. Las terminales, bloques de empalmes y uniones, cuando se utilicen, deben estar listados.
 6. No debe usarse un controlador de la bomba contra incendios ni un interruptor de transferencia de energía de la bomba contra incendios, si se hubiera provisto, como una caja de conexiones para abastecer a otros equipos, entre ellos una o más bombas de mantenimiento de presión.

C .2.6.4. Sistema listado de protección de circuitos eléctricos para el cableado del controlador

- Cuando se utilicen conductores únicos (individuales), estos deben terminar en una caja de conexiones separada.
- La caja debe ser instalada delante del controlador de la bomba contra incendios, a un mínimo de 12 pulgadas de distancia del muro certificado como resistente al fuego o piso lindante a la zona de incendio.
- Los conductores únicos no deben ingresar en el gabinete de la bomba contra incendios de manera separada.
- Cuando sea requerido por el fabricante de un sistema de protección de circuitos eléctricos listados, según lo establecido en NFPA 70, el canal para conductores eléctricos entre una caja de conexiones y el controlador de la bomba contra incendios debe estar sellado en el extremo final de la caja de conexiones según lo requerido y de acuerdo con lo establecido en las instrucciones del fabricante.
- Se debe considerar aceptable un cableado estándar entre la caja de conexiones y el controlador.

C .2.6.5. Terminaciones del canal para conductos eléctricos

- Deben utilizarse terminales de conductos eléctricos listados para la terminación del canal que va hacia el controlador de la bomba contra incendios.
- La clasificación del tipo de terminales de conductos eléctricos debe ser, como mínimo, igual a la del controlador de la bomba contra incendios.
- Deben cumplirse las instrucciones de instalación del fabricante del controlador de la bomba contra incendios.

- Las alteraciones en el controlador de la bomba contra incendios, excepto en el ingreso del conducto según lo permitido en NFPA 70, deben ser aprobadas por la autoridad competente.
- Cuando el canal para cables eléctricos situado entre el controlador y el motor no tenga la capacidad de conducir una corriente de falla a tierra suficiente para el accionamiento del disyuntor cuando se produzca una falla a tierra, debe instalarse un conductor a tierra en un equipo separado, entre el controlador y el motor.

D . Suministro de Agua

D .1. Generalidades

- La confiabilidad del suministro de agua, debe ser tal, que no varíe o vaya a disminuir en un futuro cercano a la fecha de instalación del sistema. Cuando se realicen pruebas para determinar que el flujo de agua de parte del suministro sea adecuado, éste no debe realizarse con más de 12 meses de antelación a la instalación.
- Se permite cualquier fuente de agua adecuada en cantidad, calidad y presión, que funcione como suministro de agua del SPCI.
- La aceptabilidad del suministro debe realizarse y evaluarse con anterioridad a la especificación e instalación de la bomba principal.
- Cuando el flujo máximo disponible del suministro de agua no pueda proveer un caudal del 150 % nominal, pero puede proveer más del 100 % del caudal nominal o la demanda de flujo máxima del SPCI, el suministro de agua debe considerarse adecuado. En este caso, el flujo máximo se considera como el flujo más alto que el suministro de agua pueda entregar.
- Cuando ocurra lo anterior, se debe colocar una placa visible en el cuarto de bombas, donde se indique la presión mínima de succión a la que la bomba principal puede ser sometida a prueba, así como también el caudal requerido.
- La Altura disponible (NPSHD), de un suministro de agua, debe ser calculado en función de un flujo del 150 % de la capacidad nominal de la bomba principal. Cuando el suministro no puede proporcionar éste flujo, entonces se deberá hacer con el flujo máximo que permita el suministro de agua, siempre que sea mayor al 100 % del caudal nominal como se menciona anteriormente.

D .2. Pruebas de flujo de agua

- La instalación de bombas contra incendios, debe disponerse para permitir la prueba de la bomba en condiciones de operación nominal, así como también la prueba de abastecimiento de succión al máximo flujo disponible desde la bomba.
- Cuando se instale un cabezal de prueba, debe ser instalado sobre un muro exterior o en otro lugar fuera del cuarto de bombas que permita la descarga de agua durante las pruebas.
- Los dispositivos de medición o boquillas para prueba de la bomba deben poder manejar un caudal de agua no menor al 175 % de la capacidad nominal de la bomba. Los dispositivos deben descargar al drenaje, a excepción de que el suministro de agua sea limitado y sea necesario retornar a éste.

- Todas las tuberías del sistema de medición deben ser dimensionadas hidráulicamente, en caso contrario no deben ser más pequeñas que lo especificado por el fabricante del medidor o por la tabla 6.1.
- Para tuberías no dimensionadas hidráulicamente, con longitud equivalente menor a los 30,5 metros, debe permitirse el uso de un medidor de tamaño mínimo para la capacidad de bomba determinada. En caso de tuberías de mayor longitud equivalente, debe utilizarse el tamaño siguiente mayor, con tal de minimizar las pérdidas por fricción.
- El instrumento de lectura debe tener el tamaño correcto para la capacidad nominal de la bomba, según la tabla 6.1.
- Cuando la descarga se efectúe dentro de un estanque, la boquilla debe descargar lo suficientemente alejada de la succión de la bomba, con tal de evitar que entren bolsas de aire a la bomba.
- Cuando se instale un dispositivo de medición en un arreglo en lazo para la prueba de flujo, debe proveerse un medio alternativo de medición de caudal, el cual debe estar ubicado aguas abajo y en serie con el medidor de flujo. Además debe funcionar para el rango de caudales necesario para la conducción de la prueba completa. Un cabezal de prueba del tamaño apropiado debe ser un medio alternativo aceptable de medición del caudal.

D .2.1. Válvulas de manguera

- La cantidad y tamaño de las válvulas para las pruebas de las bombas debe ser según lo especificado en la tabla 6.1.
- Cuando las salidas se utilicen como medio para someter a prueba la bomba del SPCI, debe aplicarse los siguientes puntos:
 - a) Válvulas de manguera montadas sobre un cabezal de válvula de manguera con una tubería dimensionada según la tabla 6.1.
 - b) Hidrantes de pared, hidrantes de patio o salidas de tubería verticales en número suficiente y de un tamaño adecuado que permita llevar a cabo las pruebas de la bomba.
- Debe utilizarse una válvula indicadora de compuerta o mariposa en la tubería que se extiende hasta el cabezal de la válvula de manguera. Y debe estar en un punto de la línea cerca de la bomba.
- Debe colocarse una válvula de drenaje o de drenaje de bola automática en la tubería, en un punto bajo entre la válvula y el cabezal.
- El tamaño de la tubería debería cumplir alguno de los siguientes criterios:
 - a) Cuando la tubería entre el cabezal de válvulas y la conexión a la tubería de descarga de la bomba tiene una longitud mayor a 4,5 metros, debe utilizarse el tamaño de tubería mayor siguiente al requerido en las secciones anteriores.
 - b) Se permitirá dimensionar la tubería de manera hidráulica, basado siempre en un flujo de 150% la capacidad nominal de la bomba, excepto cuando este no pueda ser alcanzado, en cuyo caso se dimensionará para el flujo máximo disponible. Este cálculo debe incluir la pérdida por fricción de la tubería equivalente.

D .3. Estanque de agua

- El suministro de agua más un rellenado automático confiable, deben ser suficientes para satisfacer la demanda requerida para la duración del diseño. Y debe proveerse un método confiable para reponer este suministro.
- La boca de descarga debe estar equipada con un conjunto de montaje que controle los posibles vórtices debido a la succión. La figura 6.5 muestra un ejemplo de esto.

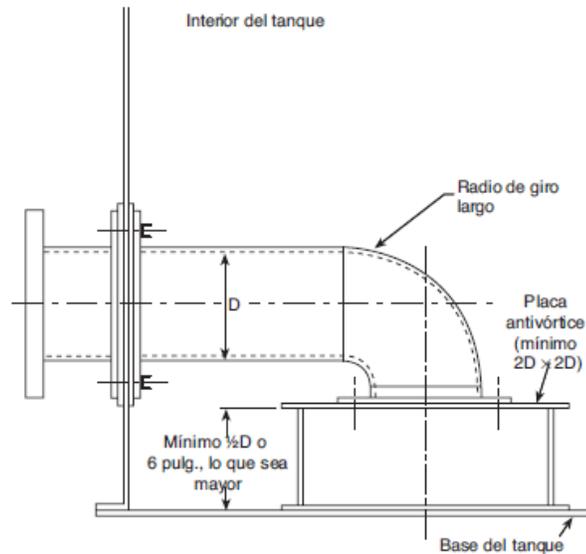


Figura 6.5: Ejemplo de instalación para la succión desde un estanque [Fuente: NFPA 20].

D .4. Red

- Cuando el suministro de agua desde una tubería pública no resulte adecuado en cantidad, calidad o presión, debe suministrarse una fuente de agua alternativa.

E . Controladores

E .1. Para motores eléctricos

E .1.1. Generalidades

- Los dispositivos accesorios, incluyendo la alarma de la bomba contra incendios y medios de señalización, están incluidos cuando sea necesario para asegurar el desempeño mínimo del equipamiento.
- Todos los controladores e interruptores de transferencia deben ser listados específicamente para el servicio de bombas contra incendios impulsadas por motores eléctricos.
- El controlador e interruptor de transferencia deben ser adecuado para la corriente disponible de corto circuito en las terminales de línea del controlador y del interruptor de transferencia.
- El controlador e interruptor de transferencia deben estar marcados como "Aptos para el uso en un circuito capaz de suministrar no más de ___ amperes RMS simétricos a ___ volts CA "φ" ___"

Amperes RMS simétricos a ___ volts CA de clasificación de corriente de corto circuito” o un equivalente.

- Todos los controladores deben ser completamente armados, cableados y puestos a prueba por el fabricante antes de su envío desde la fábrica.
- Todos los controladores e interruptores de transferencia deben estar listados como *”Adecuados para su uso como equipamiento de servicio”* cuando así se utilicen.
- Todos los controladores deben estar marcados como *”Controlador eléctrico para bomba contra incendios”* y deben mostrar el nombre del fabricante, la designación de identificación, la presión operativa máxima, la designación de tipo de gabinete y una clasificación eléctrica completa.
- Cuando bombas múltiples abastecen diferentes áreas o porciones de las instalaciones, debe colocarse un cartel apropiado lo suficientemente llamativo en cada controlador señalando el área, la zona o porción del sistema abastecido por la bomba o controlador de bomba.
- Debe ser responsabilidad del fabricante de la bomba o su representante, realizar las disposiciones necesarias para obtener los servicios de un representante del fabricante cuando se necesiten servicios y ajustes del equipo durante la instalación, puesta a prueba y períodos de garantía.
- El controlador debe estar en un estado de completa funcionalidad a los 10 segundos de la aplicación de energía.
- Todo diseño del equipamiento de control eléctrico debe cumplir con los requerimientos de NFPA 70, Artículo 695, y otros documentos aplicables.

E .1.2. Ubicación

- Los controladores deben estar ubicados tan cerca como resulte práctico de los motores que controlan y deben estar a poca distancia de los motores.
- Los controladores deben ubicarse o protegerse de manera que no sean dañados por el agua que se filtre desde las bombas o conexiones de las bombas.
- Las piezas de los controladores que transportan corriente deben encontrarse a no menos de 12 pulgadas por encima de nivel del suelo.

E .1.3. Construcción

- Todo el equipamiento debe ser el adecuado para ser instalado en ubicaciones sujetas a un grado moderado de humedad.
- Todo el equipamiento debe estar montado de una manera sustancial en una estructura única de soporte no combustible.

E .1.3.1. Gabinetes

- La estructura o panel deben estar montados de manera segura, como mínimo, uno o más gabinetes a prueba de goteo, NEMA de Tipo 2 o en uno o más gabinetes de una clasificación IP31 de protección de entrada (IP).
- Cuando el equipamiento se encuentra en el exterior, o donde exista un medio ambiente especial, debe utilizarse gabinetes clasificados de manera adecuada.
- Los gabinetes deben tener conexión a tierra de conformidad con NFPA 70.

E .1.3.2. Conexiones y cableado

- Todas las barras conductoras y conexiones deben tener un acceso rápido para trabajo de mantenimiento después de la instalación del controlador.
- Todas las barras conductoras deben disponerse de modo que no se requiera la desconexión de los conductores de circuito externo.
- Deben proveerse los medios en el exterior del controlador para leer todas las corrientes de línea y todos los voltajes de línea con un exactitud dentro del $\pm 5\%$ del voltaje y de la corriente de placa del motor.

E .1.3.3. Servicio continuo

- Las barras conductoras y otros elementos de cableado del controlador deben estar diseñados para brindar un servicio continuo. No debe aplicarse a los conductores que se encuentran en circuito sólo durante el período de inicio del motor, los que deben diseñarse en consecuencia.

E .1.3.4. Conexiones de campo

- Un controlador de bomba contra incendios no debe utilizarse como una caja de conexiones para abastecer otros equipos.
- No deben instalarse en campo dispositivo de bajo voltaje, de pérdida de fase, sensibles a frecuencias ni otros dispositivos que automáticamente o manualmente prohíban la activación eléctrica del contactor del motor.
- Los conductores de suministro eléctrico para bombas de mantenimiento de presión (reforzadora o de compensación), no deben conectarse al controlador de bomba contra incendios.

E .1.3.5. Protección de circuitos de control

- Los circuitos que son necesarios para un funcionamiento adecuado del controlador no deben contar con dispositivos de protección de sobrecorriente conectados a ellos.
- Debe permitirse que el secundario del transformador y los circuitos de control no estén conectados a tierra.

E .1.3.6. Operación externa

- Todo el equipamiento de conmutación para uso manual para conectar y desconectar el motor o para arranque o parada deben ser operables externamente.

E .1.3.7. Diagramas eléctricos e instrucciones

- Debe contarse con un diagrama esquemático eléctrico y colocarse en forma permanente en la parte interior del gabinete del controlador.
- Todos los terminales de cableado deben estar claramente marcadas para corresponder con el diagrama de conexión de ampo suministrado.
- Debe contarse con instrucciones completas que cubran la operación del controlador y deben colocarse visiblemente en el controlador.
- Deben cumplirse las instrucciones de instalación del fabricante del controlador de la bomba contra incendios.

E .1.3.8. Marcación

- Todos los dispositivos de control de los motores y todos los interruptores y disyuntores deben estar marcados para indicar claramente el nombre del fabricante, el número de identificación designado y la clasificación eléctrica en volts, hp, amperes, frecuencia, fases, etc., como resulte apropiado.
- Las marcaciones deben estar ubicadas en un lugar que resulte visible después de la instalación.

E .1.4. Componentes

E .1.4.1. Disipador de sobrecorriente de voltaje

- Debe instalarse para cada una de las fases conectadas a tierra un disipador de sobrecorriente de voltaje que cumpla con los establecido en ANSI/IEEE C62.1 o C62.11. El disipador debe estar clasificado para suprimir sobrecargas de voltaje superiores al voltaje de la línea.
- Lo anterior no se debe aplicar a controladores clasificados como superiores a 600 [V] o cuando el controlador pueda soportar sin dañarse un impulso de 10 [kV], de acuerdo a lo establecido en ANSI/IEEE C62.41.

E .1.4.2. Interruptor aislante

- El interruptor aislante debe ser un interruptor de circuito de motor manualmente operable o un interruptor de caja moldeada con una clasificación en caballos de fuerza igual o mayor a los caballos de fuerza del motor.
- Debe permitirse un interruptor de caja moldeada con una clasificación en amperes no menor al 115 % de la corriente nominal de carga completa del motor, también adecuado para interrumpir la corriente con rotor en reposo del motor.
- Debe permitirse que un interruptor aislante de caja moldeada posea una protección de sobrecorriente de corto circuito instantáneo, siempre y cuando dicho interruptor no se dispare a menos que el disyuntor del mismo controlador también se dispare.
- El interruptor debe poder operarse de manera externa.
- La clasificación de amperes del interruptor aislante debe ser por lo menos 115 % de la clasificación de corriente de la carga total del motor.
- Cuando el interruptor aislante y el disyuntor están interconectados de manera tal que el interruptor aislante no puede ni abrirse ni cerrarse mientras el disyuntor esté cerrado, debe permitirse que el cartel de advertencia sea reemplazado con un cartel de instrucciones que indique el orden de operación.
- En caso de no cumplirse lo anterior, la siguiente advertencia debe aparecer sobre o inmediatamente adyacente al interruptor aislante:

**ADVERTENCIA: NO ABRA O CIERRE ESTE INTERRUPTOR MIENTRAS
EL DISYUNTOR (MEDIO DE DESCONEJIÓN) SE ENCUENTA EN
POSICIÓN CERRADO.**

- El manubrio de operación del interruptor aislante debe contar con un cerrojo de resorte dispuesta de tal modo que se requiera el uso de la otra mano para sostener el cerrojo liberado para permitir la apertura o cierre del interruptor.

