



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA
IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR S.A. BAJO NORMAS NFPA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

OSCAR ANDRÉS PÁEZ PONGUILLO

DIRECTOR: ING. OSWALDO MARIÑO

CODIRECTOR: ING. MILTON ACOSTA

Sangolquí, 2015-02

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto y paper científico titulado “DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR S.A. BAJO NORMAS NFPA” fue realizado en su totalidad por Oscar Andrés Páez Ponguillo, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.



Ing. Oswaldo Mariño

DIRECTOR



Ing. Milton Acosta

CODIRECTOR

Sangolquí, 2015-02-23

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

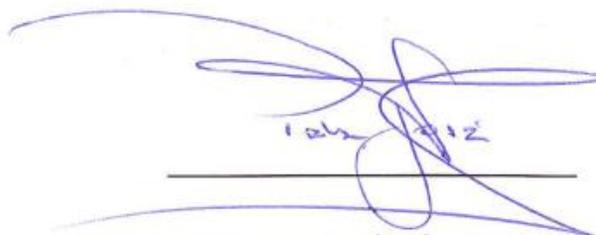
“DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR S.A. BAJO NORMAS NFPA”

ELABORADO POR:



Oscar Andrés Páez Ponguillo

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



Ing. José Pérez

Sangolquí, 2015-02-24

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Oscar Andrés Páez Ponguillo

DECLARA QUE:

El trabajo de grado: **“DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR S.A. BAJO NORMAS NFPA”**, ha sido desarrollado citando las fuentes correspondientes y respetando las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Por tal razón, las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.



Oscar Andrés Páez Ponguillo

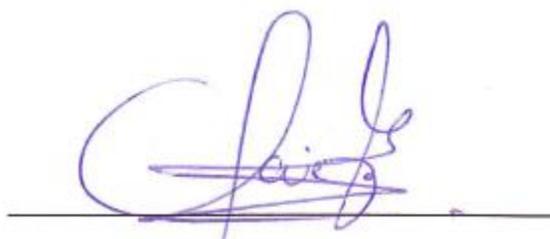
CI: 080303215-0

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Oscar Andrés Páez Ponguillo

AUTORIZA QUE:

El trabajo de grado y paper científico titulado: **“DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR S.A. BAJO NORMAS NFPA”**, se publique en el Repositorio Digital de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.



Oscar Andrés Páez Ponguillo

CI: 080303215-0

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a mi pequeña princesa, mi hermosa hija Valentina, desde su llegada al mundo es el motorcito que me impulsa para salir adelante, fue la fuerza para llegar a este peldaño de mi vida y seguirá siendo la razón de mi lucha diaria.

De igual manera lo dedico a mis padres por creer en mí y darme la oportunidad de continuar con mis estudios pese a las adversidades que se presentaron durante este recorrido. Este logro alcanzado también es de ustedes, los quiero mucho.

Y por último a quienes ya no están conmigo pero desde el cielo me enviaron ánimos y fuerzas para cumplir mis metas propuestas. Abuelita Antonieta, cómo hubiese querido que estés presente en uno de los momentos más importantes de mi vida, te extraño.

Oscar Andrés Páez Ponguillo

AGRADECIMIENTOS

A Dios agradezco infinitamente, por iluminar el sendero por el que recorro a diario y permitirme alcanzar este objetivo propuesto.

A mi padre, Oscar Páez Montero, por trabajar sin cansancio para sacar adelante el hogar que han formado junto con mi madre. Eres un ejemplo a seguir viejo. A mi hermosa madre, Tatiana Ponguillo por el apoyo incondicional y guiar cada uno de mis pasos, por el valor incalculable de tus consejos y lo más importante, enseñarme a ser un buen hijo y ahora padre. Deben sentirse sumamente orgullosos ustedes de este logro, lo alcanzamos los tres.

Quiero realizar un agradecimiento especial a Imptek-Chova del Ecuador, por brindar todas las facilidades para sacar adelante el presente Proyecto.

De igual manera a Veltek Cía. Ltda. Empresa en la que estuve laborando para construir el Sistema Contra Incendios. Al Ing. Jorge Carrión, Ing Fernando Parra e Ing. Vinicio Acosta gracias por depositar su confianza en mí y compartir sus conocimientos y experiencias laborales.

A mi director de Tesis Ing. Oswaldo Mariño y codirector Ing. Milton Acosta por guiar la ejecución de este trabajo de titulación.

A mis hermanos, tíos, primos, amigos a todos los que estuvieron pendientes desde mi inicio como estudiante hasta finalizar mis estudios en esta prestigiosa carrera. Gracias por el apoyo ilimitado cuando lo he requerido.

Y a ti Vane, gracias por toda la paciencia y amor sin medida durante todo este tiempo. Esto no lo habría podido hacer sin tu ayuda, Te amo flaca.

Oscar Andrés Páez Ponguillo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	II
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	III
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	IV
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
RESUMEN.....	XXI
ABSTRACT.....	XXII
CAPITULO 1	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. GENERAL.....	3
1.3.2. ESPECÍFICOS.....	3
1.4. ALCANCE	3
1.5. JUSTIFICACIÓN	4
CAPITULO 2	6
2.1. SISTEMA CONTRA INCENDIOS	6
2.1.1. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PASIVA	6
2.1.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN ACTIVA	6
2.1.3. OBJETO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	7
2.1.4. CLASES DE FUEGO	8
2.2. PRINCIPIOS Y CIENCIA DEL FUEGO	10
2.2.1. PRESIÓN DE VAPOR	11
2.2.2. COMBUSTIÓN.....	11
2.2.3. PUNTO DE INFLAMACIÓN	12
2.2.4. LÍMITES DE INFLAMABILIDAD	12

2.2.5.	FUENTES DE IGNICIÓN	13
2.3.	EXTINCIÓN DEL FUEGO.....	13
2.3.1.	EXTINCIÓN A BASE DE AGUA.....	14
2.3.2.	EXTINCIÓN A BASE DE AGUA-ESPUMA.....	18
2.3.3.	EXTINCIÓN CON NIEBLA DE AGUA	21
2.3.4.	EXTINCIÓN CON AGENTES INERTES	22
2.3.5.	EXTINCIÓN A BASE DE AGENTES HALOGENOS	22
2.3.6.	EXTINCIÓN UTILIZANDO AGENTES DE QUÍMICO SECOS.....	24
2.4.	BOMBAS ESTACIONARIAS CONTRA INCENDIOS	24
2.4.1.	CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA BOMBA	25
2.4.2.	TIPOS DE BOMBAS CONTRA INCENDIOS	27
2.5.	COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO	30
2.5.1.	IMPULSORES DE BOMBAS CONTRA INCENDIOS	30
2.5.2.	BOMBA JOCKEY.....	33
2.5.3.	CONTROLADORES DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO.....	34
2.5.4.	ARMADO TÍPICO DE UN CUARTO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	34
2.6.	EQUIPAMIENTO USADO EN LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....	35
2.6.1.	GABINETES CONTRA INCENDIOS.....	35
2.6.2.	MONITORES	37
2.6.3.	HIDRANTES	38
2.6.4.	SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS	38
2.6.5.	VÁLVULAS	45
2.7.	TIPOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS	46
2.7.1.	SISTEMA DE TUBERÍA HÚMEDA.....	46
2.7.2.	SISTEMA DE TUBERÍA SECA	47
2.7.3.	SISTEMAS DE ACCIÓN PREVIA	48
2.7.4.	SISTEMAS DE DILUVIO.....	49
2.8.	NATIONAL FIRE PROTECTION ASSoTATION – NFPA	51
2.8.1.	NFPA 13: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES – EDICIÓN 2007	51

2.8.2.	NFPA 14: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍA VERTICAL Y MANGUERAS – EDICIÓN 2007	54
2.8.3.	NFPA 15: NORMA PARA SISTEMAS FIJOS ASPERSORES DE AGUA PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS - EDICIÓN 2001 .	55
2.8.4.	NFPA 20: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS ESTACIONARIAS PARA PROTECCIÓN DE INCENDIOS - EDICIÓN 2007.....	56
2.8.5.	NFPA 24: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PARA SERVICIO PRIVADO DE INCENDIOS Y SUS ACCESORIOS - EDICIÓN 2007	56
2.8.6.	NFPA 25: NORMA PARA LA INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN DE INCENDIOS BASE DE AGUA - EDICIÓN 2008.....	57
CAPITULO 3	58
3.1.	ANÁLISIS DE RIESGOS	58
3.1.1.	PREVENCIÓN DE LA IGNICIÓN	59
3.1.2.	CONTROL DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN	60
3.1.3.	EXTINCIÓN AUTOMÁTICA (SISTEMA DE ROCIADORES).....	61
3.2.	DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	62
3.3.	SELECCIÓN DE MÉTODO DE EXTINCIÓN DE ACUERDO A LA DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS DE LA PLANTA	64
3.4.	SELECCIÓN DE ROCIADORES SEGÚN NFPA 13.....	66
3.4.1.	SELECCIÓN DE TEMPERATURA DEL ROCIADOR.....	66
3.4.2.	SELECCIÓN DE LA DENSIDAD Y ÁREA DE DISEÑO	67
3.4.3.	SELECCIÓN DEL FACTOR K DEL ROCIADOR.....	68
3.4.4.	CÁLCULO DEL CAUDAL DEL SISTEMA DE ROCIADORES	69
3.4.5.	SELECCIÓN DEL ROCIADOR	70
3.4.6.	RESUMEN DE ROCIADOR SELECCIONADO	72
3.5.	SELECCIÓN DE BOQUILLAS PULVERIZADORAS DE AGUA SEGÚN NFPA 15	72
3.5.1.	CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA	73
3.5.2.	SELECCIÓN DE LA DENSIDAD DE DISEÑO	74

3.5.3.	SELECCIÓN DE ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE LAS BOQUILLAS	75
3.5.4.	CÁLCULO DEL CAUDAL DEL SISTEMA DE PULVERIZACIÓN	76
3.5.5.	SELECCIÓN DE BOQUILLA PULVERIZADORA.....	77
3.5.6.	RESUMEN DE BOQUILLA SELLECCIONADA	78
3.6.	SELECCIÓN DE GABINETES CONTRA INCENDIO SEGÚN NFPA 14.....	79
3.6.1.	CAUDAL PARA CONSUMO DE GABINETES	79
3.6.2.	SELECCIÓN DE GABINETE CONTRA INCENDIO	79
3.6.3.	RESUMEN DE GABINETE SELLECCIONADO.....	80
3.7.	SELECCIÓN DE HIDRANTES SEGÚN NFPA 14	81
3.7.1.	CAUDAL PARA CONSUMO DE HIDRANTES.....	81
3.7.2.	SELECCIÓN DE HIDRANTES.....	81
3.7.3.	RESUMEN DE HIDRANTE SELLECCIONADO.....	81
3.8.	SELECCIÓN DE MONITOR SEGÚN NFPA 11	82
3.8.1.	CAUDAL PARA CONSUMO DE MONITOR.....	82
3.8.2.	SELECCIÓN DE MONITOR Y ESPUMA	83
3.8.3.	RESUMEN DE MONITOR SELLECCIONADO.....	85
3.9.	HIDRÁULICA PARA PROTECCIÓN DE INCENDIOS.....	86
3.9.1.	PRESIÓN.....	86
3.9.2.	PERDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS	87
3.10.	CÁLCULO HIDRÁULICO DE PÉRDIDAS	90
3.10.1.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EL PUNTO 1 - MALLAS DE ROCIADORES.....	92
3.10.2.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EL PUNTO 2 (BOQUILLAS PULVERIZADORAS DE AGUA)	113
3.10.3.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EL PUNTO 3 (HIDRANTE MÁS LEJANO).....	117
3.11.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO SEGÚN NFPA 20	120
3.11.1.	VOLUMEN REQUERIDO PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	122
3.11.2.	SELECCIÓN DE BOMBAS	123

CAPITULO 4	130
4.1. CONSTRUCCIÓN DE LA CASA DE BOMBAS SEGÚN NFPA 20.....	130
4.1.1. TUBERÍA DE SUCCIÓN	131
4.1.2. TUBERÍA DE DESCARGA Y ACCESORIOS.....	131
4.1.3. LÍNEAS DE SENSADO DE PRESIÓN	132
4.1.4. SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL	133
4.1.5. SISTEMA DE ESCAPE DEL MOTOR.....	133
4.1.6. INSTALACIÓN TABLEROS CONTROLADORES	134
4.2. RED HÍDRICA	134
4.2.1. TUBERÍA VISTA.....	134
4.2.2. TUBERÍA ENTERRADA	135
4.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS ROCIADORES	136
4.4. DISTRIBUCIÓN DE LAS BOQUILLAS PULVERIZADORAS.....	138
4.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS GABINETES EN LA NAVE INDUSTRIAL	142
4.5.1. DETALLES DE INSTALACIÓN	143
4.6. DISTRIBUCIÓN DE LOS HIDRANTES EN LA NAVE INDUSTRIAL.....	144
4.6.1. DETALLES DE INSTALACIÓN	145
4.7. TOMA SIAMESA	146
4.8. SOPORTERÍA.....	147
4.8.1. TIPOS DE SOPORTE	147
4.9. PRUEBAS	149
4.9.1. PRUEBA HIDROSTÁTICA.....	149
4.9.2. CURVA DE LA BOMBA	150
4.9.3. PRUEBAS EN EQUIPOS INSTALADOS	150
4.9.4. ANÁLISIS.....	153
4.10. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS A BASE DE AGUA	156
4.10.1. SISTEMAS DE ROCIADORES	156
4.10.2. SISTEMA DE COLUMNAS Y MANGUERAS	160
4.10.3. TUBERÍA DE SERVICIO PRIVADO DE INCENDIOS	163
4.10.4. BOMBAS DE INCENDIO	168
4.10.5. SISTEMAS FIJOS DE PULVERIZACIÓN DE AGUA.....	173