- Lo anterior no debe aplicarse cuando el interruptor aislante y el disyuntor se encuentren interconectados de manera tal que el interruptor aislante no pueda abrirse o cerrarse mientras el disyuntor está cerrado.

E .1.4.3. Disyuntor (Medio de desconexión)

- El circuito ramal del motor debe estar protegido por un disyuntor que debe estar conectado directamente al lado de carga del interruptor aislado y debe contar con un polo para cada conductor de circuito sin conexión a tierra.
- El disyuntor debe tener las siguientes características mecánicas:
 1. Debe poder operarse externamente.
 2. Debe saltar libre del manubrio.
 3. Debe colocarse una placa con la leyenda "*Disyuntor: medio de desconexión*" en letras no menores a 3/8 pulgadas de altura en la parte externa del gabinete del controlador en forma adyacente a los medios de operación del disyuntor.
- El disyuntor debe tener las siguientes características eléctricas:
 1. Una clasificación de corriente continua no menor al 115% de la corriente nominal de carga total del motor.
 2. Elementos sensores de sobrecorriente del tipo no termal.
 3. Protección instantánea de sobrecorriente de corto circuito.
 4. Una clasificación adecuada de interrupción para otorgar la clasificación correcta del controlador .
 5. Capacidad para permitir un inicio y funcionamiento del motor normal y de emergencia sin dispararse.
 6. Una configuración de disparo instantáneo no mayor a 20 veces la corriente de carga total.
- El disyuntor no debe accionarse cuando se arranque un motor que estaba en reposo en el modo a través de la línea (en línea directa), sea o no el controlador del tipo de arranque de irrupción reducida.
- El disyuntor no debe accionarse cuando la energía sea interrumpida desde una bomba en funcionamiento o si se reinicia la bomba en menos de 3 segundos luego de haber sido apagada. Si hubiera un circuito de control que evita un reinicio dentro de los 3 segundos, no debe aplicarse este requisito.
- Cuando sean parte integral del disyuntor, deben permitirse limitadores de corriente a fin de obtener la clasificación de interrupción requerida, siempre que se cumplan todos los requisitos siguientes:
 1. El disyuntor debe aceptar limitadores de corriente de sólo una clasificación.
 2. Los limitadores de corriente deben soportar un 300% de corriente de carga total del motor durante un mínimo de 30 minutos.
 3. Los limitadores de corriente, cuando se encuentran instalados en el disyuntor, no deben abrirse con corriente con rotor en reposo.
 4. Debe mantenerse un equipo de repuesto de limitadores de corriente fácilmente disponible en un compartimiento o estante dentro el gabinete del controlador.

- El único otro dispositivo de protección de sobrecorriente que debe requerirse y permitirse entre el interruptor aislante y el motor de bomba contra incendios debe colocarse dentro del controlador de bomba contra incendios y debe poseer las siguientes características:
 1. Para un motor de inducción de rotor bobinado o del tipo jaula de ardilla, el dispositivo debe ser del tipo de retardo de tiempo con los siguientes tiempos de accionamiento:
 - a) Entre 8 y 20 segundos con corriente de rotor en reposo.
 - b) 3 minutos a un mínimo del 300 % de la corriente del motor de carga total.
 2. Para un motor de corriente continua, el dispositivo debe ser como se indica a continuación:
 - a) Del tipo instantáneo.
 - b) Calibrado y configurado a un mínimo del 400 % de la corriente de motor de carga total.
 - c) Debe contarse con medios visuales o marcas claramente señalados sobre el dispositivo que indiquen que se han establecido configuraciones adecuadas.
 - d) Debe ser posible restablecer el dispositivo para el funcionamiento inmediatamente después de haberse disparado, sin que en lo sucesivo las características del disyuntor cambien.
 - e) La disyunción debe llevarse a cabo abriendo el disyuntor, que debe ser del tipo de restablecimiento manual externo.

E .1.4.4. Circuito de arranque del motor

- El contactor del motor debe tener una clasificación en caballos de fuerza y debe ser del tipo magnético con un contacto en cada conductor sin conexión a tierra.
- Los contactores en funcionamiento deben estar dimensionados de modo que tanto las corrientes del rotor en reposo como las de funcionamiento continuo se encuentren.
- Los contactores de arranque deben ser dimensionados tanto para la corriente del rotor en reposo como para la aceleración encontradas.
- Para operaciones eléctricas de controladores de voltaje reducido, debe contarse con aceleraciones automáticas temporizadas del motor.
- El período de aceleración del motor no debe superar los 10 segundos.
- Los resistores de arranque deben diseñarse para permitir una operación de arranque de 5 segundos cada 80 segundos durante un período no menor a 1 hora.
- Los reactores y autotransformadores de arranque deben cumplir con los requerimientos de la ANSI/UL 508, tabla 92,1.
- Debe permitirse que los reactores y autotransformadores de arranque de más de 200 hp sean diseñados en conformidad con la parte 3 de la ANSI/UL 508, en lugar de la parte 4.
- Las unidades de arranque progresivo deben contar con una clasificación en caballos de fuerza o ser específicamente diseñadas para el servicio. El contactor con desviaciones debe cumplir lo anterior.
- Para controladores de 600 [V] o menos, las bobinas de operación para cualquier contactor de motor, y para cualquier contactor con desviaciones deben ser alimentadas directamente del voltaje de potencia principal y no mediante un transformador.

- Debe permitirse que los sensores de fase única eviten el arranque de un motor de tres fases bajo una condición de fase única. Los sensores no deben provocar una desconexión del motor si este se encuentra funcionando al momento de que ocurra una fase única.
- No debe permitirse protección de fallas a tierra, pero debe permitirse una alarma de fallas a tierra.

E .1.4.5. Dispositivos de señalización en el controlador

- Un indicador visible debe monitorear la disponibilidad de energía en todas las fases en las terminales de línea del contactor del motor, o del contactor con desviaciones, si fueran provistos.
- Si el indicador visible es una lámpara piloto, debe ser accesible para un reemplazo, además esta lámpara piloto debería tener un voltaje operativo menor que el voltaje nominal de la lámpara para asegurar una larga vida operativa.
- Cuando la energía suministrada desde fuentes de energía múltiple, debe permitirse el monitoreo de cada fuente de energía por pérdida de fase en cualquier punto ubicado eléctricamente antes de las terminales de línea del controlador, siempre que todas las fuentes sean monitoreadas.
- La inversión de fases de la fuente de energía a la cual se encuentran conectada las terminales de línea de contactor del motor debe indicarse mediante un indicador visible.
- Cuando la energía es suministrada desde fuentes de energía múltiples, debe permitirse el monitoreo de cada fuente de energía por pérdida de fase en cualquier punto ubicado eléctricamente antes de las terminales de línea del contactor, siempre que todas las fuentes sean monitoreadas.

E .1.4.6. Dispositivos remotos de alarma de bomba contra incendios y de señalización desde el controlador

- Cuando el cuarto de la bomba no sea constantemente atendido, deben proveerse señales audibles o visibles energizadas por una fuente que no exceda los 125 [V] en un punto atendido constantemente.
- Las alarmas o señales de la bomba contra incendios deben indicar lo siguiente:
 - La señal debe activarse cada vez que el controlador opere en condición de motor encendido.
 - Este circuito de señalización debe recibir energía desde una fuente de energía confiable separada o desde la energía del motor de la bomba, reducida a no más de 125 [V].
 - La alarma de la bomba contra incendios debe activarse cada vez que se pierda cualquier fase en las terminales de línea del contactor del motor.
 - Debe monitorearse todas las fases. Dicho monitoreo debe detectar la pérdida de fase aunque el motor esté funcionando o no.
 - Cuando la energía es suministrada desde fuentes de energía múltiples, debe permitirse el monitoreo de cada fuente de energía por pérdida de fase en cualquier punto ubicado eléctricamente antes de las terminales de línea del contactor.
 - La alarma debe activarse cuando se invierta la potencia de tres fases en las terminales de línea del contactor del motor, este circuito de alarma debe recibir energía desde una fuente de energía supervisada confiable separada o desde la energía del motor, reducida a no más de 125 [V].
 - Los controladores deben estar equipados con contactos para hacer funcionar los circuitos de lo antes mencionado.

E .1.5. Encendido y control

E .1.5.1. Controlador automático

- Debe proveerse un interruptor accionado por presión o un sensor electrónico de presión con puntos de configuración de alta o baja calibración ajustables como parte del controlador.
- No debe haber un amortiguador de presión o un orificio de restricción dentro del interruptor de presión o de los medios de respuesta a la presión.
- No debe haber ninguna válvula u otras restricciones dentro del controlador delante del interruptor de presión o de los medios de respuesta a la presión.
- El interruptor debe responder a la presión de agua dentro del sistema de protección contra incendios. El elemento de detección de presión del interruptor debe ser capaz de soportar una sobrecarga momentánea de 400 psi o 133 % de la presión nominal operativa del controlador de la bomba, la que sea más elevado.
- Debe disponerse de los medios adecuados para el alivio de presión hacia el interruptor accionado por presión, a fin de permitir la puesta a prueba del funcionamiento del controlador y de las unidad de bombeo.
- El control de presión de agua debe estar en conformidad con todos los puntos siguientes:
 1. El accionamiento del interruptor de presión en el punto de arranque inferior debe iniciar la secuencia de arranque de la bomba.
 2. Un dispositivo de grabación de presión debe grabar la presión en cada línea de detección de presión del controlador de la bomba contra incendios en la entrada del controlador.
 3. El grabador de presión debe estar listado como parte del controlador o debe ser una unidad listada de manera separada instalada para la detección de la presión en la entrada del controlador.
 4. El grabador debe ser capaz de funcionar durante al menos 7 días sin que sea reconfigurado ni rebobinado.
 5. El elemento de detección de presión del grabador debe ser capaz de soportar una sobrecarga momentánea de 400 psi o 133 % de la presión nominal operativa del controlador de la bomba, la que sea más elevada, sin perder su precisión.
- **Control de equipamiento de protección contra incendios**
 - Cuando la bomba abastezca un equipamiento de control de agua especial, debe permitirse arrancar el motor antes que lo hagan los interruptores accionados por presión. Bajo tales condiciones el controlador debe estar equipado para arrancar el motor al funcionar el equipamiento de protección contra incendios.
 - El arranque del motor debe ser iniciado por la apertura del lazo del circuito de control que contiene este equipamiento de protección contra incendios.
- **Control eléctrico manual en estaciones remotas**
 - Cuando se proveen estaciones de control adicionales para provocar un funcionamiento continuo no automático de la unidad de bombeo, independiente del interruptor accionado por presión, en locaciones remotas del controlador, dicha estaciones no deben ser operables para detener el motor.
- **Circuitos externos conectados a controladores**

- Los circuitos de control externos que se extienden fuera del cuarto de bomba contra incendios, deben arreglarse de manera que cualquier falla de un circuito externo no debe evitar el funcionamiento de las bombas de todos los otros medios internos o externos.
- Debe permitirse la rotura, desconexión, puenteo de los cables, pérdida a tierra o pérdida de energía hacia estos circuitos para provocar un funcionamiento continuo de la bomba contra incendios, pero no debe evitarse que los controladores arranquen la bomba contra incendios a causas diferentes a estos circuitos externos.
- Todos los conductores de control dentro del cuarto de la bomba contra incendios que no son tolerantes a las fallas deben protegerse contra daños mecánicos.

E .1.5.2. Controlador no automático

■ Control eléctrico manual

- Debe haber un interruptor operado en forma manual en el panel de control dispuesto de modo que cuando el motor se arranca manualmente, su operación no pueda ser afectada por el interruptor accionado por presión.
- La disposición debe considerar que la unidad continuará en funcionamiento hasta que se apague de manera manual.

■ Control mecánico de funcionamiento de emergencia en el controlador

- El controlador debe estar equipado con una manija o palanca de funcionamiento de emergencia que sirva para cerrar mecánicamente el mecanismo del interruptor del circuito de motor.
- Esta palanca debe brindar un funcionamiento no automático continuo de los motores, independiente de cualquier circuito de control eléctrico, imanes o dispositivos equivalente e independientes del interruptor de control activado por presión.
- Deben incorporarse medios para enganchar o sostener mecánicamente la palanca para una operación manual en la posición accionada. El enclavamiento mecánico debe estar diseñado para ser automático o manual.
- La palanca debe disponerse para moverse en solo una dirección, desde la posición de apagado a la final.
- El arrancador de motor debe volver de manera automática a la posición de apagado en caso de que el operador libere la palanca del arrancador en cualquier posición que no sea la posición de funcionamiento total.
- La palanca de operación debe estar señalizada o etiquetada respecto de su función y operatividad.

■ Metodos de detección

- El apagado debe realizarse de manera manual o automática
 - **Manual:** El cierre manual debe efectuarse mediante la presión de un botón en el exterior del gabinete del controlador que, en el caso de los controladores automáticos, debe regresar el controlador a la posición automática total.
 - **Automático después de un arranque automático:** Para efectuarse se deben cumplir los siguientes puntos:
 1. Debe permitirse el apagado automático sólo cuando el controlador esté dispuesto para un apagado automático después de que todas las causas de arranque y funcionamiento han vuelto a la normalidad.

2. Debe permitirse un temporizador con un período de funcionamiento configurado de por lo menos 10 minutos para comenzar en la operación inicial.
3. El punto 1 no debe permitirse cuando la bomba constituye el único abastecimiento de un sistema de rociadores, o cuando la autoridad competente haya requerido un apagado manual.

E .1.6. Transferencia de energía para suministro de corriente alterna

E .1.6.1. Generalidades

- Los interruptores de transferencia manuales no deben utilizarse para transferir energía entre el suministro normal y el alternativo hacia el controlador de la bomba contra incendios.
- No deben instalarse dispositivos remotos que puedan evitar el funcionamiento automático del interruptor de transferencia.

E .1.6.2. Controlador de bomba contra incendios y disposiciones del interruptor de transferencia

- **Disposición I** (Combinación listada de controlador de bomba contra incendios e interruptor de transferencia de energía).
 - Montaje de interruptor de energía auto contenido. Cuando el interruptor de transferencia de energía está compuesto de un montaje de interruptor de energía auto contenido, dicho montaje debe encontrarse en un compartimiento protegido del controlador de la bomba contra incendios o en un gabinete separado unido al controlador y marcado como "*interruptor de transferencia de energía de la bomba contra incendios*".
 - Debe contarse con un interruptor aislante, ubicado dentro del gabinete o compartimiento del interruptor de transferencia de energía delante de las terminales de entrada alternativas del interruptor de transferencia. El interruptor debe ser el adecuado para el cortocircuito disponible de la fuente alternativa.
 - El lado de emergencia del interruptor de transferencia debe estar provisto con un ruptor de circuito.
 - El controlador de la bomba contra incendios y el interruptor de transferencia deben tener una marca de precaución para indicar que el interruptor aislante para tanto el controlador con el interruptor de transferencia se abre antes de realizar un servicio en el controlador, interruptor de transferencia o motor.
 - El apagado del interruptor de aislamiento de la fuente normal o del disyuntor de la fuente normal no debe inhibir al interruptor de transferencia.
- **Disposición II** (Controlador de bomba contra incendios e interruptor de transferencia de energía listados individualmente).
 - Un interruptor de transferencia de energía de controlador de bomba contra incendios y un controlador de bomba contra incendios deben ser proporcionados.
 - La protección contra sobrecorriente del interruptor de transferencia para las fuentes tanto normales como alternativas deben cumplir con el capítulo anterior.
 - Debe seleccionarse o configurarse la protección de sobrecorriente del interruptor de transferencia para llevar indefinidamente la corriente de rotor en reposo del motor de la bomba contra incendios cuando la fuente alternativa sea abastecida por un segundo servicio.

- Un interruptor aislante delante de las terminales de entrada de la fuente alternativa del interruptor de transferencia debe cumplir con los siguientes requerimientos:
 - a) El interruptor aislante debe poderse trabar en la posición de encendido.
 - b) Debe colocarse un cartel en la parte externa sobre el interruptor aislante que diga "Interruptor aislante de bomba contra incendios", con letras de al menos 1 pulgada de alto.
 - c) Debe colocarse un cartel de forma adyacente al controlador de la bomba contra incendios estableciendo la ubicación del interruptor aislante y la ubicación de la llave. (En caso de estar bajo llave).
 - d) El interruptor aislante debe supervisarse para señalar cuando no se encuentre cerrado mediante uno de los siguientes métodos:
 - I) Servicios de señalización de estación remota, propietario o estación central.
 - II) Servicio de señalización local que provocará el sonido de una señal audible en un punto constantemente atendido.
 - III) El trabado del interruptor aislante en la posición cerrado.
 - IV) El sellado de los interruptores aislantes e inspecciones registradas semanales aprobadas cuando los interruptores aislantes se encuentren dentro de gabinetes cercados o en edificios bajo el control del dueño.
 - e) La supervisión debe hacer funcionar señales audibles y visuales en el interruptor aislante y permitir el monitoreo en un punto remoto cuando así se requiere.
- **Interruptor de transferencia:** Cada bomba contra incendios debe contar con sus propios interruptores de transferencia dedicados cuando se requiera un interruptor de transferencia.

E .1.6.3. Requerimientos de los interruptores de transferencia de energía

- El interruptor debe estar listado para servicio de bombas contra incendios.
- El interruptor debe ser adecuado para las corrientes de cortocircuito disponibles en las terminales de entrada alternativas y normales del interruptor de transferencia.
- El interruptor debe ser operado de manera eléctrica y sostenido de forma mecánica.
- Cuando se clasifique en caballos de fuerza, el interruptor de transferencia de energía debe tener una clasificación en caballos de fuerza por lo menos igual a los del motor. Cuando se clasifique en amperes, el interruptor de transferencia de energía debe contar con una clasificación no menor al 115 % de la corriente de carga total del motor y también ser adecuado para interrumpir la corriente con rotor en reposo del motor.
- Debe contarse con medios para una operación manual segura del interruptor de transferencia de energía. No se requiere que estos medios sean operables externamente.
- **Dispositivos de detección de subvoltaje y fases**
 - Debe contarse con un interruptor de transferencia de energía con dispositivos de detección de subvoltaje para monitorear todas las líneas sin conexión a tierra de la fuente de energía normal.
 - Cuando el voltaje en cualquiera de las fases de la fuente normal cae por debajo del 85 % del nominal del motor, el interruptor de transferencia de energía debe iniciar el arranque del generador de reserva, si se hubiera provisto y no estuviera funcionando e iniciar la transferencia hacia la fuente alternativa.

- Cuando el voltaje en todas las fases de la fuente normal vuelve a límites aceptables, debe permitirse que el controlador de la bomba contra incendios se retransfiera a la fuente normal.
 - La inversión de fases de fuente de energía normal debe provocar una falla simulada de energía de fuente normal al detectar una inversión de fase.
 - Para unidades con Disposición II, debe permitirse la detección del voltaje en la entrada hacia el interruptor de transferencia de energía, en lugar de en las terminales de carga del disyuntor del controlador de la bomba contra incendios.
- **Dispositivos de detección de frecuencia y de voltaje**
- Debe contarse con dispositivos de detección de voltaje y frecuencia para monitorear por lo menos un conductor sin conexión a tierra de la fuente de energía alternativa.
 - Debe inhibirse la transferencia hacia una fuente alternativa hasta que haya un voltaje y frecuencia adecuados para abastecer la carga de la bomba contra incendios.
 - Cuando el controlador de la bomba contra incendios esté señalizado para indicar que la fuente alternativa es provista por una segunda fuente de energía del servicio general, no se deben aplicar los dos puntos anteriores, y los dispositivos de detección de subvoltaje deben monitorear todos los conductores subterráneos, en lugar de un dispositivo de detección de frecuencia.
- Debe contarse con dos indicadores visibles para indicar externamente la fuente de energía a la que se encuentra conectado el controlador de la bomba contra incendios.
- Deben proveerse medios para retardar la transferencia desde la fuente de energía alternativa hacia la fuente normal hasta que la fuente normal se estabilice. Este retarde debe desviarse automáticamente si falla la fuente alternativa.
- Debe contarse con medios para evitar corrientes de entrada más elevadas que lo normal cuando se transfiere el motor de la bomba desde una fuente a otra.
- Debe prohibirse el uso de un "monitor en fase" o una demora intencional a través de una posición abierta neutral del interruptor de transferencia.
- El interruptor de transferencia de energía no debe tener protección contra corto circuitos ni contra sobre corriente, como parte del mecanismo de conmutación del interruptor de transferencia.
- **Requerimientos adicionales:**
- Un dispositivo que demore el arranque del generador de fuente alternativa para prevenir arranques en falso en el caso de caídas e interrupciones momentáneas de la fuente normal.
 - Un lazo de circuito hacia el generador de fuente alternativa, por el cual la apertura o cierre del circuito arrancará el generador de fuente alternativa.
 - Un medio que evite el envío de la señal de arranque del generador de fuente alternativa cuando fuera impuesto por el interruptor de transferencia de energía, si el interruptor aislante alternativo o el ruptor de circuito alternativo están en la posición abierto o disparado.
- El interruptor aislante alternativo y el ruptor de circuito alternativo deben ser monitoreados para indicar cuando uno de ellos está en posición abierto o disparado.

- La supervisión debe operar una señal audible y visible en la combinación del controlador de la bomba contra incendios/interruptor de transferencia automática y permitir el monitoreo en una ubicación remota si fuera requerido.
- Debe contarse con un interruptor de prueba momentánea, operable externamente, en el gabinete que simulará una falla de fuente de energía normal.
- Deben ser provistos contactos de apertura o cierre auxiliares operados mecánicamente por el mecanismo del interruptor de transferencia de energía e la bomba contra incendios para indicación remota.

E .2. Para motores diesel

E .2.1. Generalidades

- Todos los controladores deben estar específicamente listados para servicio de bombas contra incendios impulsadas por motores diesel.
- Todos los controladores deben estar completamente armados, cableados y puestos a prueba por el fabricante del embarque desde la fábrica.
- Todos los controladores deben estar marcados como ” *Controlador de bomba contra incendios de motor diesel*”, y deben mostrar el nombre del fabricante, la designación de identificación, la presión nominal operativa, la designación de identificación, la presión nominal operativa, la designación de tipo de gabinete y una clasificación eléctrica completa.
- Cuando bombas múltiples abastecen diferentes áreas o porciones de las instalaciones, debe colocarse un aviso apropiado lo suficientemente llamativo en cada controlador señalando el área, la zona o porción del sistema abastecido por la bomba o por el controlador e la bomba.
- Debe ser la responsabilidad del fabricante de la bomba o su representante realizar las disposiciones necesarias para obtener los servicios de un representante del fabricante de controladores cuando se necesiten servicios y ajustes del equipo durante la instalación, puesta a prueba y períodos de garantía.

E .2.2. Ubicación

- Deben estar ubicados lo más cerca posible de los motores que controlan, siempre que resulte práctico, y deben estar a poca distancia de los motores.
- Deben ubicarse o protegerse de manera que no sean dañados por el agua que se filtre desde las bombas o conexiones de las bombas.
- Las piezas de los controladores que transportan corriente deben encontrarse a no menos de 12 pulgadas por encima del nivel del suelo.
- Los espacios libres alrededor de los controladores deben cumplir con NFPA 70.

E .2.3. Construcción

- Todo el equipamiento debe ser el adecuado para utilizar en ubicaciones sujetas a un grado moderado de humedad, como un sótano húmedo.
- La confiabilidad del funcionamiento no debe verse afectado de manera adversa por acumulaciones normales de polvo.

- Todo el equipamiento no montado sobre el motor debe estarlo de una manera sustancial en una estructura única de soporte no combustible.
- La estructura o panel deben estar montados de manera segura y como mínimo, uno o más gabinetes NEMA, a prueba de goteo, de tipo 2 o en uno o más encerramientos con una clasificación IP31 de protección de entrada.
- Cuando el equipamiento se encuentra en el exterior, o donde exista un medio ambiente especial, debe utilizarse encerramientos clasificados apropiadamente.
- Los gabinetes deben tener conexión a tierra de conformidad con NFPA 70.
- Todos los interruptores requeridos para mantener el controlador en la posición automática deben encontrarse dentro de gabinetes cerrados que cuenten con paneles de vidrio rompibles.
- Todo el cableado entre el controlador y el motor diesel debe ser trenzado y clasificado para transportar la carga o controlar las corrientes como lo requiera el fabricante del controlador. Dicho cableado debe estar protegido contra daños mecánicos y deben seguirse las especificaciones del fabricante del controlador sobre distancia y tamaño del cable.
- Los elementos de cableado del controlador deben estar diseñados para funcionamiento continuo.
- Un controlador de bomba contra incendios de motor diesel no debe utilizarse como una caja de conexiones para abastecer otro equipamiento.
- No deben instalarse contactos externos ni efectuarse cambios en el controlador que interfieran en el funcionamiento de este.
- Los conductores de suministro eléctrico para bombas de mantenimiento de presión no deben conectarse al controlador de bomba contra incendios de motor diesel.
- Debe permitirse que los controladores de bomba contra incendios de motor diesel abastezcan corriente alterna o continua, o ambas, necesarias para hacer funcionar reguladores de tiro de cuarto de bombas y calentadores de aceite para motores sólo cuando se entreguen con terminales de campo dedicadas y equipados en fábrica y protección de sobrecorriente.
- Debe contarse con un diagrama de conexión de campo y colocarse en forma permanente a la parte interior del gabinete.
- Todas las terminales de conexión de campo deben estar claramente marcadas para corresponder con el diagrama suministrado de conexión en campo.
- Para conexiones de motor externas, las terminales de conexión en campo deben numerarse comúnmente entre el controlador y las terminales de motor.
- Deben cumplirse las instrucciones de instalación del fabricante del controlador de la bomba contra incendios.
- Cada componente operativo del controlador debe estar marcado claramente con el símbolo de identificación que aparece en el diagrama esquemático eléctrico.
- Las clasificaciones deben estar ubicadas en un lugar que resulte visible después de la instalación.
- Debe contarse con instrucciones completas que cubran el funcionamiento del controlador y deben colocarse visiblemente sobre el mismo.

E .2.4. Componentes

E .2.4.1. Indicadores en el controlador

- Todos los indicadores visibles deben ser claramente visibles.
- Debe contarse con una indicación visible que indique que el controlador se encuentra en la posición automática. Si el indicador visible es una lámpara piloto, debe ser accesible para un reemplazo.
- Debe contarse con indicadores visibles separados y una alarma común de la bomba contra incendios audible y capaz de ser escuchada mientras el motor está en funcionamiento y operable en todas las posiciones de interruptor principal salvo la posición de apagado, para indicar de inmediato las siguientes condiciones:
 1. Presión de aceite peligrosamente baja en el sistema de lubricación.
 2. Temperatura elevada del motor.
 3. Falla de motor para arrancar automáticamente.
 4. Apagado por exceso de velocidad.
- El controlador debe contar con medios para poner a prueba las alarmas de baja presión de aceite y el circuito, en conjunto con el método de prueba del circuito el motor. Deben suministrarse instrucciones sobre el modo de someter a prueba el funcionamiento de las señales descritas.
- Debe contarse con indicadores visibles separados y una señal audible común que pueda ser oída mientras el motor está en funcionamiento y operable en todas las posiciones del interruptor principal, excepto en posición de apagado, con el fin de indicar en forma inmediata las siguientes condiciones:
 1. Falla o falta de la batería. Cada controlador debe ser provisto con un indicador visible separado para cada batería. La señal de falla de la batería debe iniciarse en no menos de dos tercios de certificación del voltaje nominal de la batería (8 [V] CD en un sistema de 12 [V] CD). La detección debe ser demorada, a fin de evitar falsas señales.
 2. Falla en el cargador de la batería. Cada controlador debe contar con un indicador visible separado para fallas en el cargador de la batería y no debe requerirse la señal audible para fallas en el cargador de la batería.
 3. Bajo nivel de combustible. Señal a los dos tercios de la capacidad del tanque.
 4. Baja temperatura del motor.
 5. Señal para la intrusión de líquido en un espacio intersticial.
 6. Alta temperatura del agua de refrigeración.
- Debe proveerse una válvula o interruptor separado que silencie la señal, que no sea el interruptor principal del controlador, para las condiciones mencionadas anteriormente.
- El interruptor o válvula deben permitir que el dispositivo audible sea silenciado hasta un máximo de 4 horas y que luego vuelva a hacerse sonar repetidamente para las condiciones descritas.
- El dispositivo audible debe hacerse sonar hasta que la condición sea corregida o el interruptor principal sea puesto en la posición de apagado. Este interruptor debe estar claramente señalizado con respecto a su función.

- El circuito debe disponerse de modo que la señal audible se active si el interruptor o la válvula silenciadores se encuentran en la posición de silencio cuando las condiciones supervisadas sean normales.

E .2.4.2. Dispositivos de señalización remota del controlador

- Cuando el cuarto de bombas no es constantemente atendido, deben proveerse señales audibles o visibles energizadas por una fuente distinta de las baterías de arranque del motor y que no exceda los 125 [V], en un punto de atención constante.
- Los controladores deben estar equipados para hacer funcionar los circuitos para la indicación remota de las condiciones descritas anteriormente.
- El panel remoto debe indicar lo siguiente:
 1. El motor está funcionando (señal separada).
 2. El interruptor principal del controlador ha sido ubicado en posición apagada o en posición manual.
 3. Hay un problema en el controlador o en el motor.
- Los controladores deben estar equipados con contactos abiertos o cerrados para hacer funcionar los circuitos.

E .2.4.3. Grabador de presión

- Debe instalarse en la entrada del controlador un dispositivo listado de grabación de presión para detectar y grabar la presión en cada línea de detección de presión del controlador de la bomba contra incendios.
- La grabadora debe ser capaz de funcionar por lo menos 7 días sin tener que reconfigurarse o rebobinarse.
- El elemento de detección de presión del interruptor debe ser capaz de soportar una sobrecarga momentánea de por lo menos 400 psi o 133 % de la presión nominal operativa del controlador de la bomba, la que sea más elevada, sin perder su precisión.
- El dispositivo de grabación de presión debe rebobinarse mecánicamente por resorte o impulsarse mediante medios eléctricos confiables.
- El dispositivo de grabación de presión no debe depender solamente en corriente alterna como su fuente primaria de energía.
- Si se cortara la corriente alterna, el grabador impulsado por electricidad debe ser capaz de funcionar durante por lo menos 24 horas.
- Debe contarse con un voltímetro de una precisión de $\pm 5\%$ en cada banco de batería para indicar el voltaje durante el arranque.

E .2.4.4. Recarga de la batería

- De contarse con dos medios para recargar las baterías de almacenamiento. Un método debe ser el generador o alternador provisto con el motor. El otro debe ser un cargador controlado automáticamente que obtiene la corriente de una fuente de energía alterna, si una fuente de CA no se encuentra disponible o no es confiable, debe contarse con otro método de carga, además del generador o alternador provisto con el motor.

- Los requerimientos de los cargadores de batería son:
 1. Los cargadores deben estar específicamente listados para servicio de bombas contra incendios y deben formar parte del controlador e la bomba contra incendios diesel.
 2. Deben permitirse la instalación de cargadores adicionales, también listados para el servicio de bombas contra incendios, externa al controlador de la bomba contra incendios diesel para capacidad agregada o reducida.
 3. El rectificador debe ser del tipo semiconductor.
 4. El cargador de una batería de plomo ácido debe ser de un tipo que automáticamente reduzca la tasa de carga a menos de 500mA cuando la batería alcanza una carga completa.
 5. El cargador de la batería a su voltaje nominal debe ser capaz de proveer energía a una batería completamente descargada de un modo en que esta no resulte dañada.
 6. El cargado de batería debe devolver a la batería un 100 % de su capacidad de reserva o su clasificación de amperaje-hora dentro de las 24 horas.
 7. El cargador debe estar marcado con la capacidad de reserva o la clasificación de amperaje-hora de la batería de mayor capacidad que pueda recargar.
 8. Debe contarse con un amperímetro con una precisión de $\pm 5\%$ de la tasa de carga normal para indicar el funcionamiento del cargador.
 9. El cargador debe diseñarse de modo que no se dañen o quemen los fusibles durante el ciclo de arranque del motor, cuando funcione mediante un controlador automático o manual.
 10. El cargador debe cargar automáticamente a la tasa máxima cuando así lo requiera el estado de la carga de la batería.
 11. El cargador de la batería debe estar configurado de modo que indique la pérdida de corriente en el lado de carga del dispositivo de protección de corriente en el lado de carga del dispositivo de protección de sobrecorriente de corriente continua cuando no esté conectado a través de un panel del controlador.