4.10.6. VÁLVULAS	175
CAPITULO 5	181
5.1. COSTOS DIRECTOS	181
5.2. COSTOS INDIRECTOS	185
5.3. TOTAL COSTO PROYECTO	186
5.4. ANÁLISIS DE DEPRECIACIÓN.....	186
CAPITULO 6	188
6.1. CONCLUSIONES.....	188
6.2. RECOMENDACIONES	190
BIBLIOGRAFÍA.....	191
PLANOS	194
ANEXOS	195
ANEXO 1	196
ANEXO 2	197
ANEXO 3	198
ANEXO 4	199
ANEXO 5	200
ANEXO 6	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites de inflamabilidad para gases y vapores típicos	12
Tabla 2 Fuentes de Energía que producen posibles incendios	13
Tabla 3 Ventajas y desventajas del agua como agente extintor	15
Tabla 4 Características y técnicas de aplicación del concentrado de espuma	19
Tabla 5 Nombres comerciales de gases inertes y gases halogenados usados en los sistemas de extinción por agente limpio	23
Tabla 6 Agentes químicos secos	24
Tabla 7 Tipos de Bomba y sus rangos de presión y caudal de bombeo	25
Tabla 8 Clasificación y códigos de los rociadores según su temperatura	40
Tabla 9 Clasificación de los Rociadores según varios aspectos	44
Tabla 10 Factores que inciden en la prevención de incendios	59
Tabla 11 Distribución de Zonas de la Nueva Planta de Imptek	62
Tabla 12 Análisis de Riesgos de Incendio de la Nueva Planta Imptek - Chova del Ecuador	65
Tabla 13 Rangos de Temperatura de los Rociadores	67
Tabla 14 Requisitos de Abastecimiento de Agua para Sistemas de Rociadores	68
Tabla 15 Requisitos para la Asignación de Chorros de Manguera y Duración del Abastecimiento de Agua para Sistemas Calculados Hidráulicamente	70
Tabla 16 Caudal Total Requerido para Sistema de Rociadores	70
Tabla 17 Criterios de Evaluación Rociadores	71
Tabla 18 Matriz de Decisión Rociador Automático	71
Tabla 19 Características del Rociador Seleccionado	72
Tabla 20 Datos técnicos del tanque de almacenamiento de asfalto	74
Tabla 21 Datos técnicos del tanque de reproceso	74
Tabla 22 Densidades de Riego para distintas aplicaciones	75
Tabla 23 Tabla de Boquilla VIKING Modelo E para pulverización de Agua	76
Tabla 24 Caudal Total Requerido para Sistema de Pulverización	77
Tabla 25 Matriz de Decisión Boquillas	78
Tabla 25 Características de la Boquilla seleccionada	78
Tabla 26 Características del Gabinete seleccionado	80
Tabla 27 Características de Hidrantes	81

Tabla 28 Protección de Manguera de Espuma y Monitor para Tanques de Almacenamiento de Techo fijo que contienen Hidrocarburos	82
Tabla 29 Comparación de propiedades de los espumantes.....	84
Tabla 30 Matriz de decisión concentrado de espuma	84
Tabla 31 Especificaciones Técnicas para el Sistema de Espuma Implementado.....	85
Tabla 32 Valores de C en Ecuación de Hazen Williams.....	88
Tabla 33 Longitud Equivalente de tubería.....	89
Tabla 34 Resumen acerca de los caudales mínimos y presiones de descarga para Diseño Hidráulico	92
Tabla 35 Hoja de Cálculos de Presión y Caudal por tramos de tubería para el Sistema de Rociadores.....	94
Tabla 36 Parámetros generales para el ingreso de datos en la Ecuación de Colebrook – White.....	101
Tabla 37 Valor Calculado de f	103
Tabla 38 Valor Calculado de Pérdidas en Tuberías que conducen hacia los Rociadores.....	104
Tabla 39 Factores de fricción f_t para accesorios de tubería	105
Tabla 40 Pérdidas en Accesorios Sistema de Rociadores	106
Tabla 41 Datos de Ingreso para Método de Hardy Cross	110
Tabla 42 Proceso de Iteración Hardy Cross.....	112
Tabla 43 Resultados obtenidos mediante el Método de Hardy Cross	113
Tabla 44 Hoja de Cálculos de Presión y Caudal por tramos de tubería para el Sistema de Agua Pulverizada (Anillos de Enfriamiento)	115
Tabla 45 Parámetros generales para el ingreso de datos en la Ecuación de Colebrook – White.....	116
Tabla 46 Valor Calculado de f	116
Tabla 47 Valor Calculado de Pérdidas en Tuberías que conducen hacia los Anillos de Enfriamiento.....	116
Tabla 48 Pérdidas en Accesorios Sistema de Enfriamiento	117
Tabla 49 Total de Pérdidas por Fricción en Sistema de Enfriamiento de Tanques...	117
Tabla 50 Hoja de Cálculos de Presión y Caudal para el Hidrante más lejano	118
Tabla 51 Parámetros generales para el ingreso de datos en la Ecuación de Colebrook	119

Tabla 52 Valor Calculado de f.....	119
Tabla 53 Valor Calculado de Pérdidas en Tuberías Hidrante más lejano.....	119
Tabla 54 Pérdidas en Accesorios hacia Hidrante más lejano.....	120
Tabla 55 Total de Pérdidas por Fricción en línea hacia Hidrante más lejano	120
Tabla 56 Resumen Caudales y Cargas de Presión para puntos específicos de la Red Contra Incendios calculados mediante el Método Hazen – Williams.....	121
Tabla 57 Resumen de Carga Total Dinámica calculada para los puntos específicos de la Red Contra Incendios calculados mediante el Método Darcy - Weisbach	121
Tabla 58 Capacidades de bombas centrifugas contra incendio	122
Tabla 59 Resumen de información de bombas contra incendios normadas UL/FM ...	123
Tabla 60 Comparación de Criterios a Evaluar.....	124
Tabla 61 Matriz de decisión fabricante de Bomba Diésel.....	124
Tabla 62 Resumen de longitudes equivalentes en accesorios de la succión	127
Tabla 63 Características Técnicas de la Bomba Jockey	128
Tabla 64 Características Técnicas de la Bomba impulsada por motor diésel.....	129
Tabla 65 Características Técnicas del Controlador de la Bomba Diésel	129
Tabla 66 Características Técnicas del Controlador de la Bomba Diésel	129
Tabla 67 Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo para Rociadores tipo Estándar Montante / Colgante.....	137
Tabla 68 Espaciamiento de Anillos de Boquillas en Tanques Horizontales.....	139
Tabla 69 Medición de Caudal y Presión Residual en Rociador más lejano	151
Tabla 70 Medición de Caudal y Presión Residual en Rociadores más lejanos con gasto simultáneo.....	152
Tabla 71 Medición de Caudal y Presión Residual en Boquillas de Tanques de Asfalto.....	152
Tabla 72 Medición de Caudal y Presión Residual en Boquillas de Tanques de Asfalto.....	153
Tabla 73 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Rociadores.....	159
Tabla 74 Acciones correctivas para reemplazo componentes instalados en el Sistema de Rociadores	160

Tabla 75 Acciones correctivas para reemplazo componentes instalados en el Sistema de Columnas y Mangueras.....	161
Tabla 76 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Columna y Mangueras	163
Tabla 77 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tuberías Principales de Servicio Privado de Incendios	164
Tabla 78 Acciones correctivas para las tuberías expuestas.....	164
Tabla 79 Acciones correctivas para hidrantes instalados.....	165
Tabla 80 Acciones correctivas para monitor instalado	165
Tabla 81 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tuberías Principales de Servicio Privado de Incendios	167
Tabla 82 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tuberías Principales de Servicio Privado de Incendios	172
Tabla 83 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Pulverización de Agua	173
Tabla 84 Equipos, Accesorios y Mano de Obra	181
Tabla 85 Costos de Ingeniería	184
Tabla 86 Total Costos Directos.....	184
Tabla 87 Ejecución Tesis.....	185
Tabla 88 Ejecución Pruebas Tesis.....	185
Tabla 89 Movilización, Varios	185
Tabla 90 Total Costos Indirectos	186
Tabla 91 Total Costos Proyecto.....	186
Tabla 92 Tabla de Depreciación	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Símbolo fuego tipo A.....	8
Figura 2. Símbolo fuego tipo B.....	9
Figura 3. Símbolo fuego tipo C	9
Figura 4. Símbolo fuego tipo D	10
Figura 5. Símbolo fuego tipo K.....	10
Figura 6. Métodos de Extinción de Incendios.....	14
Figura 7. Extinción por medio de espumas en fuego de líquidos inflamables.....	18
Figura 8. Sistema de Pulverización de Agua para protección de tanque.....	21
Figura 9. Sistema de Extinción por Agente Limpio CO ₂	22
Figura 10. Curvas características de una bomba típica contra incendios.....	25
Figura 11. Puntos a considerar en una Curva Característica de una bomba de incendios.....	27
Figura 12. Bomba Vertical en línea para Incendios marca Amstrong	27
Figura 13. Corte de una bomba End Suction para Sistema Contra Incendios.....	28
Figura 14. Instalación típica de una bomba de turbina vertical.....	29
Figura 15. Bomba de carcasa partida	30
Figura 16. Motor Eléctrico para impulsar Bomba de Turbina Vertical.....	31
Figura 17. Motor Diésel para impulsar Bomba de Turbina Vertical	31
Figura 18. Sistema de enfriamiento tipo intercambiador de calor.....	32
Figura 19. Tanque Diésel UL/FM, capacidad 300 galones.....	33
Figura 20. Bomba Horizontal de Succión Positiva.....	34
Figura 21. Gabinete Clase I	36
Figura 22. Gabinete Clase II	36
Figura 23. Gabinete Clase III	37
Figura 24. Monitor o cañón contra incendios bridado.....	37
Figura 25. Hidrante con conexiones de 2½” para manguera.....	38
Figura 26. Disposición representativa de un rociador automático de enlace y palanca con soldadura	39
Figura 27. Rociador típico de ampolla.....	39
Figura 28. Rociador Montante o UPRIGHT VIKING VK 100	41

Figura 29. Rociador Colgador o PENDENT VIKING VK 102.....	41
Figura 30. Patrón principal de distribución de agua de los rociadores antiguos/convencionales	42
Figura 31. Patrón principal de distribución de agua de los rociadores estándar.....	42
Figura 32. Rociador Viking de Gota Gorda	43
Figura 33. Rociador Viking tipo ESFR.....	44
Figura 34. Componentes de la Válvula Check y Alarma	45
Figura 35. Funcionamiento de una Válvula de Diluvio	46
Figura 36. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Rociadores de columna húmeda	47
Figura 37. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Rociadores de Columna Seca.....	48
Figura 38. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Rociadores de Acción Previa.....	49
Figura 39. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Diluvio.....	50
Figura 40. Componentes de la prevención de la ignición	60
Figura 41. Componentes de la rama "control de incendio" del árbol de protección contra incendios	61
Figura 42. Distribución de la Nueva Planta Imptek – Chova del Ecuador S.A.....	63
Figura 43. Curvas Densidad / Área.....	67
Figura 44. Detalle de Instalación de Gabinete tipo II.....	80
Figura 45. Principio de funcionamiento de un tubo eductor de espuma	85
Figura 46. Puntos más desfavorables para diseño hidráulico	91
Figura 47. Recorrido desde descarga de bomba hasta el rociador más alejado	93
Figura 48. Distribución de Nodos y Circuitos Método Hardy Cross	108
Figura 49. Recorrido desde descarga de bomba hasta anillo de enfriamiento más lejano	114
Figura 50. Recorrido desde descarga casa de bombas hacia hidrante más distanciado.....	118
Figura 51 Curva Característica de Bomba Contra Incendios American Marsh Pump.	125
Figura 52. Esquema de cálculo del $NPSH_d$	126
Figura 53. Detalle de la Succión de la Bomba con respecto al Reservorio	127
Figura 54. Conexión de las líneas sensoras de presión.....	132

Figura 55. Detalle instalación de líneas de alimentación motor diésel.....	133
Figura 56. Instalación de los tableros dentro del cuarto de bombas.....	134
Figura 57. Sección de una unión ranurada instalada entre dos tuberías.....	135
Figura 58. Recubrimiento anticorrosivo POLYKEN para tubería enterrada.....	136
Figura 59. Distribución de Rociadores en la Bodega de Producto Terminado y Materia Prima.....	137
Figura 60. Esquema de instalación de boquillas pulverizadoras en recipientes horizontales.....	139
Figura 61. Distribución de Boquillas de Pulverización en Tanques Diésel y Aceite Térmico.....	140
Figura 62. Distribución de Boquillas de Pulverización en Tanques de Asfalto.....	141
Figura 63. Esquema de instalación de las boquillas en el tanque.....	142
Figura 64. Áreas de cobertura gabinetes contra incendio.....	143
Figura 65. Áreas de cobertura hidrantes.....	145
Figura 66. Hidrante tipo pared.....	145
Figura 67. Hidrante Soterrado.....	146
Figura 68. Soporte instalado tipo ménsula.....	148
Figura 69. Soportes tipo pera usados en la mallas de rociadores.....	149
Figura 70. a) Flushing en monitor; b) Lavado de tubería en Hidrante de Anillos de Enfriamiento Tanques Diésel.....	150
151	
Figura 71. Lavado de tubería en Hidrante de Parquederos.....	151
Figura 72. Cuadro comparativo de Presión entre métodos y valor real medido.....	154
Figura 73. Cuadro comparativo de Caudal entre métodos y valor real medido.....	154
Figura 74. Cuadro comparativo de Presión entre métodos y valor real medido.....	154
Figura 75. Cuadro comparativo de Caudal entre métodos y valor real medido.....	155
Figura 76. Cuadro comparativo de Presión entre métodos y valor real medido.....	155
Figura 77. Cuadro comparativo de Caudal entre métodos y valor real medido.....	155
Figura 78. Válvula Check y Alarma VIKING Modelo J-1.....	177
Figura 79. Válvula de Diluvio VIKING Modelo F-1.....	178
Figura 80. Válvula de Diluvio junto con el trim de accionamiento.....	180

RESUMEN

El presente proyecto de titulación sirve como una guía referencial para la instalación hidráulica de un sistema contra incendios, el cual tendrá como contenido los requerimientos mínimos de diseño, a fin de garantizar un nivel razonable de protección para el personal y las instalaciones, frente a los riesgos potenciales de incendio y/o explosión que puedan originarse en instalaciones de cualquier tipo de industria. Para la ejecución de este trabajo, mediante un análisis de riesgos de incendio se determinaron las zonas cuya probabilidad de ocurrencia de un incendio es alta dentro de la Nueva Planta Industrial de IMPTEK. Posteriormente se determina cuál de las áreas de la Nave Industrial, requiere la mayor cantidad de agua. Identificado el sector más crítico, se diseña el Sistema de Extinción de Incendios en base a las normas NFPA, en donde constan los requisitos mínimos para la protección de los ocupantes e integridad de la planta. La selección de rociadores, boquillas de pulverización de agua, gabinetes, hidrantes y monitor son parte del diseño. Luego se distribuyen los equipos de extinción para realizar el recorrido de la tubería y determinar las pérdidas por fricción. Finalmente se selecciona el equipo de bombeo y se ejecutan las respectivas pruebas que garanticen el buen funcionamiento de la red contra incendio. Adicional a ello se entrega un programa de Inspección, Prueba y Mantenimiento para asegurar que el sistema implementado se encuentre siempre en servicio.

PALABRAS CLAVE:

INCENDIOS

ROCIADOR

NFPA

BOMBAS

MANGUERAS

ABSTRACT

This engineering project serves as a reference guide for the hydraulic installation of a Fire Protection System, which it will have the minimum design requirements, to ensure a reasonable level of protection for personnel and facilities, against to potential risks of fire and / or explosion that may arise in facilities of any kind of industry. The execution of this work is determined by a risk analysis of a fire, whose probability of occurrence of a fire zones is high within the New Industrial Plant IMPTEK. Subsequently determines which of the areas of the warehouse, requires more water. Identified the most critical sector, the Fire Suppression System is designed based on NFPA standards, in which there are the minimum requirements for occupant protection and integrity of the plant. The selection of sprinklers, water spray nozzles, cabinets, hydrants and monitor are part of the design. After the fighting equipment are distributed to perform the route of the pipeline and determine friction losses. Finally the pumping equipment is selected and the respective tests will be done to ensure the smooth operation of the network running fire. In addition to this program the Inspection, Testing and Maintenance Schedule is delivered to ensure that the implemented system will be always in service.

KEYWORDS:

FIRE

SPRINKLER

NFPA

PUMPS

HOSE

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad para que una industria pueda operar y producir, debe cumplir con varias normativas controladas por el Distrito Metropolitano de Quito. En diciembre de 2013 se deroga la Nueva Ordenanza Municipal No. 470, la cual incluye las Normas Técnicas para Prevención de Incendios dentro del Distrito Metropolitano de Quito, las mismas que se deben cumplir a cabalidad y tener aceptación por los Inspectores del Cuerpo de Bomberos para obtener el permiso de funcionamiento.

Previo al presente trabajo, se publicó el estudio titulado “Ingeniería conceptual, básica y de detalle del sistema de circulación y enfriamiento del agua para los procesos industriales y del sistema contra incendios de la nueva planta Chova del Ecuador S.A.” autores: Ing. Luis Torres y del Ing. Jorge Valencia donde se analiza la implementación del Sistema Contra Incendios. En este trabajo se plantea la instalación de mallas de rociadores en el área de bodegas y en el área de laminación, así como también implementar un sistema de enfriamiento para las paredes de los tanques, impulsado por dos bombas, una eléctrica principal y otra a diésel secundaria.

Al efectuar un análisis profundo de las normativas nacionales e internacionales se detectó que el sistema propuesto se encontraba sobredimensionado, incorporando sistemas de rociadores en zonas donde no se requiere, aumentando así los rubros de instalación del proyecto.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A partir del 2011 Imptek-Chova del Ecuador empieza a producir en la nueva planta industrial ubicada en el sector El Inga, la primera fase comprendió el

traslado de la Planta de Emulsiones Asfálticas desde Cashapamba hacia éste nuevo parque industrial, se construyeron tanques de almacenamiento de Asfalto, Diésel y Aceite Térmico. Desde aquella fecha hasta el día de hoy, Imptek-Chova del Ecuador ha crecido paulatinamente hasta el punto de instalar una nueva planta industrial, trasladando totalmente todas las líneas de producción, bodegas de insumos y materia prima, incrementando su personal de operación y administrativo.

La Planta de El Inga se encuentra localizada en la vía E35 que conecta a la Parroquia de Pintag y Pifo. Los puntos de socorro más cercanos a ésta edificación se encuentran a 15 km ubicado en el sector de El Tingo, y la Estación de Bomberos Pifo distanciada a 20 km, es decir aproximadamente entre 30 a 40 minutos respectivamente. En un posible conato de incendio la planta debe tener la capacidad de suprimir de manera autónoma el siniestro. El factor tiempo es preponderante, en el sentido de que se puede reducir la probabilidad a que se propague el incendio suscitado a las diferentes áreas de la infraestructura.

Por otra parte, la nueva nave construida cuenta con una bodega para el almacenamiento de la materia prima y producto final, los cuales se encuentran empacados en cartones y apilados en pallets de madera, materiales considerados combustibles. Entre más eficiente sea el uso del espacio de acopio, son más los materiales combustibles que se encuentran en ese volumen, por consecuencia el riesgo de fuego es alto.

Para ésta problemática, la Ordenanza Municipal No. 470 en su paquete de reglas técnicas, obliga a instalar una red hídrica para protección de incendios complementada con un sistema de rociadores automáticos para prevenir incendios en bodegas con superficies mayores a 250 m².

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Diseñar, construir e implementar el sistema de extinción contra incendio de la nueva planta industrial IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR S.A. de acuerdo a la reglamentación nacional y normas NFPA.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- Identificar los peligros de incendio a la que está sometida la planta mediante un Análisis de Riesgos y seleccionar el medio de extinción adecuado.
- Seleccionar el equipo de extinción de acuerdo al tipo de riesgo de la planta.
- Realizar los cálculos hidráulicos para determinar los caudales y presiones necesarias a fin de garantizar el pleno funcionamiento de la red del Sistema Contra Incendios.
- Comparar las pérdidas de presión en el Sistema Contra Incendios mediante los métodos de pérdidas por fricción para determinar cuál es el más conservador.
- Elaborar los protocolos de Prueba Hidrostática de la Red y los procedimientos de Inspección, Prueba y Mantenimiento de accesorios, rociadores, boquillas aspersoras, gabinetes, monitor y bombas para garantizar la vida útil de los equipos instalados.
- Elaborar los planos "As-built" del proyecto para mostrar los detalles de construcción del Sistema Contra Incendios.

1.4. ALCANCE

El presente proyecto consta del Diseño e Implementación del Sistema de Extinción de incendios bajo normativas y parámetros según NFPA y los

requerimientos establecidos por el Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito expuestos en la Ordenanza Municipal No. 470.

El cuarto de máquinas se construirá de acuerdo a los requerimientos hidráulicos del sistema con equipos listados.

Se prevé implementar dos mallas de rociadores para las áreas de materia prima y producto terminado, además a ello se instalarán anillos de enfriamiento para los tanques de asfalto y de reproceso.

Para el área administrativa, comedor, nave industrial y oficinas se van a instalar gabinetes clase II que incluye hacha, extintor, manguera 15 m, rack porta manguera, llave spanner y boquilla para manguera.

Al finalizar el proyecto se pretende realizar un flushing, que consiste en bombear el agua desde el reservorio hacia puntos abiertos, para asegurar que no existen residuos de soldaduras u otros elementos que puedan obstaculizar el paso del agua hacia los gabinetes o hidrantes. Posterior a esto se probará el sistema hidrostáticamente según NFPA 25, para garantizar el pleno funcionamiento de la red contra incendios así como las bombas y equipos instalados.

Además es parte del proyecto realizar un manual sobre la operación y mantenimiento de los equipos para la entrega definitiva del proyecto.

Todos los accesorios, válvulas, bombas y equipos en general que se van a instalar son listados UL (Underwriters Laboratories) / FM (Factory Mutual) según lo normado por NFPA.

Este proyecto no contempla el sistema de Detección del Sistema Contra Incendios, planes de emergencia y señalización.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Los incendios son una de las mayores catástrofes que en su mayoría son provocados por el hombre. Durante los últimos años han aumentado su

frecuencia, causando daños irreparables tanto en vidas humanas como en pérdidas materiales y medio ambientales.

Es importante destacar los incendios ocurridos en plantas industriales, plataformas petroleras, plantas químicas, etc., los cuales han producido accidentes por falta de seguridad humana y de planes de emergencia inadecuados, teniendo como resultado situaciones de pérdidas considerables, desde la imagen de la empresa hasta desastres cuantiosos.

Desde que se iniciaron las operaciones de traslado en el 2011, la nueva planta ha venido creciendo a pasos agigantados, implementado incluso una nave industrial en donde se encuentran ubicadas las bodegas de insumos y productos terminados, oficinas así como también las líneas de producción. Al ser una nueva edificación, es pertinente obtener la Licencia Metropolitana Única para el Ejercicio de Actividades Económicas LUAE, que exigen como requisitos un Plan de Emergencia, Sistema de Detección de Incendios, Plan de Evacuación, Sistema de Extinción de Incendios, entre otras medidas de protección.

Es por esto que en la empresa IMPTEK-CHOVA DEL ECUADOR S.A. surge la necesidad de diseñar, construir e implementar un Sistema de Extinción Contra Incendios bajo regulaciones nacionales y normas internacionales de seguridad NFPA, donde constan parámetros de selección, diseño, instalación y mantenimiento de los rociadores, bombas y gabinetes contra incendios, boquillas aspersoras, monitores, sistemas de espuma entre otros equipos que constituyen el sistema de protección.

Estas medidas de protección previas a la obtención de la LUAE, son específicamente para salvar guardar cuatro parámetros importantes: protección de la vida humana, protección de la propiedad, continuidad de operación y protección ambiental, dejando así como beneficiarios a los trabajadores, la integridad de la empresa y el medio ambiente, además de brindar seguridad a la comunidad colindante.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Los sistemas de protección contra incendios constituyen un conjunto de equipamientos diversos integrados en la estructura de los edificios, actualmente en el Distrito Metropolitano de Quito, las características de estos sistemas están regulados por la Ordenanza Metropolitana No. 470 en la que se incorpora las “Reglas Técnicas en Materia de Prevención de Incendios”. La protección contra incendios se basa en dos tipos de medidas:

- Medidas de protección pasiva.
- Medidas de protección activa.

2.1.1. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PASIVA

Son medidas que tratan de minimizar los efectos peligrosos del incendio una vez que este se ha producido.

Básicamente están encaminadas a limitar la distribución de llamas y humo a lo largo de la edificación y a permitir la evacuación ordenada y rápida de la misma.

Algunos ejemplos de estas medidas son:

- Puertas cortafuegos.
- Dimensiones y características de las vías de evacuación.
- Señalizaciones e iluminación de emergencia.

2.1.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN ACTIVA

Son medidas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible y evitar así su extensión en el edificio. Dentro de este apartado se han de considerar dos tipos de medidas:

- Medidas de detección de incendios, que suelen estar basadas en la detección de humos (iónicos u ópticos) o de aumento de temperatura.
- Medidas de extinción de incendios, que pueden ser manuales o automáticos:

Manuales: Extintores, Bocas de incendio equipadas (BIE), Hidrantes.

Automáticos: Dotados de sistemas de diversos productos para extinción:

- Agua: Rociadores, espumas, boquillas de agua pulverizada.
- Gases: Halones, CO₂
- Polvo Químico: Normal o polivalente.

La estructura de los sistemas de riesgo, tanto en el caso de instalaciones manuales como automáticas es similar, cuentan con un sistema de aporte de agua, que puede ser un depósito de almacenamiento de agua y un grupo de bombas, a menudo con alimentación eléctrica autónoma.

2.1.3. OBJETO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

El objeto de todo sistema contra incendios, es el de tomar agua depositada en el reservorio, hacerla pasar por la bomba accionada por motor diésel o eléctrico a través de toda la red contra incendio, para que finalmente llegue con la presión y en la cantidad requerida, cuando se presente un evento de fuego en alguna de las zonas a proteger.

El proceso que se lleva a cabo para cumplir ejecutar esta labor, se describe a continuación:

- El agua para la red contra incendio está depositada en reservorio.
- Mientras la red contra incendio se encuentre presurizada y en reposo, es decir, mientras no exista una alarma por fuego, la bomba permanece apagada, pero disponible para operar automáticamente en el momento que se le solicite.
- En el momento que se presente una alarma por fuego, y alguna persona opere la manguera de un gabinete de la red contra incendio, se presenta

una caída de presión en la red producto de la apertura de esta manguera, momento en el cual la bomba entra en operación automáticamente, tomando agua del reservorio e impulsándola a través de la tubería de la red, hasta el punto en el cual se está tratando de extinguir el fuego producido.

2.1.4. CLASES DE FUEGO

Los incendios se clasifican de acuerdo a las características de la combustión, es decir depende del material que se está combustionando, es por ello que se agrupan de la siguiente manera:

- Clase A
- Clase B
- Clase C
- Clase D

2.1.4.1. Clase "A"

Son los fuegos que comprenden a los materiales orgánicos sólidos, en los que pueden formarse chispas, por ejemplo, la madera, el papel, cartón, pajas, carbones, textiles, etc.

Para su identificación se utiliza un triángulo de fondo color verde en cuyo interior se coloca la letra A.



Figura 1. Símbolo fuego tipo A

Fuente: (Clases de Fuegos, 2008, pág. 1)

2.1.4.2. Clase "B"

Son los incendios que involucran a líquidos inflamables y sólidos fácilmente fundibles por acción del calor. Dentro de este rubro podemos encontrar a todos los hidrocarburos, alcoholes, parafina, cera, etc.

Para su caracterización se utiliza un cuadrado de color rojo en cuyo interior se coloca la letra B.



Figura 2. Símbolo fuego tipo B

Fuente: (Clases de Fuegos, 2008, pág. 1)

2.1.4.3. Clase "C"

Son los fuegos que implican a los equipos eléctricos energizados, tales como los electrodomésticos, los interruptores, cajas de fusibles, las herramientas eléctricas, etc.

Se lo simboliza con un círculo de fondo color azul en cuyo interior se coloca la letra C.



Figura 3. Símbolo fuego tipo C

Fuente: (Clases de Fuegos, 2008, pág. 1)

2.1.4.4. Clase "D"

Son fuegos que desencadenan, en metales alcalinos y alcalinos térreos, como polvos metálicos; combustionan violentamente y generalmente con llama muy intensa, emiten una fuerte radiación de calor y desarrollan muy altas temperaturas.

Sobre este tipo de fuegos NO se debe utilizar agua, ya que esta reaccionaría violentamente. Se hallan dentro de este tipo de fuegos el magnesio, el sodio, el potasio, el titanio, el circonio, polvo de aluminio, etc.

Se simboliza con una estrella de cinco puntas de fondo color amarillo en cuyo interior se coloca la letra D.



Figura 4. Símbolo fuego tipo D

Fuente: (Clases de Fuegos, 2008, pág. 1)

2.1.4.5. Fuegos Clase K

A raíz de haberse observado una gran dificultad en la extinción de incendios en freidoras industriales, se hizo esta clasificación particular para este tipo de fuegos. Son fuegos que involucran aceites de cocina tales como vegetales, animales, grasas. Etc. Se caracterizan porque arden a temperaturas elevadas.



Figura 5. Símbolo fuego tipo K

Fuente: (Clases de Fuegos, 2008, pág. 1)

2.2. PRINCIPIOS Y CIENCIA DEL FUEGO

Los principios de la ciencia en ingeniería de protección contra incendios se fundamentan en los siguientes principios:

1. Un agente oxidante, un material combustible, y una fuente de ignición son esenciales para la combustión.
2. El material combustible debe calentarse hasta su temperatura de ignición mediante fuente de calor antes de que pueda prenderse o sostener la propagación de las llamas.
3. La quema subsecuente del material combustible está gobernada por la retroalimentación de calor de las llamas al combustible en pirolisis o vaporización.
4. La combustión continuará hasta que suceda uno de los siguientes casos:
 - a. Se haya consumido el material combustible.