E .2.4.5. Arreglo y control

- Un controlador automático debe ser operable también como un controlador no automático.
- La fuente de energía primaria del controlador no debe ser corriente alterna.
 - a) **Funcionamiento automático**
 - Control de presión de agua:
 - I) Debe proveerse un interruptor accionado por presión o un sensor electrónico de presión con puntos de configuración de alta o baja calibración ajustables como parte del controlador.
 - II) No debe aplicarse el requisito anterior a un controlador no accionado por presión, cuando el interruptor accionado por presión o el medio de respuesta a la presión no deban ser requeridos.
 - III) No debe haber un amortiguador de presión ni un orificio de restricción dentro del interruptor de presión o del medio de respuesta a la presión.
 - IV) El interruptor debe responder a la presión de agua dentro del sistema de protección contra incendios.
 - V) El elemento de detección de presión del interruptor debe ser capaz de soportar sin perder su precisión una sobrecarga momentánea de 400 psi o 133 % de la presión nominal operativa del controlador de la bomba, la que sea más elevada.

- VI) Debe disponerse de los medios adecuados para el alivio de presión hacia el interruptor accionado por presión, a fin de permitir la puesta a prueba del funcionamiento del controlador y de la unidad de bombeo.
- VII) El control de presión de agua debe ser como se indica a continuación:
 - A' No debe haber ninguna válvula de retención dentro del controlador delante del interruptor de presión o los medios de respuesta a ésta.
 - B' El accionamiento de interruptor de presión en la configuración baja debe iniciar la secuencia de arranque de la bomba si la bomba no se encuentra ya en funcionamiento.
 - Cuando la bomba abastezca equipos especiales de control de agua, debe permitirse que el motor arranque antes de que lo hagan los interruptores accionados por presión.
 - Bajo tales condiciones, el controlador debe estar equipado para arrancar el motor al ponerse en funcionamiento los equipos de protección contra incendios.
 - El arranque del motor debe ser iniciado por la apertura del lazo del circuito de control que contiene este equipamiento de protección contra incendios.
- Control eléctrico manual en estación remota:
 - I) Cuando se provean estaciones de control adicionales para provocar un funcionamiento continuo no automático de la unidad de bombeo, independiente del interruptor accionado por presión o la válvula de control, y estas se encuentren en ubicación remota al controlador, dichas estaciones no deben ser puestas en funcionamiento para detener el motor.
- Circuitos externos conectados a controladores:
 - I) Cuando las unidades de bombeo funcionan solas o en paralelo, los conductores de control que ingresen o egresen del controlador de bomba contra incendios y que se extiendan por fuera del cuarto de bomba deben disponerse de modo tal que prevengan una falla del arranque.
 - II) Debe permitirse la rotura, desconexión, puenteo de los cables o pérdida de energía hacia estos circuitos para provocar un funcionamiento continuo de la bomba contra incendios, pero no debe evitarse que los controladores arranquen las bombas contra incendios debido a causas diferentes a estos circuitos externos.
 - III) Todos los conductores de control dentro del cuarto de la bomba contra incendios que no son tolerantes a las fallas deben protegerse contra daños mecánicos.
- Bombas de suministro único:
 - I) El apagado debe realizarse por medios manuales o automáticos. El apagado automático no será permitido cuando la bomba constituya la única fuente de suministro de un rociador contra incendios o un sistema de tubo vertical o cuando la autoridad competente haya requerido un apagado manual.
- Temporizador de programa semanal:
 - I) A fin de garantizar un funcionamiento confiable del motor y su controlador, el equipamiento del controlador debe configurarse para que arranque de manera automática y haga funcionar el motor durante por lo menos 30 minutos 1 vez por semana.
 - II) El controlador debe utilizar el banco de batería opuesto para el arranque en las semanas siguientes.
 - III) Deben permitirse medios dentro del controlador para finalizar manualmente la prueba semanal, siempre que hayan pasado un mínimo de 30 minutos.

- IV) El medio iniciador debe ser un drenaje en la válvula de solenoide en la línea de control de presión.
- V) El desempeño de este temporizador de programa semanal debe grabarse como una indicación de caída de presión en el grabador de presión.
- VI) Con un controlador no accionado por presión, debe permitirse que la prueba semanal sea iniciada por medios distintos a la válvula de solenoide.

b) **Funcionamiento no automático del controlador**

- Control manual en el controlador:
 - I) Debe haber un interruptor o válvula operados manualmente en el panel del controlador.
 - II) El interruptor o válvula deben configurarse de tal modo que el funcionamiento del motor, cuando se arranque manualmente, no pueda verse afectado por el interruptor accionado por presión.
 - III) La disposición también debe considerar que la unidad continuará en funcionamiento hasta que se la apague manualmente.
 - IV) La falla de cualquiera de los circuitos automáticos no debe afectar el funcionamiento manual.
- Prueba manual del funcionamiento automático:
 - I) El controlador debe configurarse para arrancar el motor manualmente mediante la apertura del drenaje de la válvula solenoide cuando así lo inicia el operador.
 - II) En un controlador no activado por presión, debe permitirse que la prueba manual sea iniciada mediante otro dispositivo que no sea una válvula de solenoide.

c) **Disposición del equipo de arranque**

- Los requerimientos para la configuración del equipamiento de arranque deben ser los siguientes:
 - I) Debe contarse con dos unidades de batería de almacenamiento. Deben configurarse para que el arranque manual y automático del motor pueda llevarse a cabo con cualquiera de las unidades.
 - II) La corriente de arranque debe suministrarse primero por medio de una batería y luego por medio de la otra en funcionamientos sucesivos del arrancador.
 - III) El cambio de batería debe efectuarse automáticamente, con excepción del arranque manual.
 - IV) En caso de que el motor no arranque después de la finalización de su intento de iniciar el ciclo, el controlador debe detener los sucesivos arranques de motor y hacer funcionar un indicador visible y una alarma de bombas contra incendios audible en el controlador.
 - V) El ciclo de intento de arranque debe ser fijo y debe consistir en seis períodos de arranque de motor de una duración de 15 segundos separados por cinco períodos de descanso de aproximadamente 15 segundos de duración.
 - VI) En caso de que una batería se encuentre inoperante o faltante, el control debe enclavarse en la unidad de batería restante durante la secuencia de arranque del motor.

d) **Métodos de detención**

- **Apagado eléctrico manual:** Debe efectuarse mediante alguna de las siguientes opciones:
 - I) El funcionamiento del interruptor principal o de la válvula de frenado dentro del controlador.

II) El funcionamiento de un botón de parada o de una válvula de frenado en la parte externa del gabinete del controlador, de la siguiente manera:

A' El botón de parada o la válvula de frenado deben provocar el apagado del motor a través de los circuitos automáticos sólo si todas las causas del arranque han vuelto a la situación normal.

B' El controlador debe entonces volver a la posición automática completa.

■ **Apagado automático después de arranque automático:** Los requerimientos para el apagado automático después de un arranque automático deben ser los siguientes:

I) Si el controlador está configurado para apagado automático de motor, el controlador debe apagar el motor sólo después de que todas las causas de arranque hayan vuelto a la normalidad y que haya pasado un período de mínimo 30 minutos.

II) Cuando funciona el dispositivo de apagado de motor por exceso de velocidad, el controlador debe quitar energía de los dispositivos de funcionamiento del motor, evitar arranques de motor, energizar la alarma de bombas contra incendios de exceso de velocidad y bloquearse hasta que se reconfigure manualmente.

III) Debe exigirse la reconfiguración del circuito de exceso de velocidad en el motor y el reajuste del interruptor principal del controlador a la posición de apagado.

IV) El motor no debe apagarse automáticamente ante la alta temperatura del motor, la baja presión de aceite o la alta temperatura del agua de refrigeración cuando exista una causa de arranque o funcionamiento automático y también debe aplicarse lo siguiente:

A' Si no existe otra causa de arranque o de funcionamiento durante una prueba de motor, el motor debe apagarse automáticamente ante la alta temperatura del motor, la baja presión de aceite o la alta temperatura del agua de refrigeración.

B' Si después del apagado se presenta una causa de arranque, el controlador debe volver a arrancar el motor y anular los dispositivos de apagado de alta temperatura del motor, baja presión de aceite o alta temperatura del agua de refrigeración durante el resto del período de prueba.

v) El controlador no debe ser capaz de reconfigurarse hasta que el dispositivo de apagado de velocidad excesiva se reinicie de manera manual.

e) **Control de emergencia**

■ Los circuitos de control automáticos, cuya falla podría evitar que el motor arranque y funcione, deben derivarse por completo durante el arranque y funcionamiento manuales.

F . Medidores

F .1. Manómetros

F .1.1. Descarga

- Debe proveerse de un manómetro en la descarga de la bomba.
- Manómetro con carátula 3,5" de diámetro. Debe indicar al menos el doble de la presión de trabajo nominal (Idealmente el doble). Y no menor a 200psi. Graduada en bar o un símil.
- Válvula para manómetro de 0,25" nominal.

F .1.2. Succión

- Debe proveerse un manómetro en la succión de la bomba.
- Manómetro con carátula 3,5" de diámetro. Debe indicar el doble de la presión de succión nominal máxima. Graduada en psi o mm de Hg.
- Válvula para manómetro de 0,25" nominal.
- Para presiones de succión mínimas < 20 psi, bajo cualquier condición de caudal, manómetro debe ser de presión y vacío compuesto.

F .1.3. Líneas de control (Jockey y Contra incendios)

- Deben proveerse dos manómetros análogos por cada línea de control.
- Los manómetros deben estar anteceditos por una válvula de globo y seguidos por otra válvula de globo.

G . Válvulas y afines

G .1. Alivio de circulación

- Toda bomba debe llevar instalada una después de la descarga y antes de la válvula de retención de descarga. Debe estar ajustada para presiones por debajo de la presión de cierre a la presión de succión mínima esperada.
- Debe otorgar suficiente caudal como para evitar que la bomba se recaliente cuando funciona sin descarga.
- La descarga de la válvula de alivio debe ser en el drenaje.
- No debe estar conectada a caja de empaque o con drenajes de borde de goteo.
- Para bombas con capacidad < 2500 [gpm]. Válvula con tamaño nominal de 0,75".
- Para bombas con capacidad > 3000 [gpm] y < 5000 [gpm]. Válvula con tamaño nominal de 1".
- Lo anterior no corre para bombas accionadas por motor diesel que utilicen el agua de descarga para refrigerar el motor.

G .2. Tubería de succión

- En la tubería de succión debe instalarse una válvula de compuerta, tipo vástago ascendente OS&Y. En caso de instalarse un dispositivo de prevención de contraflujo con válvulas de mariposa, ésta debe estar a por lo menos 15,2 metros de la brida de succión de la bomba.
- Cuando válvulas de retención o de prevención de contraflujo son instalados en la tubería de succión, deben estar ubicados a por lo menos 10 veces el diámetro de la tubería desde la brida de succión de la bomba.

G .3. Tubería de descarga

- Debe instalarse una válvula de retención o un dispositivo de prevención de contra flujo en el montaje de descarga de la bomba.
- Debe instalarse una válvula indicadora de compuerta o tipo mariposa en la tubería del sistema de protección contra incendios, después de la válvula de retención o dispositivo de contra flujo.

G .4. Sistema de Alivio de presión

- Debe instalarse una válvula de alivio de presión solamente cuando la norma lo permita, esto es:
 - a) Cuando se instale una bomba con un motor diesel y cuando un total del 121 % de la presión neta de cierre de la bomba, sumada a la presión máxima de succión estática, ajustada para la elevación, supere la presión para la cual los componentes del sistema han sido certificados.
 - b) Cuando se instale un controlador eléctrico de limitación de presión de velocidad variable o un impulsor diesel de limitación de presión, y la presión de descarga total máxima ajustada para la elevación con la bomba funcionando a una velocidad de cierre y nominal exceda la clasificación de presión de los componentes del sistema.
- Para determinar el tamaño de la válvula de alivio y de la tubería de descarga, se debe dimensionar de manera hidráulica para que se descargue suficiente agua como para evitar que la presión de descarga de la bomba, ajustada por elevación, exceda la certificación de presión de los componentes de los sistemas. De no dimensionarse, el tamaño no puede ser menor que el de la tabla 6.1.
- La válvula de alivio debe estar ubicada entre la bomba y la válvula de retención de descarga de la bomba, además debe estar conectada de manera que pueda quitarse para efectos de reparaciones sin alterar la tubería.
- Las válvulas de retención deben ser de resorte, del tipo diafragma operado por piloto.
- La descarga de la válvula de alivio, debe ser a una tubería abierta o a un cono/embudo conectado a la salida de la válvula. Debe ser fácilmente visible o detectable para el operador de la bomba.
- Si la válvula de alivio cuenta con un medio para detectar el flujo de agua, no son requeridos conos o embudos a la salida. Si se utiliza un cono del tipo cerrado también debe contarse con un medio para detectar movimiento.
- En caso de que la tubería de descarga utilice más de un codo, debe utilizarse el tamaño de tubería siguiente más grande de la tabla 6.1.
- Si esta tubería se conecta de vuelta con la fuente de abastecimiento de agua, debe funcionar de manera independiente y no debe combinarse con la descarga de otras válvulas de alivio. Además deberá ser dimensionada de tal manera que prevenga el exceso de presión para los componentes del sistema.
- Cuando la válvula de alivio de presión ha sido conectada con retorno a la succión, debe proveerse una válvula de alivio de circulación de acuerdo a lo indicado en la sección G .1, y debe contar con descarga a la atmósfera, en dirección de la corriente descendente de la válvula de alivio de presión.

- Cuando además del punto anterior, la bomba es propulsada con un motor Diesel con refrigeración del intercambiador de calor, debe enviarse una señal de temperatura alta de refrigeración de agua a 40°C desde la boca de entrada del motor del suministro de agua del intercambiador de calor hacia el controlador de la bomba contra incendios. El controlador debe detener el motor, siempre que no haya requisitos de emergencia activa para el funcionamiento de la bomba. Esto no se aplica cuando el agua de descarga de la bomba sea retornada hasta un reservorio de almacenamiento de agua.
- Cuando el suministro de agua hacia la bomba principal se toma desde un reservorio de succión de capacidad limitada, la tubería de descarga debiera instalarse dentro de este en un punto lo suficientemente alejado como para evitar que la bomba succione aire introducido por esta descarga.
- No debe instalarse una válvula de apagado en el sistema de alivio de presión.

G .5. Sistema mantenedor de presión - Bomba Jockey

- Debe instalarse una válvula de aislamiento en el lado de la succión de la bomba Jockey, para efectos de mantenciones de ésta.
- Debe instalarse una válvula de retención y una válvula de aislamiento en la tubería de descarga de la bomba Jockey.
- Deben instalarse válvulas indicadoras en aquellos lugares en los que fuera necesario, a fin de que la bomba, la válvula de retención y los diversos accesorios estén accesibles para su mantención.
- No se requiere que las válvulas de aislamiento que se utilicen en la bomba Jockey sean supervisadas.