- b. La concentración del agente oxidante disminuya por debajo de la concentración necesaria para sostener la combustión.
- c. Se haya eliminado suficiente calor o prevenido que alcance al material combustible.
- d. Las llamas sean inhibidas químicamente enfriadas lo suficiente para evitar reacciones posteriores.

2.2.1. PRESIÓN DE VAPOR

Debido a que las moléculas de un líquido están siempre en movimiento, continuamente están escapando moléculas de la superficie libre del líquido a un espacio superior. Algunas moléculas permanecen en este espacio mientras que otras, debido al movimiento aleatorio, colisionan con la superficie del líquido y son recapturadas. Si el líquido está en un contenedor cerrado como por ejemplo un tanque de gasolina hasta la mitad, se lograría el equilibrio cuando el mismo número de moléculas que se evaporan, regresan al líquido desde su estado gaseoso. En el estado de equilibrio, la presión generada por el vapor es la presión de saturación del vapor. Esta se mide en kilo-Pascales (kPa) o en libras por pulgada cuadrada absolutas (psia), y aumenta a medida que se eleva la temperatura del líquido. (NFPA, 2009, pág. 20)

Si el líquido, por el contrario, está en un contenedor abierto, las moléculas en estado de vapor se difunden continuamente lejos de la superficie y el líquido se evapora. La velocidad de evaporación aumenta con la temperatura y también está influenciada por el movimiento del aire y en menor proporción, por la presión. (NFPA, 2009, pág. 20)

2.2.2. COMBUSTIÓN

La combustión es una reacción exotérmica, auto mantenida que involucra un combustible sólido, líquido, o gaseoso. El proceso está usualmente asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico. Algunos sólidos pueden quemarse directamente por combustión incandescente o en brasas sin llamas, pero en la combustión en llamas de combustibles sólidos y líquidos, la

vaporización sucede antes de la combustión. Es necesario distinguir entre dos tipos de llamas:

- premezclada, en la cual el combustible gaseoso se mezcla íntimamente con aire antes de la ignición, y
- difusiva, en la que la combustión tiene lugar en las regiones donde se están mezclando el combustible y el aire. Si tiene lugar la combustión premezclada en un lugar encerrado, ocurre una elevación rápida de presión, produciendo una explosión. (NFPA, 2009, pág. 21)

2.2.3. PUNTO DE INFLAMACIÓN

Temperatura mínima de un líquido a la cual se produce suficiente vapor para formar una mezcla inflamable con el aire, cerca de la superficie del líquido o dentro del recipiente usado.

2.2.4. LÍMITES DE INFLAMABILIDAD

Los límites de inflamabilidad definen el intervalo o rango de concentraciones de gas inflamable o vapor, en aire que se incendian si se introduce una fuente de ignición como una llama, chispa eléctrica, etc. en la mezcla. En la Tabla 1 se muestran los límites de inflamabilidad para varios tipos de gases.

Tabla 1

Límites de inflamabilidad para gases y vapores típicos

	Límite menor de inflamabilidad		Límite mayor de inflamabilidad	
	% por Volumen	g/m ³	% por Volumen	g/m ³
Hidrógeno	4,0	3,6	75	67
Metano	5,0	36	15	126
Propano	2,1	42	9,5	210
<i>n</i> -Octano	0,95	49	—	—
Étileno	2,7	35	36	700
Acetileno	2,5	29	(100)	—
Metanol	6,7	103	36	810
Etanol	3,3	70	19	480
Acetona	2,6	70	13	390

Fuente: (NFPA , 2009, pág. 22)

2.2.5. FUENTES DE IGNICIÓN

Dado a que la prevención y extinción de incendios dependen del control del calor, es importante conocer las formas más comunes de producción de energía. La Tabla 2 detalla las fuentes de energía calorífica.

Tabla 2

Fuentes de Energía que producen posibles incendios

ENERGÍA QUÍMICA	Calentamiento espontáneo Calor de descomposición Calentamiento de Disolución Calor de Reacción
ENERGÍA ELÉCTRICA	Calentamiento por Resistencia Eléctrica Calentamiento Dieléctrico Calentamiento por Inducción Calentamiento por Fuga de Corriente Eléctrica Calentamiento por formación de Arcos Eléctricos Calentamiento por Electricidad Estática Calor generado por Rayos
ENERGÍA MECÁNICA	Calor por Fricción Chispas por Fricción Calor por Compresión
ENERGÍA NUCLEAR	Calor generado por Fisión Nuclear

2.3. EXTINCIÓN DEL FUEGO

Idealmente, cualquier teoría de extinción de incendios totalmente exitosa debería poder predecir la cantidad y tasa de aplicación del agente extintor, necesaria para cada incendio.

Desafortunadamente, los agentes usados para la extinción de los incendios como: el agua, espuma y químicos secos, cada uno funcionan por una combinación de varios mecanismos. Sin embargo, para extinguir el fuego, uno o más de los siguientes mecanismos mostrados en la Figura 6, se emplean para la extinción de los incendios:

- Reducción de la temperatura del combustible o de la llama
- La separación física de la sustancia combustible de la llama

- Eliminación o disolución del suministro de oxígeno
- Introducción de productos químicos que modifiquen el proceso químico de la combustión

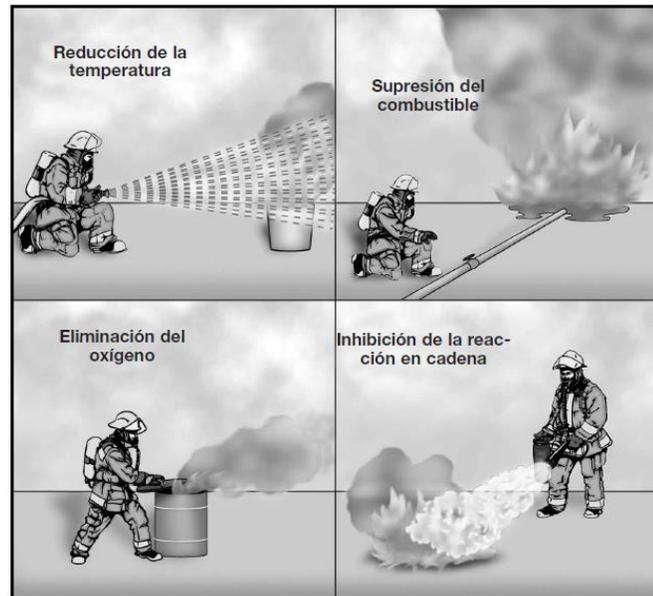


Figura 6. Métodos de Extinción de Incendios

Fuente: (Hall & Adams, 1998, pág. 60)

2.3.1. EXTINCIÓN A BASE DE AGUA

El agua es el agente extintor más común y de mayor disponibilidad. El agua es barata, abundante, y efectiva para la supresión de incendios. Es transportable y se puede bombear desde su fuente hasta el incendio. El agua está disponible en los sistemas de distribución de agua potable hidrantes, en arroyos, pozos, estanques, lagos y piscinas. La Tabla 3 muestra las ventajas y desventajas del agua en la protección de incendios.

Los dos medios comunes de aplicación de agua son: chorro solido o rocío de una manguera y rocío de rociadores automáticos.

Tabla 3

Ventajas y desventajas del agua como agente extintor

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bajo costo y alta disponibilidad	Se cogela bajo 0 °C
Alto calor de vaporización por unidad de masa	Es conductora de la electricidad
No tóxica	Causa daños irreversibles a materiales electrónicos, archivos, data center, etc.
Se puede almacenar a presión atmosférica y temperaturas normales	No es efectiva en incendios de líquidos inflamables
Punto de ebullición bajo (100 °C) por debajo del límites de la temperatura de pirólisis (250 °C - 450 °C)	
La tensión superficial del agua permite que se formen pequeñas gotas de agua y chorros sólidos	

El agua puede extinguir un incendio por una combinación de mecanismos: enfriamiento del combustible sólido o líquido; enfriamiento de la llama misma; generación de vapor que evita el acceso de oxígeno; y como niebla, bloqueando la transferencia radiación. Aunque todos estos mecanismos pueden contribuir a la extinción, probablemente el más importante es el enfriamiento de un combustible en gasificación.

2.3.1.1. Propiedades de Extinción

El agua es un agente extintor muy efectivo debido a su capacidad de enfriar el combustible, extraer o desplazar el suministro de oxígeno, y separar o diluir la fuente de combustible. El mecanismo dominante de la extinción, o una combinación de mecanismos de extinción, depende de varios factores interrelacionados, incluyendo las propiedades físicas y químicas, la geometría del compartimiento, ventilación, condiciones ambientales, la forma del agua aplicada, por ejemplo niebla o chorro sólido, y la técnica de aplicación.

Extinción por Enfriamiento

El agua extingue principalmente los incendios de combustibles sólidos al enfriar la superficie del combustible. Además de enfriar el combustible sólido en sí, el agua es efectiva como agente de enfriamiento debido a su elevado calor latente de evaporación 2,4 kJ/g a 25 °C. El agua que se introduce a un incendio

facilita la pérdida de calor por medio de la transferencia de calor del fuego al agua. Cuando la pérdida de calor supera la ganancia de calor del fuego, la superficie del combustible empieza a enfriarse hasta que la llama ya no puede subsistir en la superficie. (NFPA , 2009, pág. 28)

El agua es un enfriador efectivo para las superficies de combustibles sólidos. Además del enfriamiento directo del combustible sólido el agua puede enfriar indirectamente combustibles sólidos por la reducción del flujo de calor radiante desde la llama y desde la capa superior de gas caliente, hasta la superficie del combustible. Esto reduce la velocidad de la pirolisis del combustible, lo que reduce la tasa de liberación de calor del incendio. Este enfriamiento resulta de los efectos de enfriamiento de las gotitas de agua y del vapor.

Conceptualmente, cuando la tasa de absorción de calor del agua se aproxima a la tasa total de liberación de calor del incendio, empieza el control del incendio. Cuando la tasa de absorción de calor del agua supera la tasa de liberación de calor del incendio, se logra la supresión del fuego y finalmente la extinción del incendio. (NFPA , 2009, pág. 28)

Extinción por Sofocación

Cuando se aplica agua a un incendio o a la superficie de un compartimiento caliente, se forma vapor. La dilución del suministro de oxígeno, alrededor de las fuentes de combustible permite la supresión por una acción de sofocación. La supresión por este método es más efectiva si las gotitas de vapor y agua se localizan alrededor de la fuente de combustible. Las gotitas de vapor y agua también continúan extinguiendo el fuego por enfriamiento a medida que las gotitas de agua siguen evaporándose alrededor del área caliente del incendio.

Normalmente, los incendios de combustibles comunes se extinguen por el efecto de enfriamiento del agua y no por el efecto de sofocación creado por el vapor. Se ha descubierto que los sistemas de niebla de agua, que se pueden usar como una alternativa para los sistemas de rociadores o ciertos sistemas de

extinción gaseosos, son efectivos para controlar y extinguir incendios por enfriamiento y sofocación. (NFPA , 2009, pág. 28)

Extinción por Emulsificación

Una emulsión se forma cuando líquidos inmiscibles se agitan en forma simultánea y uno de los líquidos se dispersa a través de los otros. La extinción por este proceso se puede lograr aplicando agua a ciertos líquidos inflamables viscosos, ya que el efecto de enfriamiento de las superficies de estos líquidos evita la liberación de vapores inflamables. Con algunos líquidos viscosos, como el aceite combustible, la emulsificación es una espuma que retrasa la liberación de vapores inflamables. Sin embargo, se debe tener cuidado con los líquidos de profundidad apreciable, porque la formación de espuma puede propagar los líquidos en combustión por encima de los costados del recipiente. Normalmente, para la emulsificación se usa una pulverización de agua relativamente gruesa y fuerte. Se debe evitar un chorro sólido de agua, ya que este ocasionara una violenta formación de espuma. (NFPA , 2009, pág. 29)

Extinción por Dilución

Los incendios de materiales inflamables, solubles en agua, pueden en algunos casos extinguirse por dilución. El porcentaje de dilución necesario varía ampliamente, así como el volumen de agua y el tiempo necesario para la extinción. Por ejemplo, la dilución se puede usar exitosamente en un incendio donde hay un derrame de alcohol etílico o metílico si es posible obtener una mezcla adecuada de agua y alcohol, y si la mezcla puede ser contenida mientras se diluye. La dilución no es una práctica común cuando se trata de tanques. El peligro de desbordamiento debido a la cantidad de agua requerida, y el peligro de formación de espuma si la mezcla se calienta hasta el punto de ebullición del agua, hace que esta forma de extinción rara vez sea práctica. (NFPA , 2009, pág. 29)

2.3.2. EXTINCIÓN A BASE DE AGUA-ESPUMA

La espuma es el agente idóneo para combatir incendios que involucran cantidades sustanciales de productos derivados del petróleo, y escenarios de fuego como en refinерías, tanqueros, estaciones de gasolina y áreas de almacenamiento.

Como la espuma es mucho más liviana que cualquier líquido inflamable, esta flota sobre el líquido produciendo una capa continua de material acuoso, que excluye el aire, enfría y puede detener o prevenir la combustión.

Algunas espumas son espesas y viscosas, formando mantos duros resistentes al calor sobre las superficies de líquidos incendiados y las áreas verticales.

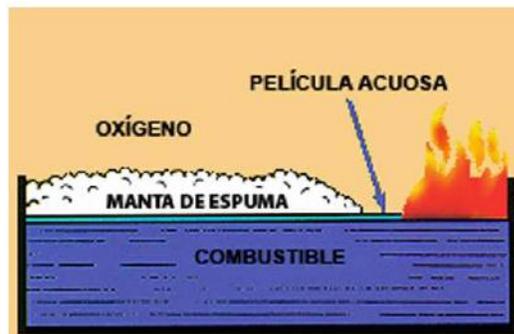


Figura 7. Extinción por medio de espumas en fuego de líquidos inflamables

Fuente: (MARTIN, 2009, pág. 86)

Otras espumas son más delgadas y se propagan más rápidamente. Algunas espumas pueden producir una película de solución tenso-activa de agua, que sella el vapor sobre una superficie líquida, y otras son para usar como grandes volúmenes de células de gas húmedo para inundar superficies y llenar cavidades.

La Tabla 4 presenta cada uno de los tipos de concentrados de espuma más comunes.

Tabla 4

Características y técnicas de aplicación del concentrado de espuma

TIPO	CARACTERÍSTICAS	USOS	APLICACIÓN	PRESENTACIÓN
ESPUMA DE PROTEÍNA (3% y 6%)	<p>Proteína</p> <p>Expansión baja</p> <p>Buena resistencia a la reignición</p> <p>Excelente retención de agua</p> <p>Resistencia al calor y estabilidad alta</p> <p>No tan móvil o fluido sobre la superficie del combustible como otras espumas de expansión baja</p>	<p>Incendios Clase B con hidrocarburos</p> <p>Protección de líquidos combustibles e inflamables, donde se almacenan, transportan y procesan</p>	<p>Chorro de espuma indirecto para no mezclar el combustible con espuma</p> <p>No compatible con polvos químicos secos</p>	 <p>6.6 Gal / 55 Gal</p>
ESPUMA DE FLUOROPROTEÍNA (3% y 6%)	<p>Sintética y proteínica; derivada de espuma proteína</p> <p>Supresión de vapor a largo plazo</p> <p>Buena retención del agua</p> <p>Resistencia al calor excelente y duradera</p> <p>No es tóxica y es biodegradable después de la disolución</p> <p>Buena movilidad y fluidez en la superficie del combustible</p>	<p>Supresión de vapor de hidrocarburo</p> <p>Aplicación bajo superficie en tanques de almacenaje de hidrocarburos</p> <p>Extinción de fuegos de petróleo crudo en profundidades u otros hidrocarburos</p>	<p>Técnica de inmersión directa</p> <p>Compatible con la aplicación simultánea de agentes extintores químicos secos</p> <p>Inyección bajo la superficie</p> <p>Debe liberarse con un equipo de aspiración de aire</p>	 <p>6.6 Gal / 55 Gal</p>
ESPUMA FORMADORA DE CAPA FLUOROPROTEÍNICAS (3% y 6%) FPPP	<p>De proteína; reforzada con agentes tensoactivos adicionales que reducen las características de reignición de otras espumas de proteína.</p> <p>Crea una capa de regeneración rápida y flotación continua 9,8 L/min/m² sobre las superficies de combustibles hidrocarbúricos</p> <p>Resistencia al calor excelente y duradera</p> <p>Reduce rápido el fuego</p> <p>Puede utilizarse con agua dulce o salada</p> <p>No es tóxica y es biodegradable tras la disolución</p>	<p>Supresión de vapores en derrames que no arden de materiales peligrosos.</p> <p>Extinción de incendios con hidrocarburos</p>	<p>Debe cubrir toda la superficie del fuego</p> <p>Puede aplicarse con agentes químicos secos</p> <p>Puede aplicarse con boquillas pulverizadoras</p> <p>Puede sumergirse en combustible durante la aplicación</p>	 <p>6.6 Gal / 55 Gal</p>
ESPUMA FORMADORA DE CAPAS ACUOSAS (1%, 3% 6%) AFFF	<p>Sintética</p> <p>Buena capacidad de penetración</p> <p>Esparce una capa de vapor selladora sobre hidrocarburos y flota</p> <p>Puede utilizarse a través de boquillas no aireadoras</p> <p>Puede utilizarse con agua dulce o salada</p> <p>Puede premezclarse</p>	<p>Extinción y control de incendios de clase B</p> <p>En rescates de choques aéreos o marítimos con derrames</p> <p>Extinción de la mayoría de incendios de transportes</p> <p>Humedecer y penetrar combustibles de clase A</p> <p>Para evitar que se incendien derrames de hidrocarburos</p>	<p>Puede aplicarse directamente en la superficie del combustible</p> <p>Puede aplicarse indirectamente lanzándolo a un muro y dejándolo flotar sobre la superficie del combustible</p> <p>Inyección bajo la superficie</p> <p>Puede aplicarse con agentes químicos secos</p>	 <p>6.6 Gal / 55 Gal / 330 Gal</p>

Continúa 

TIPO	CARACTERÍSTICAS	USOS	APLICACIÓN	PRESENTACIÓN
DISOLVENTE RESISTENTE AL ALCOHOL AR-AFFF (3% y 6%)	<p>Concentrado AFFF con polímero</p> <p>Multiusos: puede utilizarse en disolventes polares e hidrocarburos (usado con disolventes polares en una solución del 6% y con hidrocarburos del 3%)</p> <p>Forma una membrana sobre los disolventes polares y evita la destrucción de la capa de espuma</p> <p>Forma la misma capa acuosa sobre los hidrocarburos como la AFFF</p> <p>Reducción rápida de las llamas</p> <p>Buena resistencia a la reignición en ambos combustibles</p> <p>No se premezcla fácilmente</p>	Fuegos o derrames de hidrocarburos y disolventes polares.	<p>Aplicación lenta para no mezclar la espuma con el combustible.</p> <p>Suele rellenar todo el espacio en incidentes en espacios cerrados</p> <p>Debe cubrir toda la superficie del combustible</p>	 <p>6.6 Gal / 55 Gal / 330 Gal</p>
ESPUMAS DE ALTA EXPANSIÓN	<p>Detergente sintético</p> <p>Propósito específico, bajo contenido de agua</p> <p>Altos porcentajes de aire en la solución: 200:1-1.000:1</p> <p>Baja resistencia al calor</p> <p>El contacto prolongado con acero, galvanizado o no, puede atacar estas superficies</p>	<p>Extinción de algunos incendios de clase A y B</p> <p>Supresión de vapores en minas de carbón y otros espacios subterráneos, cerrados en sótanos</p> <p>Reducción de la vaporización de los derrames de gas natural</p> <p>Desplazamiento volumétrico del vapor, el calor y el humo</p> <p>Extinción de incendios de pesticidas</p> <p>Como agente extintor en sistemas de extinción fijos para usos industriales</p> <p>No recomendada para usos en exteriores</p>	<p>Debe cubrir toda la superficie del combustible</p> <p>Aplicación lenta para no mezclar la espuma con el combustible.</p> <p>Suele rellenar todo el espacio en incidentes en espacios cerrados</p>	 <p>6.6 Gal / 55 Gal</p>
ESPUMA DE CLASE A	<p>Sintética</p> <p>Agente humectante que reduce la tensión de superficie del agua y permite que impregne los combustibles</p> <p>Rápida extinción con menos agua que las otras espumas</p> <p>Puede utilizarse con un equipo de chorro de agua normal</p> <p>Puede premezclarse con agua en el tanque matriz</p> <p>Ligeramente corrosiva</p> <p>Requiere un porcentaje menor de concentración (de 0,2 a 1,0) que otras espumas (1%, 3% o 6% de concentrado)</p> <p>Características aislantes sobresalientes</p> <p>Buenas características de penetración</p>	Sólo combustibles de clase A	<p>Puede propulsarse con sistemas de aire comprimido</p> <p>Puede aplicarse con todas las boquillas contraincendios convencionales del cuerpo</p>	 <p>6.6 Gal / 55 Gal</p>

2.3.3. EXTINCIÓN CON NIEBLA DE AGUA

Las gotitas de agua, mientras se evaporan, eliminan el calor, ya sea en la superficie del combustible o dentro de la llama gaseosa. Este enfriamiento puede producir la extinción, como se mencionó previamente.

Las gotitas finas se evaporan en el ambiente caliente aún antes de llegar a la llama, generando vapor que atenúa, disminuye el porcentaje de oxígeno en el aire cerca de la llama, causando de esta manera la extinción por un mecanismo similar al de un gas inerte, por ejemplo el dióxido de carbono.

La niebla bloquea la transferencia de calor radiante entre el fuego y el combustible. Ésta última característica es eficaz para reducir la intensidad o velocidad de propagación del fuego, pero raramente suficiente para extinguirlo por sí solo.

Se pueden usar los siguientes métodos para distribuir la niebla de agua:

- Instalación fija, en la que se usa niebla fina de agua para inactivar un compartimiento donde pueda ocurrir un incendio
- Boquillas fijas de rocío colocadas alrededor del sitio del posible incendio
- Un extintor portátil con rodo o niebla fina

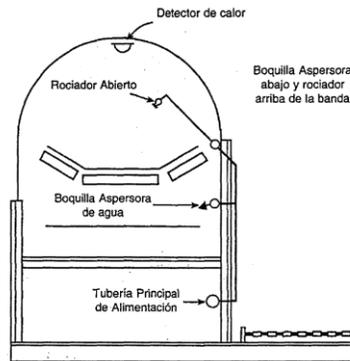


Figura 8. Sistema de Pulverización de Agua para protección de tanque

Fuente: (NFPA 15, 2001, pág. 44)

2.3.4. EXTINCIÓN CON AGENTES INERTES

Los gases inertes actúan para extinguir los incendios principalmente por dilución. El dióxido de carbono es el gas inerte más comúnmente usado, aunque podría usarse nitrógeno o vapor. Teóricamente, podrían usarse gases como el helio, neón o argón, pero son costosos, y no hay razón para usarlos excepto en casos especiales como en incendios de magnesio.

La aplicación de un gas inerte puede extinguir la llama de un líquido o sólido. Sin embargo, si el gas inerte se disipa después de varios minutos, por ejemplo cuando el cerramiento no es hermético, es posible que una chispa encendida o un metal caliente puedan volver a iniciar el incendio. La re-ignición es común en incendios profundamente arraigados como los que pueden ocurrir en muebles tapizados o en una caja de cartón con documentos.



Figura 9. Sistema de Extinción por Agente Limpio CO₂

Fuente: (Botta N. , 2010, pág. 6)

2.3.5. EXTINCIÓN A BASE DE AGENTES HALOGENOS

Los agentes halogenados se pueden usar para aplicar a incendios como se explicaba anteriormente para el dióxido de carbono. Por ejemplo, se pueden usar en incendios eléctricos, en casos donde el agua o los químicos secos podrían causar daños, o para la inundación de compartimientos con gas inerte.

Los agentes halogenados tienen dos ventajas principales sobre el dióxido de carbono:

- Ciertos agentes halogenados son eficaces en concentraciones volumétricas tan baja que queda suficiente oxígeno en el aire para respirar cómodamente después de la inundación del compartimento.
- En ciertos agentes halogenados, la vaporización parcial ocurre solamente al comienzo durante la proyección desde una boquilla, y el líquido se puede proyectar más lejos que el dióxido de carbono.

Las desventajas de usar agentes hidrogenados tienen que ver con la toxicidad y corrosividad de sus productos de descomposición y con el efecto perjudicial que tienen los compuestos halogenados en la capa de ozono de la tierra. (Botta N. , 2010, pág. 21)

Tabla 5

Nombres comerciales de gases inertes y gases halogenados usados en los sistemas de extinción por agente limpio

	AGENTE	FÓRMULA	NOMBRE	NOMBRES COMERCIALES	
Gases Inertes	IG-01	Ar	Argón	Argotec Argonfire Favourite	
	IG-55	50% N ₂	Nitrógeno	Argonite	
		50% Ar	Argón		
	IG-100	N ₂	Nitrógeno	NN100	
	IG-541	52% N ₂	Nitrógeno	Inergen	
40% Ar		Argón			
8% CO ₂		Dióxido de carbono			
Gases Halogenados	HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	Heptafluoropropano	FM-200, FE-227	
	HFC-125	CHF ₂ CF ₃	Pentafluoroetano	FE-25	
	HFC-23	CHF ₃	Trifluorometano	FE-13	
	HCFC-124	CHClFCF ₃	Clorotetrafluoroetano	FE-241	
	HCFC Mezcla A	4,75% HCFC-123	3,75% Isopropenyl-1-metilci-clohexano		NAF S-III
		82% HCFC-22			
		9,5% HCFC-124			
	HFC-134a	CHF ₂ CHF ₂	Tetrafluoretano		
	HCFC-22	CHClF ₂	Clorodifluorometano		
	HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	Hexafluoropropano	FE-36	
	FC-2-1-8	C ₃ F ₈	Perfluoropropano	CEA-308	
	FC-3-1-10	C ₄ F ₁₀	Perfluorobutano	CEA-410	
	FIC-1311	CF ₃ I	Trifluoroiodometano	Triodide	
	FS 49 C2	HFC-134a + 2 comp.	Dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona	Halotron II	
C6-fluorocetona	CF ₃ CF ₂ C(O)CF(CF ₃) ₂		Novec 1230		
H FC227-BC	HFC-227ea NaHCO ₃				

Fuente: (Botta N. , 2010, pág. 21)

2.3.6. EXTINCIÓN UTILIZANDO AGENTES DE QUÍMICO SECOS

Los químicos secos ofrecen una alternativa al dióxido de carbono o los Halones para la extinción de incendios sin utilizar agua. Estos polvos, que tienen un tamaño de 10 a 75 micrones, son lanzados por un gas inerte.

Todas las clases de químicos secos actúan para suprimir las llamas de un incendio. Una razón por la cual los agentes de químicos secos diferentes al fosfato monoamónico son populares es la corrosión. Cualquier polvo químico puede producir cierto grado de corrosión u otros daños, pero el fosfato de monoamonio es ácido y corroe más rápidamente que otros químicos secos, que son neutros o levemente alcalinos.

Tabla 6

Agentes químicos secos

NOMBRE QUÍMICO	FÓRMULA	NOMBRE COMÚN
Bicarbonato de Sodio	NaHCO ₃	Polvo de hornear
Cloruro de Sodio	NaCl	Sal común
Bicarbonato de Potasio	K ₂ CO ₃	Purple K
Cloruro de Potasio	KCl	Super K
Sulfuro de Potasio	K ₂ SO ₄	Karate Massiv
Fosfato de Monoamonio	(NH ₄)H ₂ PO ₄	ABC o Multiuso
Bicarbonato de Urea + potasio	NH ₂ CONH ₂ + KHCO ₃	Monnex

Fuente: (NFPA, 2009, pág. 57)

2.4. BOMBAS ESTACIONARIAS CONTRA INCENDIOS

Las bombas de incendio son usadas para proveer o incrementar la presión de suministro de agua disponible de suministros principales, tanques de gravedad, reservorios y otras fuentes. Una característica destacada de una bomba centrífuga horizontal o vertical es la relación de presión de descarga a velocidad constante, esto es, cuando la cabeza de presión es incrementada, la descarga es reducida.

Tabla 7

Tipos de Bomba y sus rangos de presión y caudal de bombeo

Tipo de bomba	Rango de presión		Rango de capacidad	
	Psi	kPa	gpm	L/s
Extremo de succión horizontal	40–186	276–1282	25–750	1,6–31,5
Succión en línea	40–186	276–1282	25–750	1,6–31,5
Caja hendida (horizontal y vertical)	40–294	276–2027	150–5000	9,5–31,5
Turbina vertical	25–510	179–3516	250–5000	15,8–315,4

Fuente: (NFPA , 2009, pág. 95)

2.4.1. CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA BOMBA

Las curvas características de una bomba centrífuga horizontal o de una tipo turbina vertical son:

- Cabezal total versus descarga (cabezal en pies o psi de presión versus GPM)
- Potencia al freno versus descarga
- Eficiencia versus descarga (hp de agua/hp de entrada versus gpm)

Estas curvas asumen que la bomba esta operada a velocidad constante igual a su tasa de rpm (revoluciones por minuto). En servicio real, la velocidad del impelente varía con los cambios en la capacidad de flujo.