G .6. Válvulas de retención y dispositivos de prevención de contra flujo

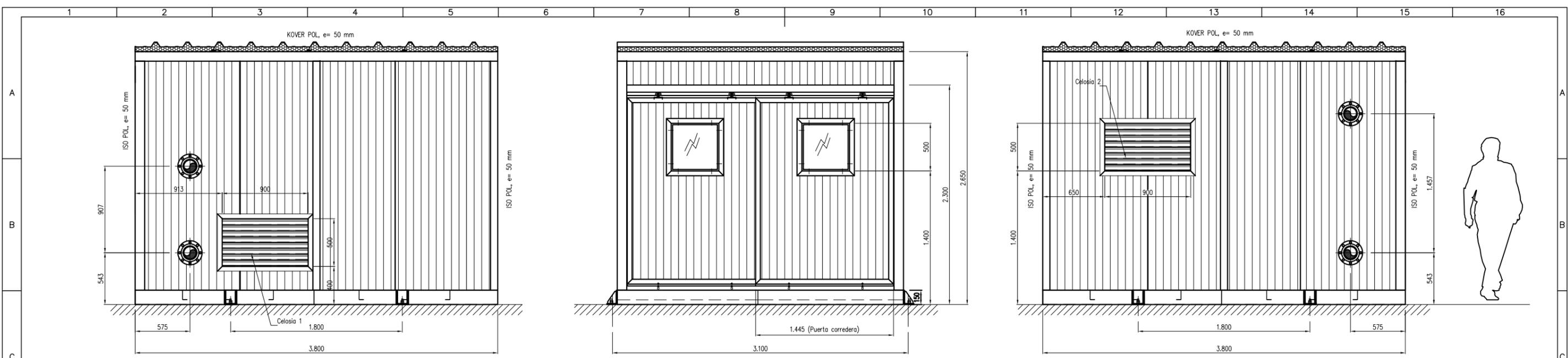
- Cuando un montaje de prevención de contra flujo incorpora una válvula de alivio, ésta debe descargar en un desagüe dimensionado para el caudal máximo de la válvula.
- Debe contarse con un espacio de aire de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- El desempeño de los 3 requerimientos anteriores debe documentarse mediante cálculos y pruebas de ingeniería.
- Para que la instalación de un dispositivo de prevención de contraflujo sea adecuada, debe pasar por la siguiente evaluación:
 - a) Cuando la autoridad requiera la instalación de un dispositivo de contraflujo, se debe prestar atención a las pérdidas de presión que puedan ocurrir.
 - b) La disposición final debe proveer un desempeño efectivo de la bomba con una presión de succión de bomba mínima de 0 psi, mostrada por el manómetro, al 150 % de la capacidad nominal.
 - c) Si los suministros no permiten el flujo a 150 % de la capacidad nominal de la bomba. El arreglo final debe proveer un desempeño efectivo de la bomba con una presión mínima de succión, mostrada en el manómetro, de 0 psi a la descarga máxima permitida.
 - d) La descarga debe exceder el flujo de diseño del SPCI.
 - e) La determinación del desempeño efectivo de la bomba debe documentarse mediante cálculos de ingeniería y pruebas.

G .7. Supervisión de válvulas

- Cuando se requiera supervisar las válvulas de: succión, descarga, desvío y aislamiento; debe hacerse en posición abierta, y por uno de los siguientes métodos.
 - a) Servicios de señalización de estación central, propietario o estación remota.
 - b) Servicio de señalización local que provocará el sonido de una señal audible en un punto constantemente atendido.
 - c) Bloqueo de válvulas en posición abierta.
 - d) Sellado de válvulas e inspección aprobada semanal donde las válvulas se colocan dentro de gabinetes cerrados bajo el control del dueño.
- Las válvulas de control cerradas, ubicadas en la tubería hasta el cabezal de la válvula de manguera, deben ser supervisadas por uno de los métodos anteriormente descritos.

H . Apéndice B: Planos de Layout de casa de bombas

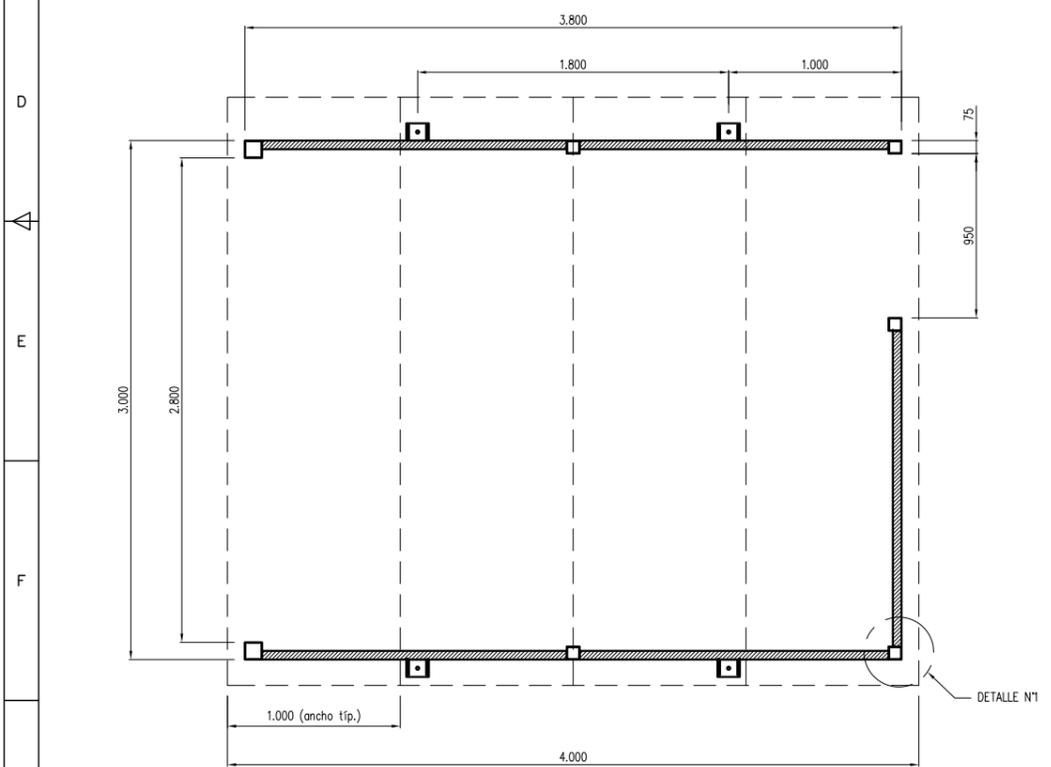
I . Apéndice C: Planos estructurales de casa de bombas



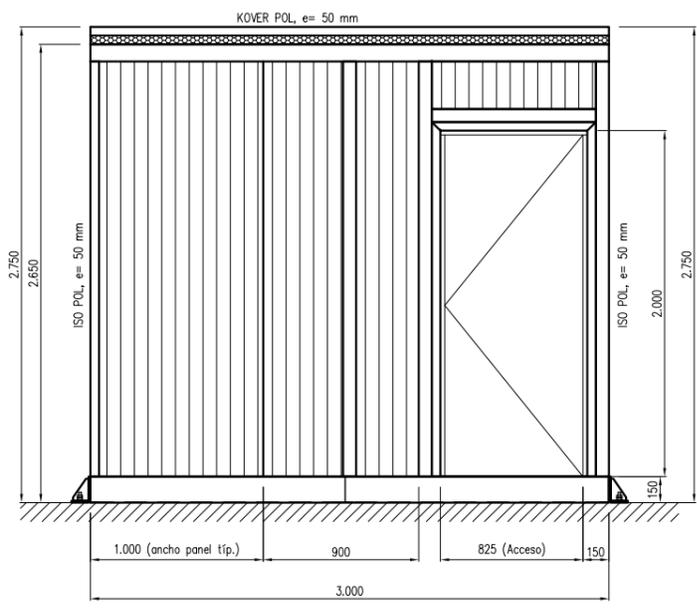
VISTA LATERAL DERECHA
Escala 1:20

VISTA FRONTAL - PUERTA CORREDERA
Escala 1:20

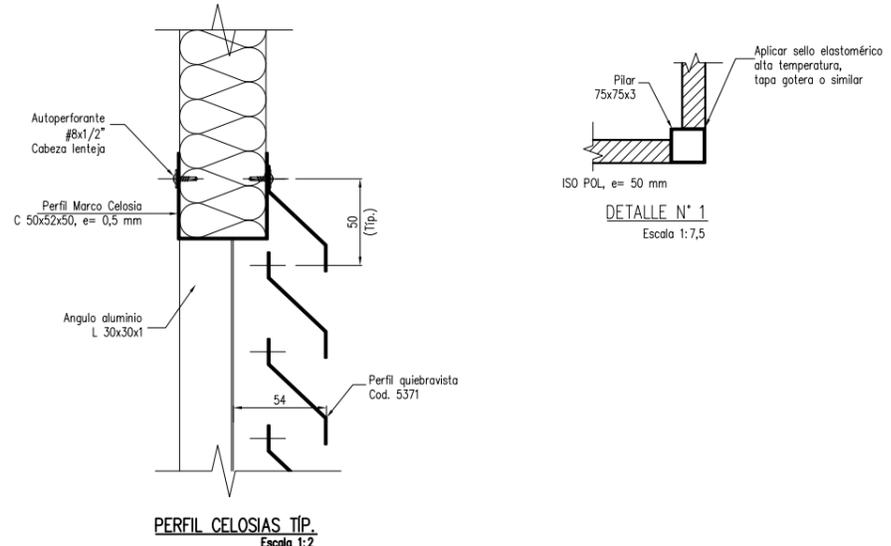
VISTA LATERAL IZQUIERDA
Escala 1:20



VISTA EN PLANTA
Escala 1:20



VISTA POSTERIOR - PUERTA DE ACCESO
Escala 1:20

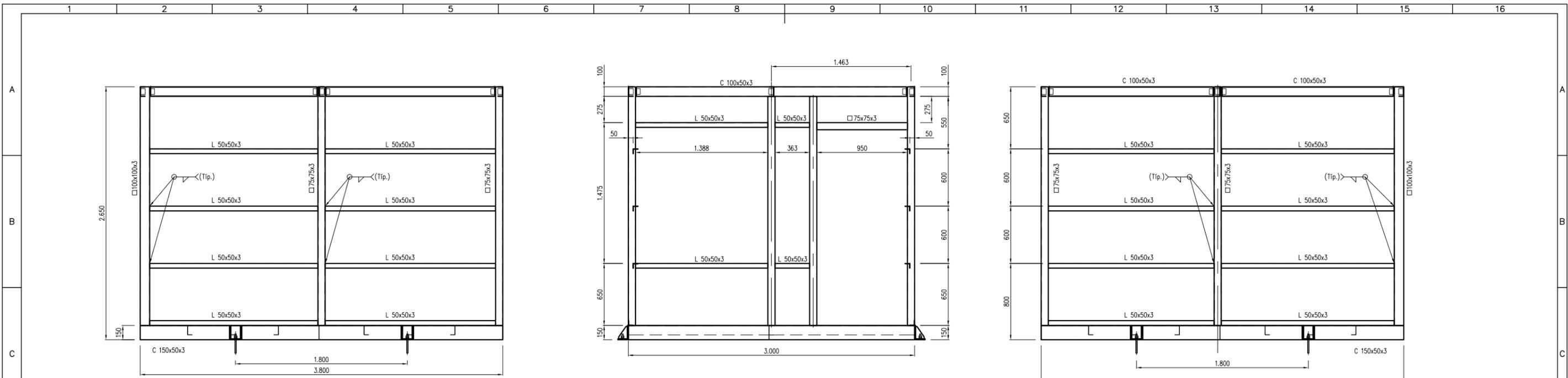


PERFIL CELOSIAS TÍP.
Escala 1:2

DETALLE N°1
Escala 1:7,5

DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA CONFIGURACION Y PRODUCCION DE CASAS DE BOMBEO SEGUN NFPA-20				PROYECTO: SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO			
DIMEC				DESCRIPCION: Diseño General Piping			
PROYECTO	K.R.	FECHA	31/08/2018	ESCALA:	Indicados	CODIGO PROY:	0710-SPCI
DIBUJO	D.N.	FECHA	31/08/2018	FORMATO:	A3	PLANO N°	0710-SPCI-ES-001
REVISO	L.N.	FECHA	31/08/2018	LAMINA:	1 de 2	REV.	0
APROBO	L.N.	FECHA	31/08/2018				

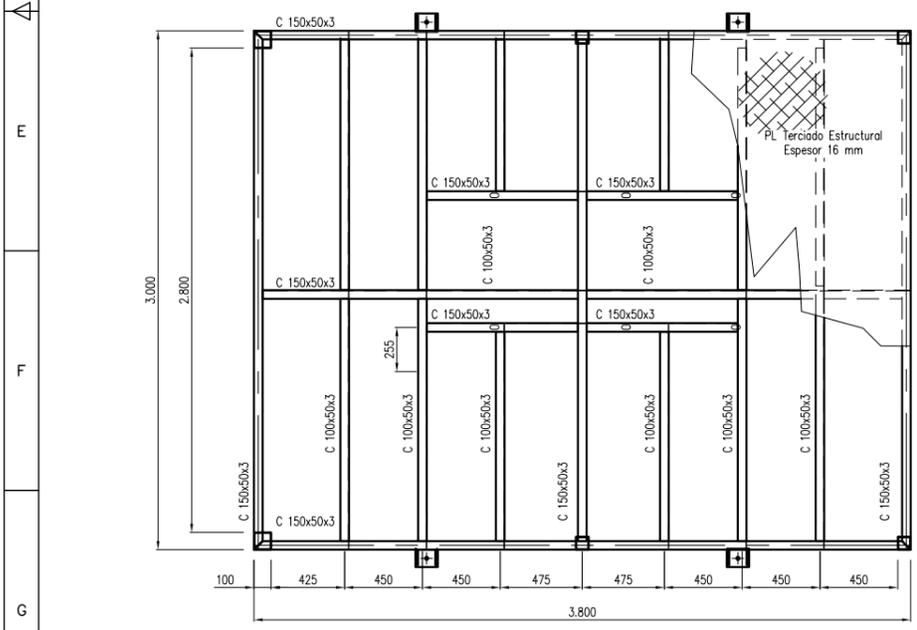
REFERENCIA	REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR
MSE-SPCI	A	31/08/2017	PARA REVISION	D.N.
CODIGO PROYECTO	REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR



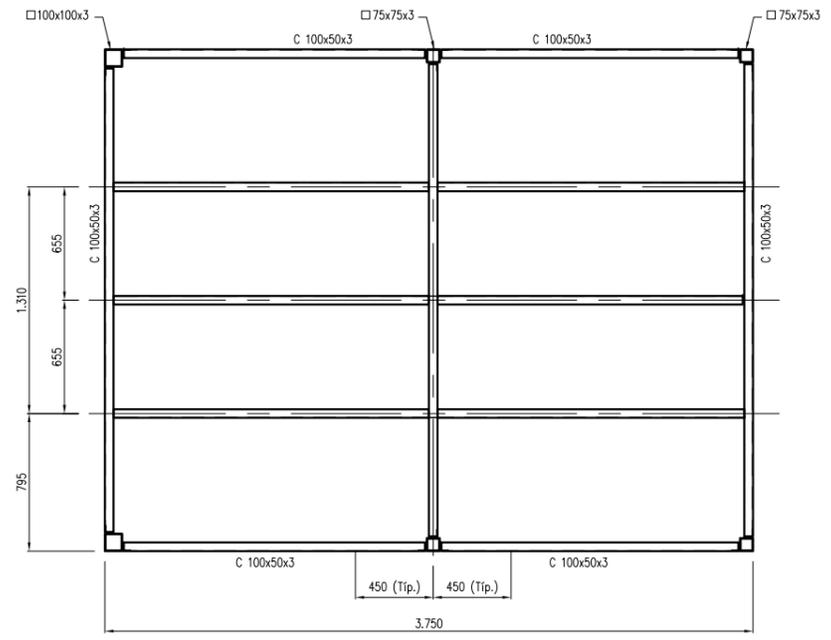
ESTRUCTURA LATERAL DERECHA
Escala 1:20

ESTRUCTURA FRONTAL
Escala 1:20

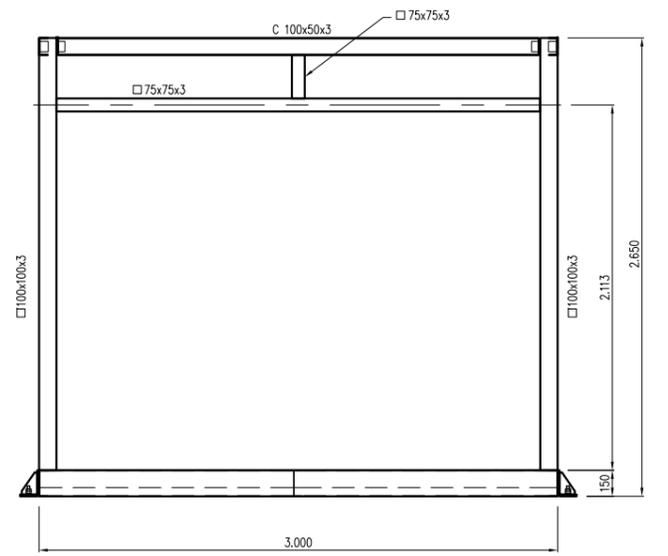
ESTRUCTURA LATERAL IZQUIERDA
Escala 1:20