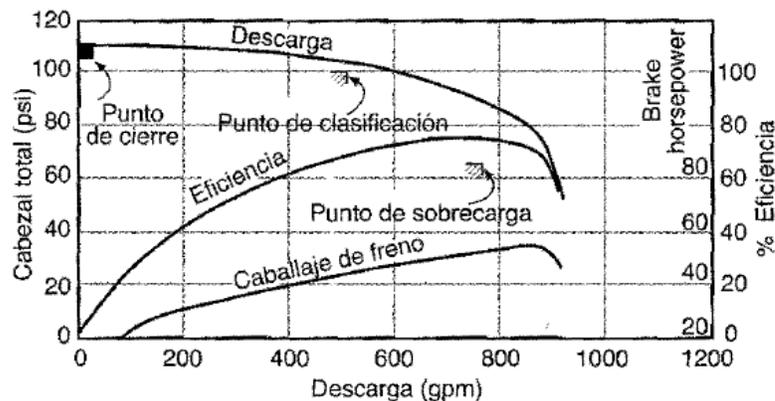


Figura 10. Curvas características de una bomba típica contra incendios

Fuente: (NFPA , 2009, p. 96)

La configuración de la curva estándar de cabezal de descarga de una bomba de incendios está determinada por tres puntos limitativos: el cierre, la clasificación y la sobrecarga. (NFPA , 2009, pág. 96)

2.4.1.1. Cierre

Con la bomba operando a la tasa de velocidad y sin flujo, el cabezal total de una bomba centrífuga horizontal, bomba de turbina vertical o una bomba de succión terminal en cierre debe estar entre 100 y 140 por ciento de la tasa de cabezal de presión al 100 por ciento de la capacidad de flujo. El punto de cierre representa el cabezal de presión total máximo permisible. De otro lado, la bomba debiera tener una elevación o curva convexa característica. Tales bombas no están listadas. Con una curva convexa, podría haber dos puntos de flujo para una presión.

2.4.1.2. Clasificación

La curva debiera pasar a través o sobre el punto de tasa de capacidad y cabezal

2.4.1.3. Sobrecarga

Al 150 por ciento de la tasa de capacidad de flujo, la presión de cabezal total no debiera ser menor del 65 por ciento de la tasa de cabezal total. La curva debiera pasar a través o sobre el punto de sobrecarga. La mayoría de las bombas de incendio tienen curvas con un pequeño margen por encima de la sobrecarga teórica y algunos modelos tienen un punto de cavitación o punto de ruptura en la curva justamente más allá de la sobrecarga.

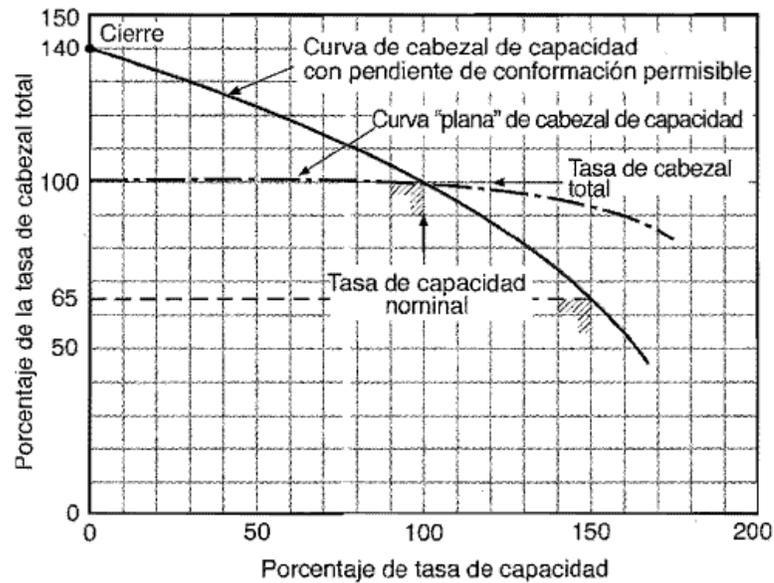


Figura 11. Puntos a considerar en una Curva Característica de una bomba de incendios

Fuente: (NFPA , 2009, p. 99)

2.4.2. TIPOS DE BOMBAS CONTRA INCENDIOS

2.4.2.1. Vertical en línea

Este tipo de bomba tiene un eje vertical y el motor generalmente está encima de la bomba. Esto permite que la bomba trabaje siempre rodeada por el líquido a bombear.

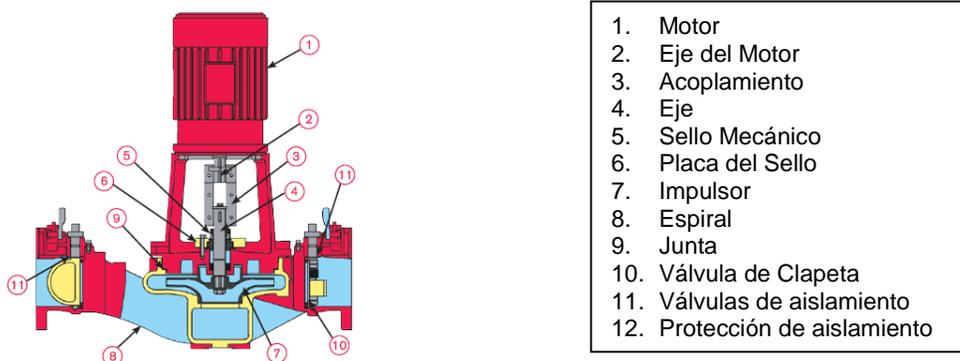


Figura 12. Bomba Vertical en línea para Incendios marca Armstrong

Fuente: (Armstrong Fluid Technology, 2013)

2.4.2.2. Succión Terminal (End Suction)

Es aquella que tiene la succión en la misma dirección del eje del motor y la descarga en dirección perpendicular al mismo. Generalmente son horizontales y trabajan con succión individual.

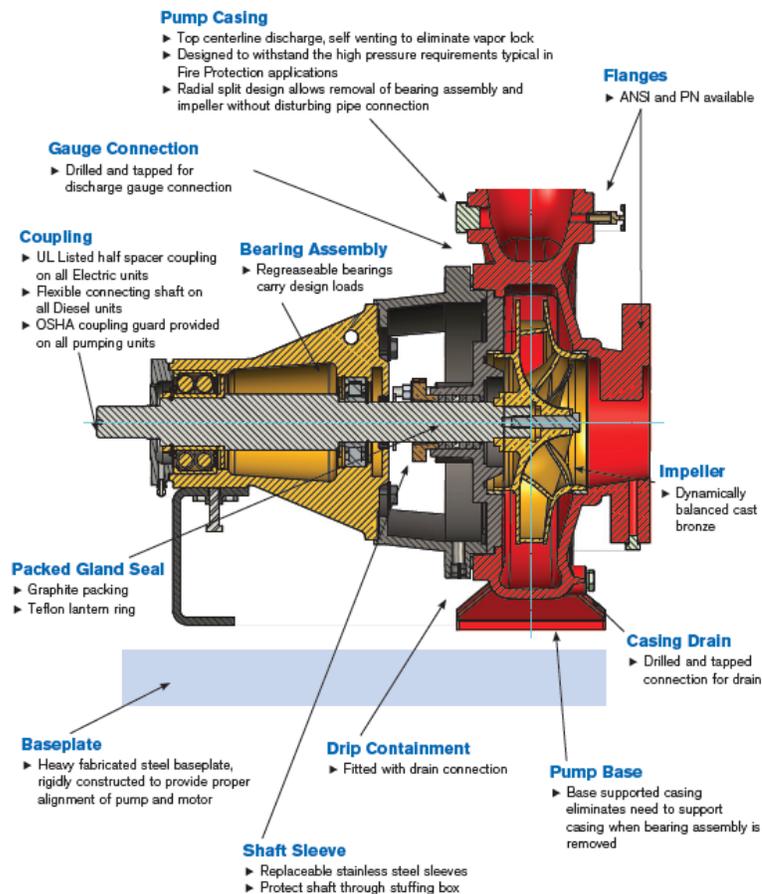


Figura 13. Corte de una bomba End Suction para Sistema Contra Incendios

Fuente: (AMSTRONG, 2008)

2.4.2.3. Turbina Vertical

Son recomendadas en instancias donde las bombas horizontales podrían operar con succión levantada. Una característica notable de las bombas verticales es su habilidad para operar sin cebado.

Las bombas verticales pueden ser usadas para bombeo desde ríos, estanques, pozos, tanques de almacenaje de agua subterránea, sistemas y tanques interrumpidos.

Una bomba de incendios vertical consta de una cabeza de descarga o transmisión de engranaje en ángulo recto, una columna de tubo de la bomba y accesorio de descarga, un eje impulsor abierto o encerrado, un montaje de cuba que contiene los impelentes y un filtro de succión. El principio de operación es comparable al de una bomba centrífuga horizontal multi etapas. Excepto por la presión de cierre, la curva característica es la misma que aquella para bombas horizontales.

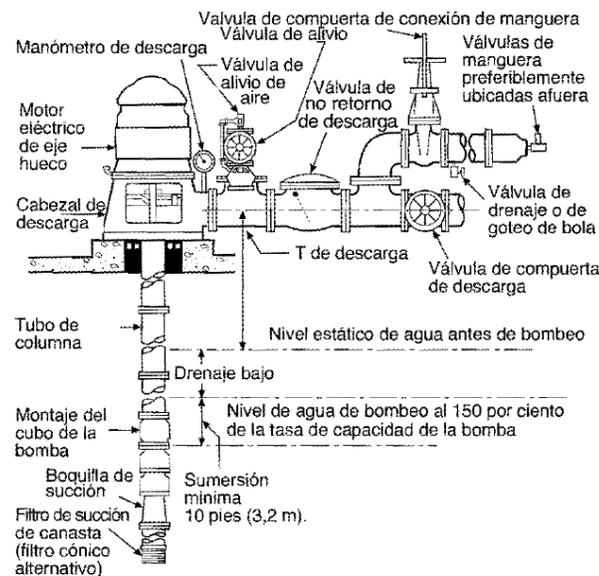


Figura 14. Instalación típica de una bomba de turbina vertical

Fuente: (NFPA , 2009, pág. 103)

2.4.2.4. Carcasa Partida

Las bombas centrífugas utilizan el principio de fuerza centrífuga de acelerar el líquido dentro de un impulsor giratorio y luego lo juntan y convierten en carga hidrostática dentro de un cuerpo de caracol o voluta estacionaria.

Esta carcasa es partida horizontalmente a lo largo de la línea central del eje de la bomba, y en la mitad inferior se encuentran las bocas de aspiración y de

descarga. Por tener esta configuración, no es necesario desconectar ni la tubería de aspiración ni la de descarga para reparar el impulsor o para reemplazarlo. Las mitades superiores e inferiores de la carcasa están unidas por pernos y espigas para mantener un suave contorno de caracol o voluta dentro de la bomba. (NFPA , 2009, pág. 105)

La bomba de eje horizontal, de una etapa, de espiral de succión doble es el tipo más comúnmente aplicado al servicio de protección de incendio.



Figura 15. Bomba de carcasa partida

Fuente: (AMSTRONG, 2008)

2.5. COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO

2.5.1. IMPULSORES DE BOMBAS CONTRA INCENDIOS

La energía para impulsar bombas de incendio es seleccionada sobre la base de la confiabilidad, adecuación, seguridad y economía. La confiabilidad de utilizar energía eléctrica puede ser juzgada por el registro de paros. Los motores diésel tienen la ventaja de no ser dependientes de fuentes extremas de energía.

2.5.1.1. Motores Eléctricos

Los motores eléctricos para impulsar bombas de incendio deben estar listados para servicio de bombas de incendio. Estos motores son diseñados en concordancia con especificaciones de la *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) o *Electrical Manufacturers Association of Canada* (EMAC).

Todo el equipo eléctrico y cableado en una instalación de bomba de incendio es requerido que cumpla con NFPA 70, *National Electrical Code*.



Figura 16. Motor Eléctrico para impulsar Bomba de Turbina Vertical

Fuente: (MOTORS, 2013)

2.5.1.2. Motor de Combustión Interna (Diésel)

Los motores diésel que son utilizados para impulsar una bomba contra incendios son de tipo de ignición por compresión. La NFPA 20 “Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios” establece que no se deben usar motores de combustión de interna encendidos por chispa.

El desarrollo de condiciones no satisfactorias, tales como el manejo de la bomba, fallo al arrancar, alto enfriamiento de la temperatura del agua y baja presión de aceite, debieran ser indicados por señales supervisoras, no de parada de la máquina. El propósito es mantener la bomba operando precisamente tan largo como sea posible.



Figura 17. Motor Diésel para impulsar Bomba de Turbina Vertical

Fuente: (CLARKE, 2014)

Componentes del Motor

Sistema de Enfriamiento.

Un adecuado sistema de enfriamiento es vital para la operación confiable de un motor diésel. Un sistema de tubería cerrado con un intercambiador de calor y un distribuidor aislado térmicamente es la disposición de enfriamiento preferida para una maquina diésel reconocida en NFPA 20.

La Figura 18 muestra el agua cruda de la bomba de incendios entrando al sistema a través del filtro (1), el cual evita que entre sedimento al sistema y el regulador de presión (2), el cual protege al intercambiador de calor de la presión excesiva. La válvula solenoide (3) es requerida con control automático de la máquina. La válvula (4), normal mente cerrada, puede ser usada para derivar el regulador y la válvula solenoide. El distribuidor de escape (5) puede ser enfriado por el sistema de circulación de agua limpia. (NFPA , 2009, pág. 140)

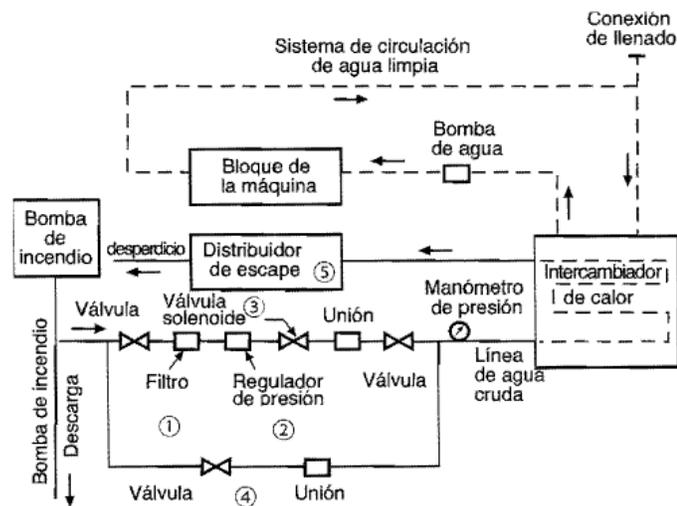


Figura 18. Sistema de enfriamiento tipo intercambiador de calor

Fuente: (NFPA , 2009, pág. 107)

Tanques de Combustible

El tanque de almacenaje para el combustible diésel es dimensionado para contener al menos un suministro de 8 horas. Puede ser provista una capacidad mayor si las facilidades para el oportuno relleno no están disponibles.