Vista en Planta - Base Estructural
Escala 1:20



Vista en Planta - Techumbre
Escala 1:20

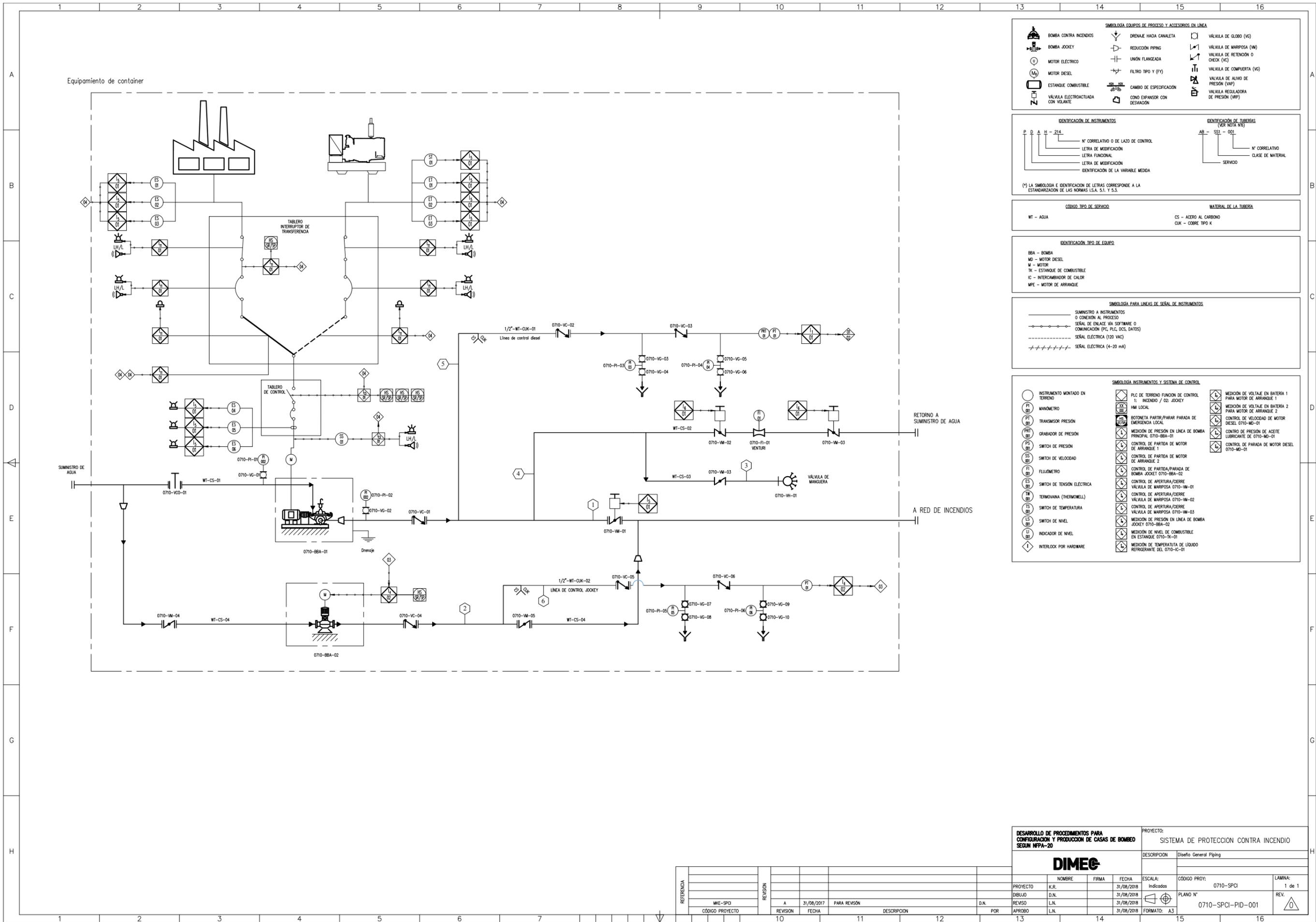


ESTRUCTURA POSTERIOR
Escala 1:20

REFERENCIA	REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR
MSE-SPCI	A	31/08/2017	PARA REVISION	D.N.
CODIGO PROYECTO	REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			

DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA CONFIGURACION Y PRODUCCION DE CASAS DE BOMBEO SEGUN NFPA-20				PROYECTO: SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO			
DIMEC				DESCRIPCION: Diseño General Piping			
PROYECTO	K.R.	FIRMA	FECHA	ESCALA:	CODIGO PROY:	LAMINA:	
DIBUJO	D.N.		31/08/2018	Indicados	0710-SPCI	2 de 2	
REVISO	L.N.		31/08/2018		PLANO N°	REV.	
APROBO	L.N.		31/08/2018		0710-SPCI-ES-002	0	
				FORMATO:	A3		

J . Apéndice D: P&ID de casa de bombas con motor eléctrico



SIMBOLOGÍA EQUIPOS DE PROCESO Y ACCESORIOS EN LÍNEA

	BOMBA CONTRA INCENDIOS		DRENAJE HACIA CANALETA		VALVULA DE GLOBO (VG)
	BOMBA JOCKEY		REDUCCION PIPING		VALVULA DE MARIPOSA (VM)
	MOTOR ELECTRICO		UNION FLANGEADA		VALVULA DE RETENCION O CHECK (VC)
	MOTOR DIESEL		FILTRO TIPO Y (FY)		VALVULA DE COMPUERTA (VG)
	ESTANQUE COMBUSTIBLE		CAMBO DE ESPECIFICACION		VALVULA DE ALIVIO DE PRESION (VAP)
	VALVULA ELECTROACTUADA CON VOLANTE		CODO EXPANSOR CON DESVIACION		VALVULA REGULADORA DE PRESION (VRP)

IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS

P B A H - 214
 N° CORRELATIVO O DE LAZO DE CONTROL
 LETRA DE MODIFICACION
 LETRA FUNCIONAL
 LETRA DE MODIFICACION
 IDENTIFICACION DE LA VARIABLE MEDIDA

IDENTIFICACION DE TUBERIAS
 (VER NOTA N°6)
 AB - SSI - 001
 N° CORRELATIVO
 CLASE DE MATERIAL
 SERVICIO

CODIGO TIPO DE SERVICIO

WT - AGUA

MATERIAL DE LA TUBERIA

CS - ACERO AL CARBONO
 CLK - COBRE TIPO K

IDENTIFICACION TIPO DE EQUIPO

BBA - BOMBA
 MD - MOTOR DIESEL
 M - MOTOR
 TR - ESTANQUE DE COMBUSTIBLE
 IC - INTERCAMBIADOR DE CALOR
 MPE - MOTOR DE ARRANQUE

SIMBOLOGIA PARA LINEAS DE SEÑAL DE INSTRUMENTOS

SUMINISTRO A INSTRUMENTOS
 O CONEXION AL PROCESO
 SEÑAL DE ENLAZE VIA SOFTWARE O COMUNICACION (PC, PLC, DCS, DATOS)
 SEÑAL ELECTRICA (120 VAC)
 SEÑAL ELECTRICA (4-20 mA)

SIMBOLOGIA INSTRUMENTOS Y SISTEMA DE CONTROL

	INSTRUMENTO MONTADO EN TERRENO		PLC DE TERRENO FUNCION DE CONTROL		MECION DE VOLTAJE EN BATERIA 1 PARA MOTOR DE ARRANQUE 1
	MANÓMETRO		INCENDIO / JOCKEY		MECION DE VOLTAJE EN BATERIA 2 PARA MOTOR DE ARRANQUE 2
	TRANSMISOR DE PRESION		BOTONERA PARAR/PARAR PARADA DE EMERGENCIA LOCAL		CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTOR DIESEL 0710-MD-01
	GRABADOR DE PRESION		MECION DE PRESION EN LINEA DE BOMBA PRINCIPAL 0710-BBA-01		CONTROL DE PRESION DE ACEITE LUBRICANTE DE 0710-MD-01
	SWITCH DE PRESION		CONTROL DE PARTIDA DE MOTOR DE ARRANQUE 1		CONTROL DE PARADA DE MOTOR DIESEL 0710-MD-01
	SWITCH DE VELOCIDAD		CONTROL DE PARTIDA DE MOTOR DE ARRANQUE 2		
	FLUÓMETRO		CONTROL DE PARTIDA/PARADA DE BOMBA JOCKET 0710-BBA-02		
	SWITCH DE TENSION ELECTRICA		CONTROL DE APERTURA/CIERRE VALVULA DE MARIPOSA 0710-VM-01		
	TERMOVAVNA (HERMOWELL)		CONTROL DE APERTURA/CIERRE VALVULA DE MARIPOSA 0710-VM-02		
	SWITCH DE TEMPERATURA		VALVULA DE MARIPOSA 0710-VM-03		
	SWITCH DE NIVEL		MECION DE PRESION EN LINEA DE BOMBA JOCKET 0710-BBA-02		
	INDICADOR DE NIVEL		MECION DE NIVEL DE COMBUSTIBLE EN ESTANQUE 0710-TR-01		
	INTERLOCK POR HARDWARE		MECION DE TEMPERATURA DE LIQUIDO REFRIGERANTE DEL 0710-IC-01		

DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA CONFIGURACION Y PRODUCCION DE CASAS DE BOMBEO SEGUN NFPA-20

PROYECTO: SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO

DESCRIPCION: Diseño General Piping

DIMEC

PROYECTO	K.R.	FECHA	31/08/2018
DIBUJO	D.N.	FECHA	31/08/2018
REVISO	L.N.	FECHA	31/08/2018
APROBO	L.N.	FECHA	31/08/2018

ESCALA: Indicadas

CODIGO PROJ: 0710-SPCI

PLANO N° 0710-SPCI-PID-001

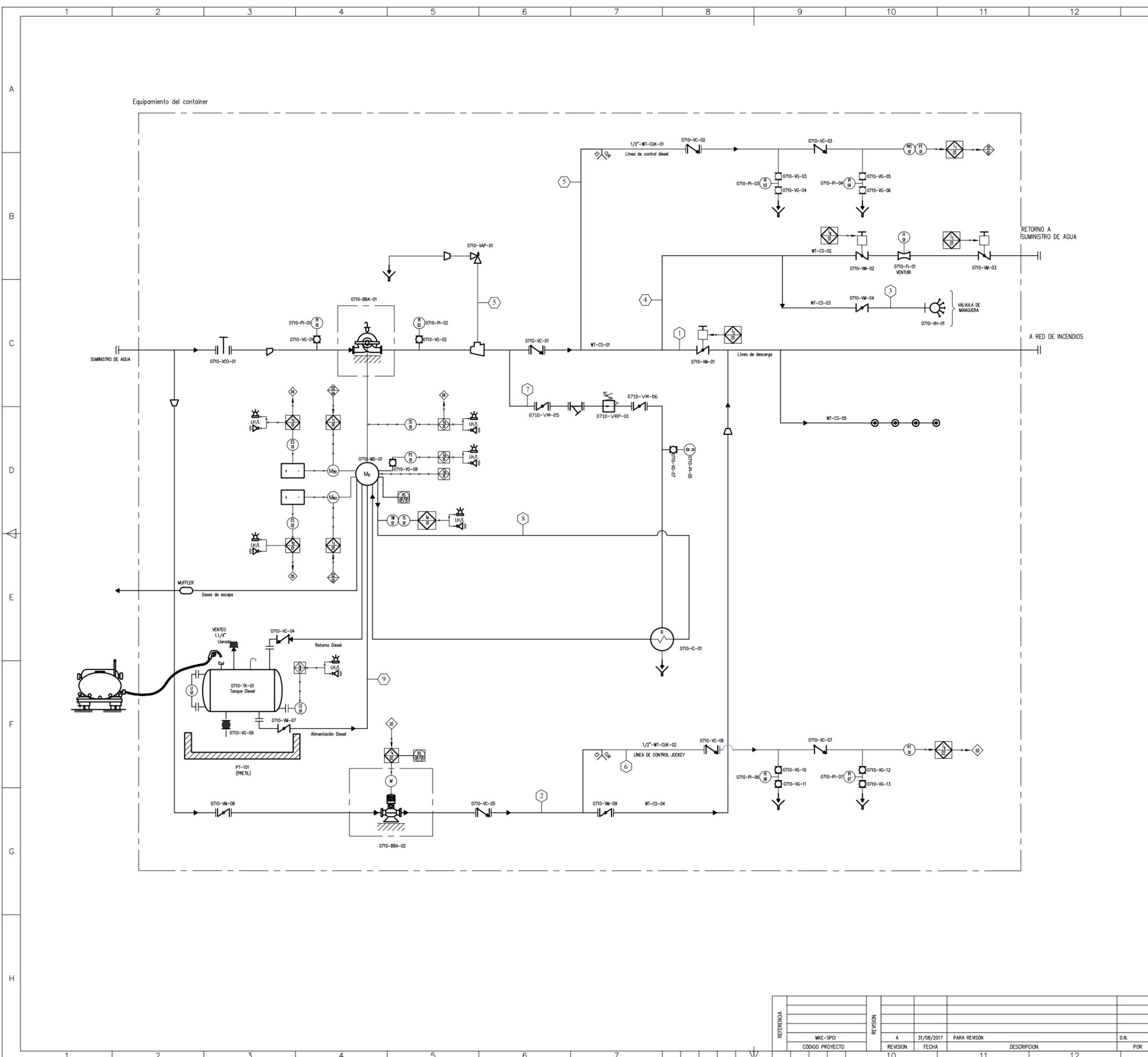
LAMINA: 1 de 1

REV:

FORMATO: A3

REFERENCIA	REVISION	FECHA	DESCRIPCION
MKE-SPCI	A	31/08/2017	PARA REVISION
CODIGO PROYECTO	REVISION	FECHA	DESCRIPCION

K . Apéndice E: P&ID de casa de bombas con motor diesel



SIMBOLOGÍA EQUIPOS DE PROCESO Y ACCESORIOS EN LÍNEA					
	BOMBA CONTRA INCENDIOS		DRENAJE HACIA CANALETA		VÁLVULA DE GLOBO (VG)
	BOMBA JOCKEY		UNIÓN FLANJEADA		VÁLVULA DE MARIPOSA (VM)
	MOTOR ELÉCTRICO		FILTRO TIPO Y (FY)		VÁLVULA DE RETENCIÓN O CHECK (VC)
	MOTOR DIESEL		CAMBIO DE ESPECIFICACIÓN		VÁLVULA DE COMPUERTA (VG)
	ESTANQUE COMBUSTIBLE		CONO EXPANSOR CON DESVIACIÓN		VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN (VAP)
	VÁLVULA ELECTROACTUADA CON VOLANTE				VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN (VRP)

IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS		IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS (VER NOTA N°6)	
P	N° CORRELATIVO O DE LAZO DE CONTROL	AB	N° CORRELATIVO
D	LETRA DE MODIFICACIÓN	SSI	CLASE DE MATERIAL
A	LETRA FUNCIONAL		
H	LETRA DE MODIFICACIÓN		
214	IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABLE MEDIDA		

(*) LA SIMBOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE LETRAS CORRESPONDE A LA ESTANDARIZACIÓN DE LAS NORMAS I.S.A. S.1. Y S.3.

CÓDIGO TIPO DE SERVICIO	MATERIAL DE LA TUBERÍA
WT - AGUA	CS - ACERO AL CARBONO CUK - COBRE TIPO K

IDENTIFICACIÓN TIPO DE EQUIPO
BBA - BOMBA
MD - MOTOR DIESEL
M - MOTOR
TK - ESTANQUE DE COMBUSTIBLE
IC - INTERCAMBIADOR DE CALOR
MPE - MOTOR DE ARRANQUE

SIMBOLOGÍA PARA LÍNEAS DE SERIAL DE INSTRUMENTOS	
	SUMINISTRO A INSTRUMENTOS O CONEXIÓN AL PROCESO
	SERIAL DE ENLACE VIA SOFTWARE O COMUNICACIÓN (PLC, PLC, DCS, DATAS)
	SERIAL ELÉCTRICA (120 VAC)
	SERIAL ELÉCTRICA (4-20 mA)

SIMBOLOGÍA INSTRUMENTOS Y SISTEMA DE CONTROL					
	INSTRUMENTO MONTADO EN TERRENO		PLC DE TERRENO FUNCION DE CONTROL		MEDICIÓN DE VOLTAJE EN BATERÍA 1 PARA MOTOR DE ARRANQUE 1
	MANÓMETRO		HMI LOCAL		MEDICIÓN DE VOLTAJE EN BATERÍA 2 PARA MOTOR DE ARRANQUE 2
	TRANSMISOR PRESIÓN		BOTONERA PARTIR/PARAR PARADA DE EMERGENCIA LOCAL		CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTOR DIESEL 0710-MD-01
	GRABADOR DE PRESIÓN		CONTROL DE PRESIÓN EN LÍNEA DE BOMBA PRINCIPAL 0710-BBA-01		CONTROL DE PRESIÓN DE ACEITE LUBRICANTE DE 0710-MD-01
	SWITCH DE PRESIÓN		CONTROL DE PARTIDA DE MOTOR DE ARRANQUE 1		CONTROL DE PARADA DE MOTOR DIESEL 0710-MD-01
	SWITCH DE VELOCIDAD		CONTROL DE PARTIDA DE MOTOR DE ARRANQUE 2		
	FLUJÓMETRO		CONTROL DE PARTIDA/PARADA DE BOMBA JOCKEY 0710-BBA-02		
	SWITCH DE TENSIÓN ELÉCTRICA		CONTROL DE APERTURA/CIERRE VÁLVULA DE MARIPOSA 0710-W-01		
	TERMOWIANA (THERMOWELL)		CONTROL DE APERTURA/CIERRE VÁLVULA DE MARIPOSA 0710-W-02		
	SWITCH DE TEMPERATURA		CONTROL DE APERTURA/CIERRE VÁLVULA DE MARIPOSA 0710-W-03		
	SWITCH DE NIVEL		MEDICIÓN DE PRESIÓN EN LÍNEA DE BOMBA JOCKEY 0710-BBA-02		
	INDICADOR DE NIVEL		MEDICIÓN DE NIVEL DE COMBUSTIBLE EN ESTANQUE 0710-TK-01		
	INTERLOCK POR HARDWARE		MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE LÍQUIDO REFRIGERANTE DEL 0710-C-01		

DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA CONFIGURACIÓN Y PRODUCCIÓN DE CASAS DE BOMBEO SEGUN NFPA-20				PROYECTO: SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO			
DIMEC				DESCRIPCION: Diseño General Piping			
PROYECTO	K.R.	31/08/2018	INDICADOS	CÓDIGO PROY:	0710-SPCI	LAMINA:	1 de 1
DIBUJO	D.N.	31/08/2018		PLANO N°	0710-SPCI-PID-001	REV.	
REVISO	L.N.	31/08/2018		FORMATO:	A3		
APROBO	L.N.	31/08/2018					

REFERENCIA	REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCION	POR
	A	31/08/2017	PARA REVISIÓN	D.N.

L . Apéndice F: Cubicación casa de bombas

Tabla F.1: Cubicación de componentes de casa de bomba de 500 gpm impulsada por motor diesel.

CANT.	DESCRIPCIÓN						PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	Marca	Modelo	TOTAL (kg)
Equipos											
1	Bomba						142	142	Perless Pump	4AEF10	1303,05
1	Bomba Jockey						102	102	Perless Pump		
1	Motor Diesel						412	413	Clarke	JU4H-UF14	
1	Tablero bomba principal						230	230	Firetrol	FTA 1100	
1	Tablero Bomba Jockey						120	120	Firetrol	FTA 550	
1	Bastidor						184,05	184,05			
1	Estanque de Combustible						112	112			
Válvulas											
1	Compuerta tipo vástago OS&Y		φ 6		292,1		84,8	84,8	Comercial	ANSI 150	205,85
1	Alivio de presión		φ 3				40,3	40,3	Comercial	ANSI 150	
1	Check 5"		φ 5		70		9,08	9,08	Comercial		
4	Mariposa 5"		φ 5		56		12,1	48,4	Comercial	ANSI 150	
2	Mariposa 2"		φ 2		43		4,3	8,6	Comercial	ANSI 150	
1	Check 2"		φ 2		54		2,27	2,27	Comercial		
8	Globo 1/2"		φ 1/2		115		1,55	12,4	Comercial		
4	Retención de bronce cn orificio de 3/32" en obturador		φ 3/32					0	Comercial		
Cañerías											
0,458	Cañería de succión 5"	168,3	6	7,1	458	0,003595616	28,26154	12,94378	A36		121,3138
0,433	Cañería de descarga 5"	141,3	5	6,6	433	0,002792939	21,9525	9,505432	A36		
2,066	Cañería prueba de flujo 5"	141,3	5	6,6	2066	0,002792939	21,9525	45,35386	A36		
0,492	Cañería de mangueras 5"	141,3	5	6,6	492	0,002792939	21,9525	10,80063	A36		
2,649	Cañería Bomba Jockey 2"	60,3	2	3,9	2649	0,000691025	5,431454	14,38792	A36		
4,289	Cañería Sprinkles sala	21,3	1/2	2,77	4289	0,000161252	1,267441	5,436053	A36		
4,22	Cañería línea de presión bomba ppal 1/2"	18,875	1/2	1,245	4220	6,89559E-05	3,118	13,15796	Cobre tipo k		
3,12	Cañería línea de presión bomba Jockey 1/2"	18,875	1/2	1,245	3120	6,89559E-05	3,118	9,72816	Cobre tipo k		
Accesorios											
1	Tee cónica descarga 4"-5"		4-5					9		9 ASTM A 234	50,64
1	Cono reductor excéntrico 6"-5"		6-5		140			3,93	3,93		
1	Codo 3" válvula de alivio		3	90		0,012996		2,08	2,08	ASTM A 234	
1	Cono con visor válvula de alivio		3-5		127			2,6	2,6		
1	Tee descarga/pruebas		5	141,3				8,98	8,98	ASTM A 234	
1	Tee manguera / flujómetro		5	141,3				8,98	8,98	ASTM A 234	
1	Codo 5"		5	141,3		0,0361		6,67	6,67	ASTM A 234	
4	Codo cobre líneas de presión							0,5	2		
8	Tee cobre líneas de presión							0,8	6,4		
Bridas											
16	Bridas de 5" nominal	255	23,9	63,1	87	0,204282062	9,2	147,2	A105	ANSI 150	204,8
2	Línea de alivio 3"	190	22,3	45,7	68	0,113411495	5,6	11,2	A105	ANSI 150	
8	Línea bomba Jockey	150	17,5	44,5	62	0,070685835	2,7	21,6	A105	ANSI 150	
2	Bridas de 6" nominal	280	25,4	61,6	87	0,246300864	12,4	24,8	A105	ANSI 150	
TOTAL											1885,654

Tabla F.2: Cubicación de componentes de casa de bomba de 750 gpm impulsada por motor diesel.

CANT.	DESCRIPCIÓN						PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	Marca	Modelo	TOTAL (kg)
Equipos											
1	Bomba						170,5	170,5	Perless Pump	4AEF12	1691,55
1	Bomba Jockey						102	102	Perless Pump		
1	Motor Diesel						413	413	Clarke	JU4H-UF24	
1	Tablero bomba principal						230	230	Firetrol	FTA 1100	
1	Tablero Bomba Jockey						120	120	Firetrol	FTA 550	
1	Bastidor						184,05	184,05			
1	Estanque de Combustible						472	472			
Válvulas											
CANT.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)	Diámetro nominal (in)	LARGO (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN FLANGE	TOTAL (kg)
1	Compuerta tipo vástago OS&Y	-	φ 6	292,1	292,1	-	84,8	84,8	Comercial	ANSI 150	217,09
1	Alivio de presión	-	φ 4		0		45,3	45,3	Comercial	ANSI 150	
1	Check 6"	-	φ 6	76	76		11,8	11,8	Comercial		
4	Mariposa 6"	-	φ 6	56	224		13,2	52,8	Comercial	ANSI 150	
2	Mariposa 2"	-	φ 2	43	86		4,3	8,6	Comercial	ANSI 150	
1	Check 2"	-	φ 2	54	54		2,27	2,27	Comercial		
8	Globo 1/2"	-	φ 1/2	115	920		1,44	11,52	Comercial		
4	Retención de bronce cn orificio de 3/32" en obturador	-	φ 3/32		0			0	Comercial		
Cañerías											
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Diámetro nominal (in)	Espesor (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
0,458	Cañería de succión 6"	168,3	6	7,1	458	0,003595616	28,26154	12,94378	A36		121,27625
0,433	Cañería de descarga 6"	168,3	6	7,1	433	0,003595616	28,26154	12,23725	A36		
2,066	Cañería prueba de flujo 6"	168,3	6	7,1	2066	0,003595616	28,26154	58,38834	A36		
0,492	Cañería de mangueras 6"	168,3	6	7,1	492	0,003595616	28,26154	13,90468	A36		
2,649	Cañería Bomba Jockey 2"	60,3	2	3,9	2649	0,000691025	5,431454	14,38792	A36		
4,289	Cañería Sprinkes sala	21,3	1/2	2,77	4289	0,000161252	1,267441	5,436053			
4,22	Cañería línea de presión bomba ppal 1/2"	18,875	1/2	1,245	4220	6,89559E-05	0,541994	2,287213			
3,12	Cañería línea de presión bomba Jockey 1/2"	18,875	1/2	1,245	3120	6,89559E-05	0,541994	1,69102			
Accesorios											
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (mm)	Largo (mm)	espesor (mm)	Área (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
1	Tee cónica descarga 4"-6"	4-6					11	11	ASTM A 234		69,5
1	Cono reductor excéntrico 6"-5"	6-5		140	18		3,93	3,93	ASTM A 234		
1	Codo 4" válvula de alivio	4	114,3	-		6,62	0,023104	3,95	3,95	ASTM A 234	
1	Cono con visor válvula de alivio	6-4	140		16		3,72	3,72	ASTM A 234		
1	Tee descarga/pruebas	6	168,3	286	7,11		13,3	13,3	ASTM A 234		
1	Tee manguera / flujómetro	6	168,3	286	7,11		13,3	13,3	ASTM A 234		
1	Codo 6"	6	168,3	-	7,11	0,052441	10,4	10,4	ASTM A 234		
1	Cono reductor excéntrico Jockey						0,7	0,7	ASTM A 234		
1	Cono reductor concéntrico Jockey						0,8	0,8	ASTM A 234		
4	Codo cobre líneas de presión						0,5	2	Cobre tipo K		
8	Tee cobre líneas de presión						0,8	6,4	Cobre tipo K		
Bridas											
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Espesor brida (mm)	Espesor cuello (mm)	Espesor total (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
18	Bridas de 6" nominal	280	25,4	61,6	87	0,246300864	12,4	223,2	A105	ANSI 150	259,8
2	Línea de alivio 4"	230	23,9	51,1	75	0,166190251	7,5	15	105	ANSI 150	
8	Línea bomba Jockey	150	17,5	44,5	62	0,070685835	2,7	21,6	105	ANSI 150	
Total											2359,216

Tabla F.3: Cubicación de componentes de casa de bomba de 2.000 gpm impulsada por motor diesel.

CANT.	DESCRIPCIÓN						PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	Marca	Modelo	TOTAL (kg)
Equipos											2258,55
1	Bomba						382,5	382,5	Peerless Pump	8AEF15	
1	Bomba Jockey						102	102	Peerless Pump		
1	Motor Diesel						750	750	Clarke	JU6H-UF60	
1	Tablero bomba principal						230	230	Firetrol	FTA 1100	
1	Tablero Bomba Jockey						120	120	Firetrol	*	
1	Bastidor						202,05	202,05			
1	Estanque de Combustible						472	472			
CANT.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)	Diámetro nominal (in)	LARGO (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN FLANGE	TOTAL (kg)
Válvulas											338,54
1	Compuerta tipo vástago OS&Y	-	φ 10	330	330	-	201,85	201,85	Comercial	ANSI 150	
1	Alivio de presión	-	φ 6			0		0	Comercial	ANSI 150	
1	Check 10"	-	φ 10	108	108	-	26,3	26,3	Comercial		
1	Mariposa 10"	-	φ 10	68	68	-	29,5	29,5	Comercial	ANSI 150	
3	Mariposa 8"	-	φ 10	68	204	-	19,5	58,5	Comercial	ANSI 150	
2	Mariposa 2"	-	φ 10	43	86	-	4,3	8,6	Comercial	ANSI 150	
1	Check 2"	-	φ 2	54	54	-	2,27	2,27	Comercial		
8	Globo 1/2"	-	φ 1/2			0	1,44	11,52	Comercial		
4	Retención de bronce cn orificio de 3/32" en obturador	-	φ 3/32			0		0	Comercial		
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Diámetro nominal (in)	Espesor (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Cañerías											186,994
0,458	Cañería de succión 10"	273	10	9,3	458	0,007704	60,55716	27,73518	A36		
0,433	Cañería de descarga 10"	273	10	9,3	433	0,007704	60,55716	26,22125	A36		
2,066	Cañería prueba de flujo 8"	219,1	8	8,2	2066	0,005433	42,70344	88,2253	A36		
0,492	Cañería de mangueras 8"	219,1	8	8,2	492	0,005433	42,70344	21,01009	A36		
2,649	Cañería Bomba Jockey 2"	60,3	2	3,9	2649	0,000691	5,431454	14,38792	A36		
4,289	Cañería Sprinkes sala	21,3	1/2	2,77	4289	0,000161	1,267441	5,436053			
4,22	Cañería línea de presión bomba ppal 1/2"	18,875	1/2	1,245	4220	6,9E-05	0,541994	2,287213			
3,12	Cañería línea de presión bomba Jockey 1/2"	18,875	1/2	1,245	3120	6,9E-05	0,541994	1,69102			
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (mm)	Largo (mm)	espesor (mm)	Área (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Fitting											152,6
1	Tee cónica descarga 8"-10"						25	25	ASTM A 234		
1	Reductor cónico concéntrico 10"-8"	10-8		178		20	10,5	10,5	ASTM A 234		
1	Codo 6" válvula de alivio	6	168,3			7,11	0,052441	10,4	ASTM A 234		
1	Cono con visor válvula de alivio	10-6		178		20	10,1	10,1			
1	Tee descarga/pruebas	10	273	432		9,27	41,4	41,4	ASTM A 234		
1	Tee manguera / flujómetro	8	219,1	356		8,18	24,4	24,4	ASTM A 234		
1	Codo 8"	8	219,1			8,18	0,093025	20,9	ASTM A 234		
1	Cono reductor excéntrico Jockey						0,7	0,7	ASTM A 234		
1	Cono reductor concéntrico Jockey						0,8	0,8	ASTM A 234		
4	Codo cobre líneas de presión						0,5	2	Cobre tipo K		
8	Tee cobre líneas de presión						0,8	6,4	Cobre tipo K		
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Espesor brida (mm)	Espesor cuello (mm)	Espesor total (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Bridas											494
8	Bridas de 10" nominal	405	30,2	69,8	100	0,5153	26,7	213,6	A105	ANSI 150	
2	Línea de alivio 6"	280	25,4	61,6	87	0,246301	12,4	24,8	A105	ANSI 150	
8	Línea bomba Jockey	150	17,5	44,5	62	0,070686	2,7	21,6	A105	ANSI 150	
12	Bridas de 8" nominal	345	28,6	71,4	100	0,373928	19,5	234	A105	ANSI 150	
Total											3430,684

Tabla F.4: Cubicación de componentes de casa de bomba de 500 gpm impulsada por motor eléctrico.