Es requerido que el tanque de almacenaje de combustible sea instalado dentro del cuarto de la bomba de incendio. Esto es debido a que todos los motores diésel listados requieren que el combustible esté disponible por gravedad, con lo cual se elimina el bombeo de combustible sobre la máquina. El fondo del tanque está por encima del nivel de los inyectores de combustible. Esto también permite una fácil inspección y mantenimiento del tanque.



Figura 19. Tanque Diésel UL/FM, capacidad 300 galones

2.5.2. BOMBA JOCKEY

Este equipo se encarga de mantener presurizada toda la línea de tuberías del sistema contra incendios. Su función es entregar fluido a alta presión con un bajo caudal.

Ocasionalmente en un Sistema Contra Incendio se presentan escapes de agua en uniones de brida, roscas de tubería, vástagos de válvulas, cajas de prensaestopas, etc. estas pérdidas normales de agua ocasionarían una disminución gradual en la presión de la red, hasta el punto de hacer arrancar la bomba contra incendio principal. Para minimizar el desgaste en la bomba contra incendio, resultante de la operación innecesaria, se recomienda incluir una bomba jockey.

La capacidad de la bomba presurizadora dependerá de la complejidad de la red de distribución, cuyo caudal se encuentra normalmente entre 20 y 75 GPM.

2.5.3. CONTROLADORES DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO

Los controladores son dispositivos que rigen, de forma predeterminada, el encendido y la paralización del impulsador de la bomba contra incendios al igual que el monitoreo y la señalización de los iniciadores y la condición de la unidad de bomba contra incendios.

Debido a su función, los controladores de las bombas contra incendios poseen características únicas al ser comparados con los controladores para otros tipos de aplicaciones. La más obvia es la protección limitada del motor de la bomba contra incendios y de los componentes del circuito del motor. Los componentes del recorrido de la energía del controlador, como los circuitos del motor de la bomba contra incendios y del cableado de energía, son considerados sacrificables.

2.5.4. ARMADO TÍPICO DE UN CUARTO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

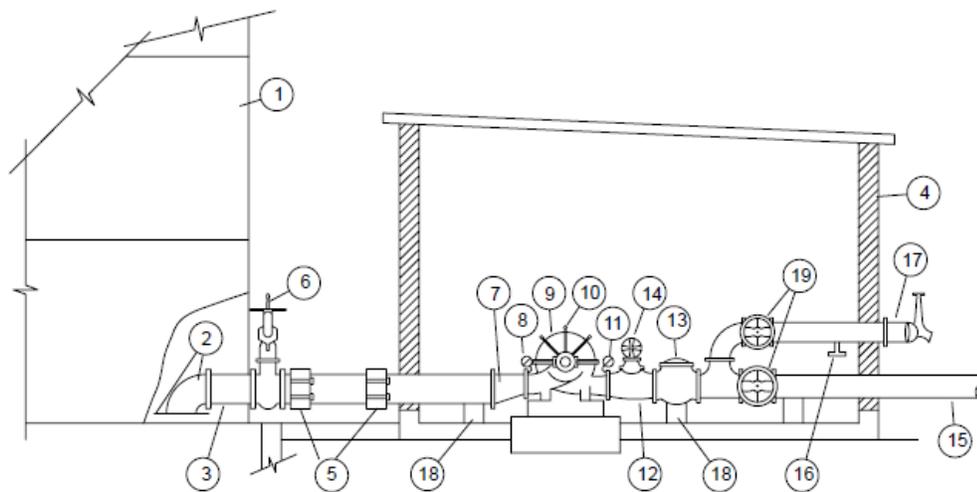


Figura 20. Bomba Horizontal de Succión Positiva

Fuente: (NFPA 20, 2007, pág. 77)

1. Tanque Reservorio de agua
2. Codo de Entrada y Placa Anti vórtices
3. Tubería de Succión

4. Caseta de Bombas
5. Acoples flexibles
6. Válvula de Compuerta tipo OS&Y
7. Reducción Excéntrico
8. Manómetro de Succión
9. Bomba Horizontal de Carcasa Partida
10. Válvula de Aire
11. Manómetro de Descarga
12. Tee Reductora
13. Válvula Check
14. Válvula de Alivio
15. Tubería de descarga
16. Válvula de drenaje
17. Líneas de Pruebas
18. Soportes de tubería
19. Válvula de Compuerta tipo OS&Y

2.6. EQUIPAMIENTO USADO EN LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

2.6.1. GABINETES CONTRA INCENDIOS

Los gabinetes de incendios o bocas de incendio equipadas (BIE) son equipos que se utilizan para almacenar una manguera listada UL/FM, además de una serie de accesorios opcionales que se incluyen según el tipo de riesgo de la edificación a proteger. Las mangueras son de activación manual y deben ser operadas por personal entrenado según la NFPA 14.

Pueden ser de 2-1/2 y 1-1/2 pulgadas de diámetro y de 15 o 30 metros de largo.

Las mangueras de 2-1/2 pulgadas de diámetro deben tener una presión de trabajo de 100 psi y las mangueras de 1-1/2 pulgadas de diámetro deben tener una presión de trabajo de 65 psi. Son conectadas por medio de una válvula

angular normalmente abierta que a su vez está conectada a la red de tuberías del sistema que proviene de la bomba de incendios.

2.6.1.1. Clase I

Son gabinetes provistos con conexión para válvulas angulares de 2 1/2" para el uso del cuerpo de bomberos y personal entrenado en el manejo de chorros pesados.

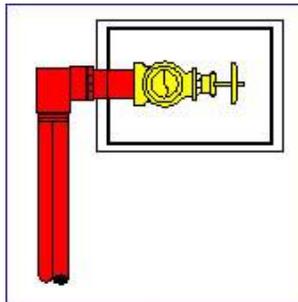


Figura 21. Gabinete Clase I

Fuente: (<http://www.securityinfire.com/>)

2.6.1.2. Clase II

Son gabinetes provistos con conexión para válvulas angulares de 1 1/2" para el uso de los ocupantes o del cuerpo de bomberos y personal entrenado en incendios de pequeña y mediana magnitud.

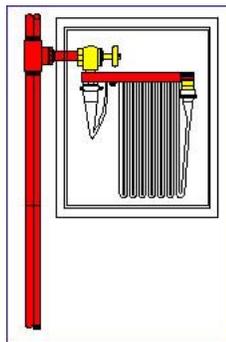


Figura 22. Gabinete Clase II

Fuente: (<http://www.securityinfire.com/>)

2.6.1.3. Clase III

Son gabinetes provistos con conexión para válvulas angulares de 2 1/2" y 1 1/2" para el uso de los ocupantes, bomberos y personal entrenado en el manejo de chorros pesados.

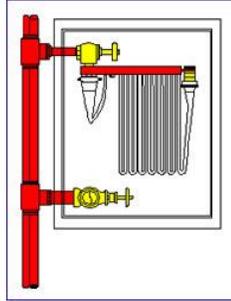


Figura 23. Gabinete Clase III

Fuente: (<http://www.securityinfire.com/>)

2.6.2. MONITORES

Los monitores fijos son dispositivos que permiten la aplicación de agua/espuma para combate de incendios, pueden ser puestos rápidamente en operación sin necesidad de conectar mangueras.

El número de monitores a instalarse dependerá del requerimiento de agua establecido para cada sección de la instalación.



Figura 24. Monitor o cañón contra incendios bridado

Fuente: (Protek Fire Equipment, 2014)

2.6.3. HIDRANTES

El hidrante es un equipo que proporciona gran cantidad de agua. Permite la conexión de mangueras y equipos de lucha contra incendios, así como el llenado de las cisternas de agua de las motobombas.

Se conecta y forma parte de la red de agua específica de protección contra incendios del establecimiento a proteger o de las redes de agua de uso público en las ciudades. (EXPOWER, 2013)



Figura 25. Hidrante con conexiones de 2½" para manguera

2.6.4. SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS

2.6.4.1. Rociadores Automáticos

Un rociador es un dispositivo termo sensible diseñado para descargar cierta cantidad de agua con determinado patrón sobre un área del piso, sólo se activa cuando un incendio genera una cantidad de calor suficiente y en cuanto se activa, controla o suprime el incendio.

El agua se distribuye hasta cada rociador en el sistema a través de una serie de tuberías dimensionadas especialmente.

Elementos de Funcionamiento

Rociadores Fusibles

El rociador automático tipo fusible común funciona cuando se funde una aleación metálica con un punto de fusión predeterminado. Se utilizan diversas

combinaciones de palancas, apoyaderos y enlaces u otros miembros soldados para reducir la fuerza que actúa sobre la soldadura de modo que el rociador se mantenga cerrado con la menor cantidad posible de metal y soldadura.

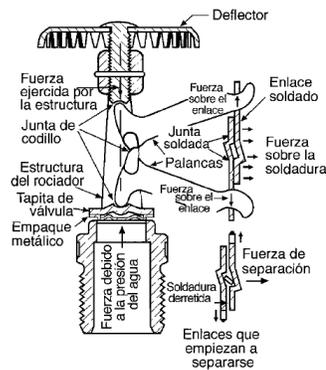


Figura 26. Disposición representativa de un rociador automático de enlace y palanca con soldadura

Fuente: (NFPA , 2009, pág. 178)

Rociadores de Ampolla

La pequeña ampolla, normalmente de vidrio, contiene un líquido que no llena la ampolla por completo, dejando una pequeña burbuja de aire atrapada en su interior. A medida que el calor expande el líquido, la burbuja se comprime y finalmente es absorbida por el líquido. Tan pronto como desaparece la burbuja, la presión aumenta considerablemente y la ampolla se rompe, liberando la tapa de la válvula. La temperatura exacta de funcionamiento se regula graduando la cantidad de líquido y el tamaño de la burbuja cuando se sella la ampolla.



Figura 27. Rociador típico de ampolla

Fuente: (TYCO INTERNATIONAL, 2014)

Clasificaciones de temperatura de los rociadores automáticos

La clasificación de temperatura de todos los rociadores automáticos de elemento fundible aparece en un sello sobre el enlace soldado. Para los rociadores de ampolla, la clasificación de temperatura debe aparecer en un sello o estar fundida en alguna parte visible. Los códigos de color también son utilizados para las ampollas de vidrio y para los brazos de las estructuras de los rociadores de elemento fundible. (NFPA 13, 2007, pág. 31)

La Tabla 8 muestra la clasificación de los Rociadores según la temperatura que alcanza el fuego en el techo o cielo raso.

Tabla 8

Clasificación y códigos de los rociadores según su temperatura

Temperatura máxima del cielo raso		Clasificación de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores del vidrio de la ampolla
°F	°C	°F	°C			
100	38	135–170	57–77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o rojo
150	66	175–225	79–107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250–300	121–149	Alta	Azul	Azul
300	149	325–375	163–191	Extra Alta	Rojo	Púrpura
375	191	400–475	204–246	Muy Extra Alta	Verde	Negro
475	246	500–575	260–302	Ultra Alta	Naranja	Negró
625	329	650	343	Ultra Alta	Naranja	Negro

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 31)

2.6.4.2. Tipos de Rociadores

Montante (UPRIGHT)

Este tipo de rociador se instala sobre el ramal de la tubería que los alimenta, de tal manera que el agua sale expulsada hacia arriba, choca contra el deflector y éste direcciona el agua hacia abajo distribuyéndola en el área a proteger.



Figura 28. Rociador Montante o UPRIGHT VIKING VK 100

Fuente: (VIKING GROUP, 2014)

Colgante (PENDENT)

Este tipo de rociador se instala debajo del ramal de la tubería que los alimenta, de tal manera que el agua sale expulsada hacia abajo, choca contra el deflector y éste direcciona el agua hacia el área a proteger.



Fuente: (VIKING GROUP, 2014)

Figura 29. Rociador Colgador o PENDENT VIKING VK 102

Rociador Convencional

Estos rociadores están concebidos para instalarse montantes o colgantes, y producen en cualquier posición una descarga de agua de forma esférica con un 50% de la descarga dirigido hacia arriba y un 50% dirigido hacia abajo.

Los rociadores convencionales se utilizan generalmente con los sistemas de clase de riesgo ordinario y extra. (NFPA 13, 2007, pág. 183)

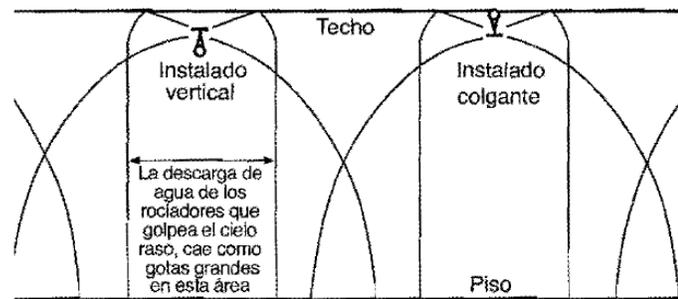


Figura 30. Patrón principal de distribución de agua de los rociadores antiguos/convencionales

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 183)

Rociador Normal o Estándar

Los rociadores estándar o normales tienen generalmente el mismo aspecto que los convencionales que poseen el mismo tipo de estructura, de enlace u otro mecanismo de activación. La diferencia esencial se encuentra en el deflector, el diseño del deflector produce un chorro sólido de agua emitido desde el orificio de un rociador estándar que se rompe en forma de sombrilla. (NFPA 13, 2007, pág. 183)

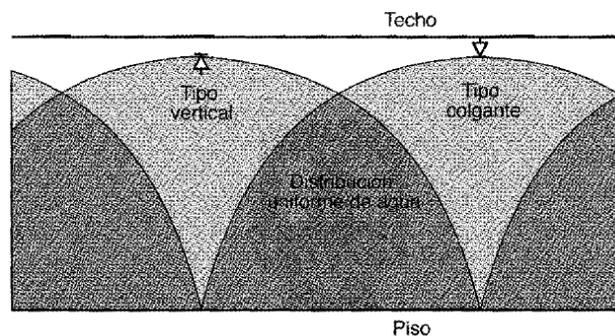


Figura 31. Patrón principal de distribución de agua de los rociadores estándar

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 183)

Rociadores Velocidad de Respuesta Alta

Son rociadores con sensibilidad térmica alta que les permite entrar en funcionamiento cuando se inicia el incendio. Existen varios modelos:

- Residencial

- Cobertura ampliada (EC)
- Respuesta Rápida (QR)
- Respuesta Rápida y Cobertura Ampliada (QREC)
- Respuesta Rápida y supresión temprana

Rociadores de Gota Gorda

El rociador genera gotas de agua grandes por la combinación de un orificio de gran diámetro y un deflector doble especial. El tamaño de las gotas permite una gran penetración en el penacho de llamas, en fuegos de gran intensidad. Esta característica permite que el agua moje directamente el fuego mientras produce un efecto refrigerante sobre la atmósfera.