CANT.	DESCRIPCIÓN						PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	Marca	Modelo	TOTAL (kg)
Equipos											
1	Bomba						142	142	Perless Pump	4AEF10	872
1	Bomba Jockey						102	102	Perless Pump		
1	Motor Eléctrico						270	270	US Motors	FF100E1XS	
1	Tablero bomba principal						238	238	Firetrol	FTA 1300	
1	Tablero Bomba Jockey						120	120	Firetrol	FTA 550	
1	Bastidor						85,5				
Válvulas											
CANT.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)	Diámetro nominal (in)	LARGO (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
1	Compuerta tipo vástago OS&Y		φ 6	292,1	292,1 -		84,8	84,8	Comercial	ANSI 150	165,55
1	Check 5"		φ 5	70	70 -		9,08	9,08	Comercial		
4	Mariposa 5"		φ 5	56	224 -		12,1	48,4	Comercial	ANSI 150	
2	Mariposa 2"		φ 2	43	86 -		4,3	8,6	Comercial	ANSI 150	
1	Check 2"		φ 2	54	54 -		2,27	2,27	Comercial		
8	Globo 1/2"		φ 1/2	115	920 -		1,55	12,4	Comercial		
4	Retención de bronce cn orificio de 3/32" en obturador		φ 3/32		0 -			0	Comercial		
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Diámetro nominal (in)	Espesor (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Cañerías											
0,458	Cañería de succión 5"	168,3	6	7,1	458	0,003595616	28,26154	12,94378	A36		115,8777
0,433	Cañería de descarga 5"	141,3	5	6,6	433	0,002792939	21,9525	9,505432	A36		
2,066	Cañería prueba de flujo 5"	141,3	5	6,6	2066	0,002792939	21,9525	45,35386	A36		
0,492	Cañería de mangueras 5"	141,3	5	6,6	492	0,002792939	21,9525	10,80063	A36		
2,649	Cañería Bomba Jockey 2"	60,3	2	3,9	2649	0,000691025	5,431454	14,38792	A36		
4,22	Cañería línea de presión bomba ppal 1/2"	18,875	1/2	1,245	4220	6,89559E-05	3,118	13,15796	Cobre tipo k		
3,12	Cañería línea de presión bomba Jockey 1/2"	18,875	1/2	1,245	3120	6,89559E-05	3,118	9,72816	Cobre tipo k		
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (mm)	Largo (mm)	espesor (mm)	Área (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Accesorios											
1	Tee cónica descarga 4"-5"	4-5	-				9	9	ASTM A 234		45,96
1	Cono reductor excéntrico 6"-5"	6-5	-	140	18		3,93	3,93			
1	Tee descarga/pruebas	5	141,3	248	6,55		8,98	8,98	ASTM A 234		
1	Tee manguera / flujómetro	5	141,3	248	6,55		8,98	8,98	ASTM A 234		
1	Codo 5"	5	141,3		6,55	0,0361	6,67	6,67	ASTM A 234		
4	Codo cobre líneas de presión						0,5	2			
8	Tee cobre líneas de presión							0,8	6,4		
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Espesor brida (mm)	Espesor cuello (mm)	Espesor total (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Bridas											
12	Bridas de 5" nominal	255	23,9	63,1	87	0,204282062	9,2	110,4	A105	ANSI 150	156,8
8	Línea bomba Jockey	150	17,5	44,5	62	0,070685835	2,7	21,6	A105	ANSI 150	
2	Bridas de 6" nominal	280	25,4	61,6	87	0,246300864	12,4	24,8	A105	ANSI 150	
TOTAL											1356,188

Tabla F.5: Cubicación de componentes de casa de bomba de 750 gpm impulsada por motor eléctrico.

CANT.	DESCRIPCIÓN						PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	Marca	Modelo	TOTAL (kg)
Equipos											
1	Bomba						170,5	170,5	Perless Pump	4AEF12	1091,75
1	Bomba Jockey						102	102	Perless Pump		
1	Motor Eléctrico						366,75	366,75	US MOTORS	FF125E1CS	
1	Tablero bomba principal						238	238	Firetrol	FTA 1300	
1	Tablero Bomba Jockey						120	120	Firetrol	FTA 550	
1	Bastidor						94,5	94,5			
CANT.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)	Diámetro nominal (in)	LARGO (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN FLANGE	TOTAL (kg)
Válvulas											
1	Compuerta tipo vástago OS&Y	-	φ 6	292,1	292,1	-	84,8	84,8	Comercial	ANSI 150	171,79
1	Check 6"	-	φ 6	76	76	-	11,8	11,8	Comercial		
4	Mariposa 6"	-	φ 6	56	224	-	13,2	52,8	Comercial	ANSI 150	
2	Mariposa 2"	-	φ 2	43	86	-	4,3	8,6	Comercial	ANSI 150	
1	Check 2"	-	φ 2	54	54	-	2,27	2,27	Comercial		
8	Globo 1/2"	-	φ 1/2	115	920	-	1,44	11,52	Comercial		
4	Retención de bronce cn orificio de 3/32" en obturador	-	φ 3/32		0	-		0	Comercial		
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Diámetro nominal (in)	Espesor (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Cañerías											
0,458	Cañería de succión 6"	168,3	6	7,1	458	0,003596	28,26154	12,94378	A36		115,8402
0,433	Cañería de descarga 6"	168,3	6	7,1	433	0,003596	28,26154	12,23725	A36		
2,066	Cañería prueba de flujo 6"	168,3	6	7,1	2066	0,003596	28,26154	58,38834	A36		
0,492	Cañería de mangueras 6"	168,3	6	7,1	492	0,003596	28,26154	13,90468	A36		
2,649	Cañería Bomba Jockey 2"	60,3	2	3,9	2649	0,000691	5,431454	14,38792	A36		
4,22	Cañería línea de presión bomba ppal 1/2"	18,875	1/2	1,245	4220	6,9E-05	0,541994	2,287213			
3,12	Cañería línea de presión bomba Jockey 1/2"	18,875	1/2	1,245	3120	6,9E-05	0,541994	1,69102			
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (mm)	Largo (mm)	espesor (mm)	Área (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
Accesorios											
1	Tee cónica descarga 4"-6"	4-6					11	11	ASTM A 234		61,83
1	Cono reductor excéntrico 6"-5"	6-5		140	18		3,93	3,93	ASTM A 234		
1	Tee descarga/pruebas	6	168,3	286	7,11		13,3	13,3	ASTM A 234		
1	Tee manguera / flujómetro	6	168,3	286	7,11		13,3	13,3	ASTM A 234		
1	Codo 6"	6	168,3		7,11	0,052441	10,4	10,4	ASTM A 234		
1	Cono reductor excéntrico Jockey						0,7	0,7	ASTM A 234		
1	Cono reductor concéntrico Jockey						0,8	0,8	ASTM A 234		
4	Codo cobre líneas de presión						0,5	2	Cobre tipo K		
8	Tee cobre líneas de presión						0,8	6,4	Cobre tipo K		
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Espesor brida (mm)	Espesor cuello (mm)	Espesor total (mm)	Área (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	
Bridas											
14	Bridas de 6" nominal	280	25,4	61,6	87	0,246301	12,4	173,6	A105	ANSI 150	195,2
8	Línea bomba Jockey	150	17,5	44,5	62	0,070686	2,7	21,6	105	ANSI 150	
Total											1636,41

Tabla F.6: Cubicación de componentes de casa de bomba de 2000 gpm impulsada por motor eléctrico.

CANT.	DESCRIPCIÓN						PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	Marca	Modelo	TOTAL (kg)
Equipos											
1	Bomba						382,5	382,5	Peerless Pump	8AEF15	1492,75
1	Bomba Jockey						102	102	Peerless Pump		
1	Motor Eléctrico						508,5	508,5	US Motors	FF150E2CS	
1	Tablero bomba principal						238	238	Firetrol	FTA 1300	
1	Tablero Bomba Jockey						120	120	Firetrol	FTA 550	
1	Bastidor						141,75	141,75			
Válvulas											
CANT.	DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)	Diámetro nominal (in)	LARGO (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN FLANGE	TOTAL (kg)
1	Compuerta tipo vástago OS&Y	-	φ 10	330	330	-	201,85	201,85	Comercial	ANSI 150	338,54
1	Alivio de presión	-	φ 6			0		0	Comercial	ANSI 150	
1	Check 10"	-	φ 10	108	108	-	26,3	26,3	Comercial		
1	Mariposa 10"	-	φ 10	68	68	-	29,5	29,5	Comercial	ANSI 150	
3	Mariposa 8"	-	φ 10	68	204	-	19,5	58,5	Comercial	ANSI 150	
2	Mariposa 2"	-	φ 10	43	86	-	4,3	8,6	Comercial	ANSI 150	
1	Check 2"	-	φ 2	54	54	-	2,27	2,27	Comercial		
8	Globo 1/2"	-	φ 1/2			0	1,44	11,52	Comercial		
4	Retención de bronce cn orificio de 3/32" en obturador	-	φ 3/32			0		0	Comercial		
Cañerías											
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Diámetro nominal (in)	Espesor (mm)	LARGO TOTAL (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/m)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
0,458	Cañería de succión 10"	273	10	9,3	458	0,007704	60,55716	27,73518	A36		181,558
0,433	Cañería de descarga 10"	273	10	9,3	433	0,007704	60,55716	26,22125	A36		
2,066	Cañería prueba de flujo 8"	219,1	8	8,2	2066	0,005433	42,70344	88,2253	A36		
0,492	Cañería de mangueras 8"	219,1	8	8,2	492	0,005433	42,70344	21,01009	A36		
2,649	Cañería Bomba Jockey 2"	60,3	2	3,9	2649	0,000691	5,431454	14,38792	A36		
3,12	Cañería línea de presión bomba ppal 1/2"	18,875	1/2	1,245	4220	6,9E-05	0,541994	2,287213			
	Cañería línea de presión bomba Jockey 1/2"	18,875	1/2	1,245	3120	6,9E-05	0,541994	1,69102			
Fitting											
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (mm)	Largo (mm)	espesor (mm)	Área (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
1	Tee cónica descarga 8"-10"						25	25	ASTM A 234		152,6
1	Reductor cónico concéntrico 10"-8"	10-8		178		20	10,5	10,5	ASTM A 234		
1	Codo 6" válvula de alivio	6	168,3			7,11	0,052441	10,4	ASTM A 234		
1	Cono con visor válvula de alivio	10-6		178		20		10,1			
1	Tee descarga/pruebas	10	273	432		9,27		41,4	ASTM A 234		
1	Tee manguera / flujómetro	8	219,1	356		8,18		24,4	ASTM A 234		
1	Codo 8"	8	219,1			8,18	0,093025	20,9	ASTM A 234		
1	Cono reductor excéntrico Jockey							0,7	ASTM A 234		
1	Cono reductor concéntrico Jockey							0,8	ASTM A 234		
4	Codo cobre líneas de presión							0,5	2 Cobre tipo K		
8	Tee cobre líneas de presión							0,8	6,4 Cobre tipo K		
Bridas											
CANT.	DESCRIPCIÓN	Diámetro exterior (mm)	Espesor brida (mm)	Espesor cuello (mm)	Espesor total (mm)	ÁREA (m ²)	PESO UNIT. (kg/unidad)	SUBTOTAL (kg)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN MATERIAL	TOTAL (kg)
8	Bridas de 10" nominal	405	30,2	69,8	100	0,5153	26,7	213,6	A105	ANSI 150	469,2
8	Línea bomba Jockey	150	17,5	44,5	62	0,070686	2,7	21,6	A105	ANSI 150	
12	Bridas de 8" nominal	345	28,6	71,4	100	0,373928	19,5	234	A105	ANSI 150	
Total											2634,648

Tabla F.7: Cubicación de estructura de casa de bomba de 500 y 750 gpm impulsada por motor eléctrico y diesel, y 2.000 gpm impulsada por motor eléctrico.

	Cant	Unidad	Descripción	Material	Observaciones	Largo mm	Ancho mm	kg/m	Peso unit kg	Total kg	
Base estructural	6	c/u	Plancha e=15mm	Terciado estructural		2440	1220		15,0	90,0	273,6
	2	c/u	Perfil C 150x50x3	A42-27ES		3000		5,66		33,96	
	3	c/u	Perfil C 150x50x3	A42-27ES		3800		5,66		64,524	
	11	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		1450		4,48		71,456	
	3	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		875		4,48		11,76	
	1	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		425		4,48		1,904	
Techo	3	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		2730		4,48		36,6912	127,3
	10	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		1780		4,48		79,744	
	3,8	c/u	Panel e=50mm	Kover Pol		3000	1000	2,85		10,83	
Laterales	16	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES		1740		2,24		62,3616	236,6
	4	c/u	Perfil Cuadrado 75x75x3	A42-27ES		2450		6,6		64,68	
	2	c/u	Perfil Cuadrado 100x100x3	A42-27ES		2450		8,96		43,904	
	2	c/u	Celosía			1000	500		5	10	
	7	c/u	Panel e=50mm	Isopol		2350	1140	2,24		15,68	
	4	c/u	Anillo móvil			φ350			10	40	
Frontales	1	c/u	Perfil cuadrado 100x 100x3	A42-27ES	Corredizas	2800		8,96		25,088	107,9
	2	c/u	Perfil C 50x25x2	A42-27ES	Corredizas	2800		1,47		8,232	
	1	c/u	Perfil Cuadrado 75x75x3	A42-27ES	Corredizas	350		6,6		2,31	
	4	c/u	Perfil C 50x25x2	A42-27ES	Corredizas	1960		1,47		11,5248	
	4	c/u	Perfil C 50x25x2	A42-27ES	Corredizas	1470		1,47		8,6436	
	3	c/u	Panel e=50mm	Isopol	Corredizas	350	1140	0,33		1,00	
	3	c/u	Panel e=50mm	Isopol	Corredizas	1860	1140	1,77		5,318	
	2	c/u	Perfil Cuadrado 75x75x3	A42-27ES	Frontal	2350		6,6		31,02	
	2	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES	Frontal	1390		2,24		6,2272	
	2	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES	Frontal	470		2,24		2,1056	
	1	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES	Frontal	850		2,24		1,904	
	2	c/u	Panel e=50mm	Isopol	Frontal	2350	1140	2,24		4,48	
	TOTAL										

Tabla F.8: Cubicación de estructura de casa de bomba de 2.000 gpm impulsada por motor diesel.

	Cant	Unidad	Descripción	Material	Observaciones	Largo mm	Ancho mm	kg/m	Peso unit kg	Total kg	
Base estructural	8	c/u	Plancha e=15mm	Terciado estructural		2440	1220		15,0	120,0	308,7
	2	c/u	Perfil C 150x50x3	A42-27ES		3000		5,66		33,96	
	3	c/u	Perfil C 150x50x3	A42-27ES		4100		5,66		69,618	
	11	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		1450		4,48		71,456	
	3	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		875		4,48		11,76	
	1	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		425		4,48		1,904	
Techo	3	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		2730		4,48		36,6912	141,3
	10	c/u	Perfil C 100x50x3	A42-27ES		2080		4,48		93,184	
	4	c/u	Panel e=50mm	Kover Pol		3000	1000	2,85		11,4	
Laterales	16	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES		1890		2,24		67,7376	246,5
	4	c/u	Perfil Cuadrado 75x75x3	A42-27ES		2450		6,6		64,68	
	2	c/u	Perfil Cuadrado 100x100x3	A42-27ES		2450		8,96		43,904	
	2	c/u	Celosía			1000	500		5	10	
	9	c/u	Panel e=50mm	Isopol		2350	1140	2,24		20,16	
	4	c/u	Anillo móvil			φ350			10	40	
Frontales	1	c/u	Perfil cuadrado 100x 100x3	A42-27ES	Corredizas	2800		8,96		25,088	113,9
	2	c/u	Perfil C 50x25x2	A42-27ES	Corredizas	2800		1,47		8,232	
	1	c/u	Perfil Cuadrado 75x75x3	A42-27ES	Corredizas	350		6,6		2,31	
	4	c/u	Perfil C 50x25x2	A42-27ES	Corredizas	1960		1,47		11,5248	
	4	c/u	Perfil C 50x25x2	A42-27ES	Corredizas	1470		1,47		8,6436	
	3	c/u	Panel e=50mm	Isopol	Corredizas	350	1140	0,33		1,00	
	3	c/u	Panel e=50mm	Isopol	Corredizas	1860	1140	1,77		5,318	
	2	c/u	Perfil Cuadrado 75x75x3	A42-27ES	Frontal	2350		6,6		31,02	
	2	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES	Frontal	1390		2,24		6,2272	
	2	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES	Frontal	470		2,24		2,1056	
	1	c/u	Perfil L 50x50x3	A42-27ES	Frontal	850		2,24		1,904	
	2	c/u	Panel e=50mm	Isopol	Frontal	2350	1140	2,24		10,528	
TOTAL										810,4	