El rociador montante de gota gorda es adecuado para proteger almacenamiento en pallets apilados en altura, estanterías de uno o más estantes, y estanterías móviles de laterales abiertos. (NFPA 13, 2007, pág. 185)

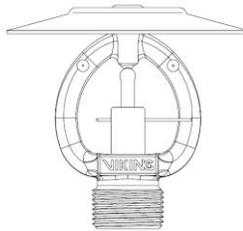


Figura 32. Rociador Viking de Gota Gorda

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 185)

Rociador de Supresión Temprana Respuesta Rápida (ESFR)

Es un rociador de elemento fusible de respuesta rápida, diseñado para la temprana supresión del fuego. Este rociador produce una descarga de gotas con alto momento lineal en forma hemisférica bajo el deflector. Esto permite gran penetración en la llama, mojando directamente el fuego mientras refrigera el ambiente en los primeros momentos del desarrollo de un incendio potencialmente de gran magnitud.



Figura 33. Rociador Viking tipo ESFR

Fuente: (VIKING GROUP, 2014)

Existen varios tipos de rociadores que se clasifican de acuerdo a su temperatura de activación, rapidez de apertura, factor K de descarga, tipo de elemento fusible, forma de aplicación del chorro, área de cobertura del chorro de agua, entre muchos otros factores. La Tabla 9 resume ésta clasificación.

Tabla 9

Clasificación de los Rociadores según varios aspectos

TIPOS DE ROCIADORES	Posición	Montante (Upright) Colgante (Pendent) Pared	
	Riesgo	Básico (Riesgos Residenciales)	Ligero Ordinario Extra
		Almacenamiento	Modo de Control Modo de Control Específico ESFR
		Riesgos Especiales	
	Deflector	Convencional	
		Pulverizador	
		Especial	Gota Gorda Cobertura Extendida
	Temperatura	Ver Tabla 8	
	Tiempo de Respuesta	Respuesta Rápida (QR) Respuesta Rápida y Cobertura Ampliada Estándar	
	Control	Control Mode Density Area (CMDA) Control Mode Extended Coverage (CMEC) Control Mode Specific Application (CMSA)	
Elemento de Funcionamiento	Fusible Ampolla		
Factor K	1,4 - 1,9 - 2,8 - 4,2 - 5,6 8 - 11,2 - 14 - 16,8 - 19,6 22,4 - 25,2 - 28		

2.6.5. VÁLVULAS

2.6.5.1. Válvula Check y Alarma

La válvula de alarma actúa como una válvula de retención, manteniendo el agua a presión aguas abajo de la clapeta, y evitando el flujo en el sentido inverso desde las tuberías del sistema de rociadores automáticos.

La válvula está diseñada para generar una alarma siempre que se mantenga un flujo de agua (como el que se genera cuando se abre un rociador), actuando un motor hidráulico opcional y/o un Presostato. Un bypass exterior evita la generación de falsas alarmas causadas por pequeños caudales.

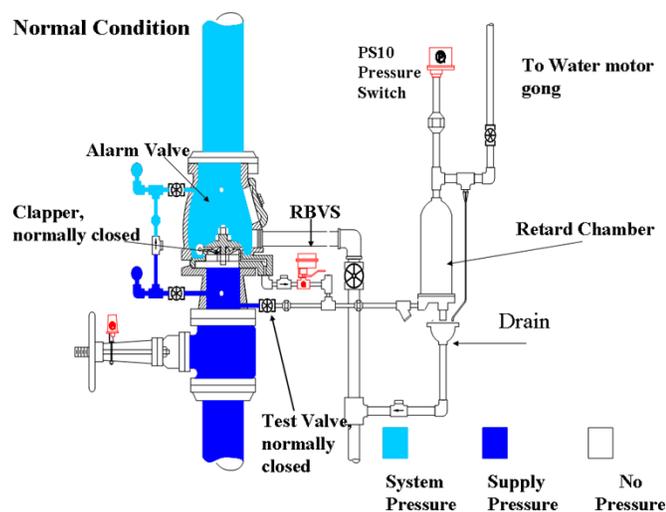


Figura 34. Componentes de la Válvula Check y Alarma

Fuente: (POTTER, 2013)

2.6.5.2. Válvula de Diluvio

Es una válvula de inundación de apertura rápida, diafragma diferencial y con una parte con posibilidad de movimiento. La válvula de diluvio se utiliza para controlar el flujo de agua en los sistemas de diluvio y de preacción. La válvula se mantiene cerrada por la presión contenida en la cámara de cebado, manteniendo seca la cámara de salida de agua y el sistema de tuberías. En caso de incendio,

al actuar el sistema de disparo, se libera la presión de la cámara de cebado y se abre la clapeta permitiendo el paso del agua al sistema.

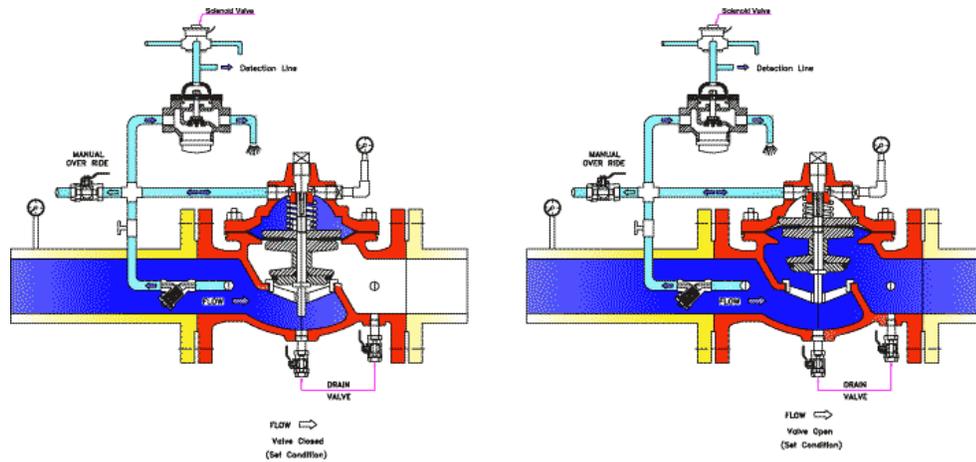


Figura 35. Funcionamiento de una Válvula de Diluvio

Fuente: (FLOWTEK VALVES & CONTROLS, 2013)

2.7. TIPOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Actualmente existen cuatro configuraciones de los sistemas de rociadores automáticos.

2.7.1. SISTEMA DE TUBERÍA HÚMEDA

Un sistema de rociadores de tubería húmeda es un sistema fijo de protección contra incendios en donde las tuberías se encuentran presurizadas y alimentadas desde el reservorio. Se utilizan rociadores que se abren de forma automática por acción del calor, los cuales están situados y separados de acuerdo a la NFPA 13.

Una vez que han actuado los rociadores, el agua se descarga sobre un área determinada para controlar o extinguir el incendio. Al fluir el agua por el sistema de tuberías, se activa una alarma que indica que el sistema está en funcionamiento. Solamente se activan los rociadores situados sobre el área de

fuego o en zonas adyacentes, por lo que se reducen al mínimo los daños producidos por el agua. (Botta A. , 2011, pág. 10)

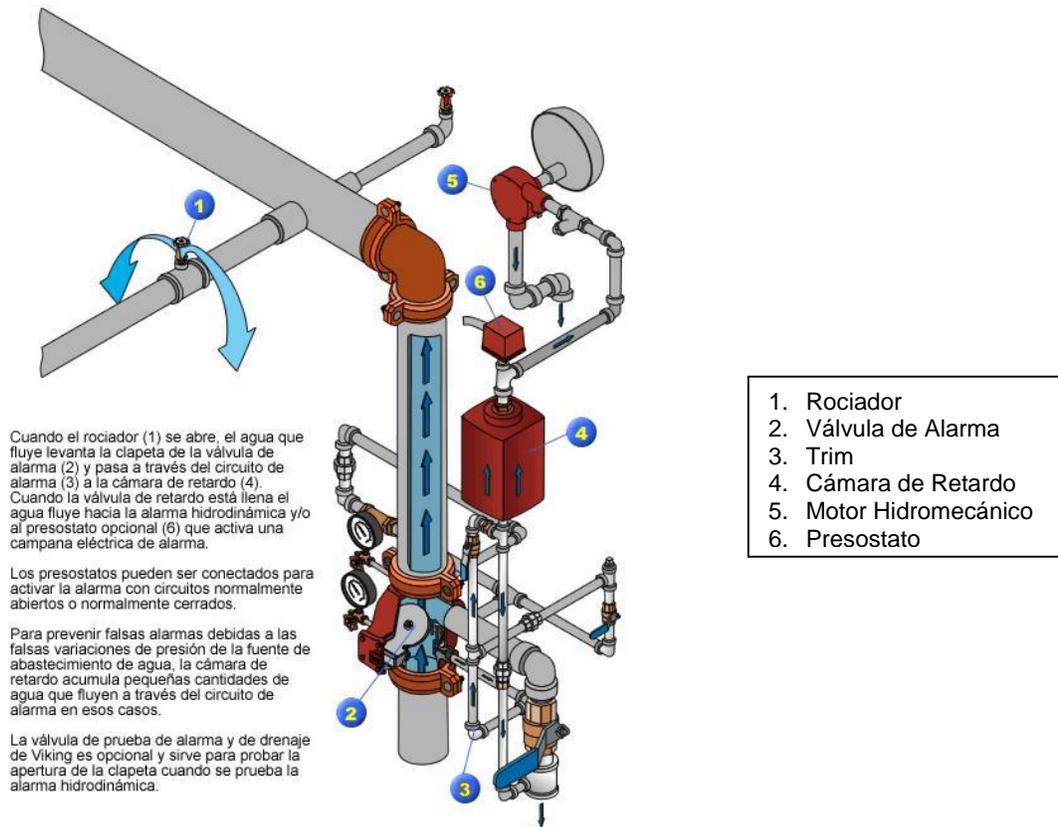


Figura 36. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Rociadores de columna húmeda

Fuente: (Botta A. , 2011, pág. 10)

2.7.2. SISTEMA DE TUBERÍA SECA

La tubería del sistema no contiene agua antes de la activación del sistema, sino que está cargada con aire bajo presión. Una válvula de tubo seco retiene el abastecimiento de agua y sirve como el punto de contacto entre el agua y el aire. La mayoría de las válvulas de tubería seca listadas actúan bajo un principio de diferencial de presión, en el que el área de la superficie de la cara de la válvula del lado del aire es superior al área de la superficie del lado del agua.

Los sistemas de tubería seca se utilizan fundamentalmente para la protección de estructuras al aire libre o con posibilidad de heladas, o en lugares

donde la calidad del agua no es la adecuada y no hay posibilidades de alternativas. (Botta A. , 2011, pág. 15)

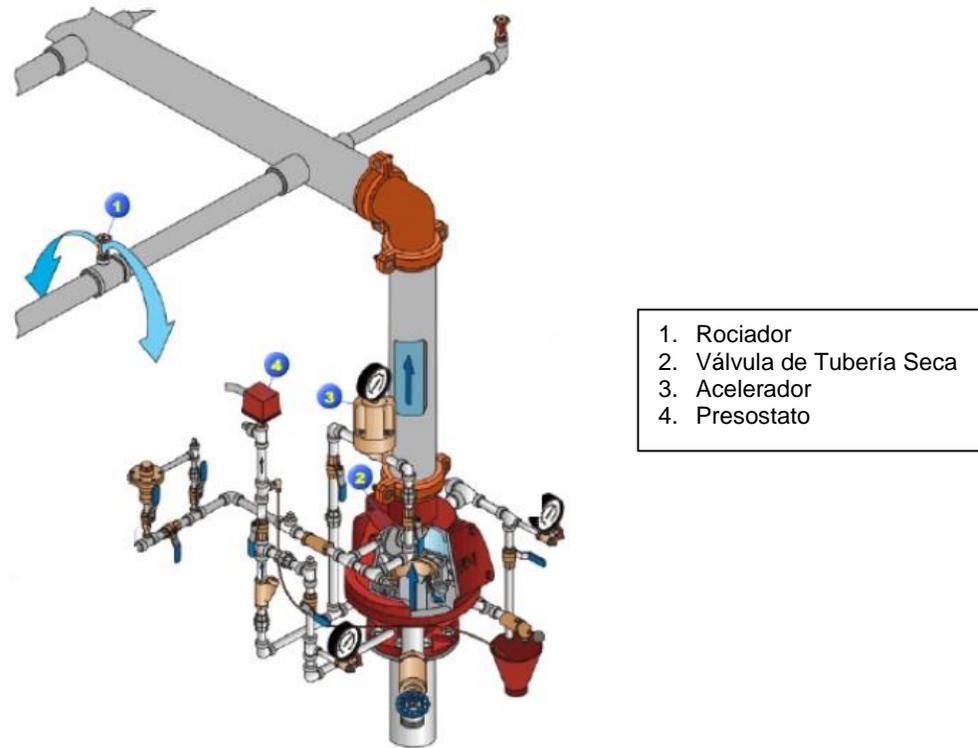


Figura 37. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Rociadores de Columna Seca

Fuente: (Botta A. , 2011, pág. 15)

2.7.3. SISTEMAS DE ACCIÓN PREVIA

Como en el sistema de tubería seca, la tubería del sistema de acción previa está cargada de aire bajo presión en vez de agua. Sin embargo, la presión de agua asociada con el sistema de acción previa es generalmente inferior a la de los sistemas de tubería seca. La válvula de acción previa retiene al abastecimiento de agua. El sistema está equipado con un sistema de detección suplementario. El funcionamiento del sistema de detección permite que la válvula de acción previa se abra automáticamente y admita la entrada de agua al interior la red de tubería. El agua no se descarga desde el sistema hasta que se ha generado un incendio con una cantidad de calor suficiente para hacer que se

activen uno o más rociadores. En esencia, el sistema es aparentemente como un sistema de tubería húmeda en cuanto se acciona la válvula de acción previa.

Los sistemas de preacción son especialmente útiles en instalaciones en las que existe el riesgo de que se produzcan daños en la red de rociadores, ya sea por temperatura o por golpes. También se destinan principalmente a la protección de instalaciones en que existe peligro de que el agua cause serios daños como resultado de fugas accidentales por daños en las cabezas o por rotura de alguna tubería. Otro uso importante es cuando se quiere evitar el riesgo de descargas accidentales de agua. (Botta A. , 2011, pág. 18)

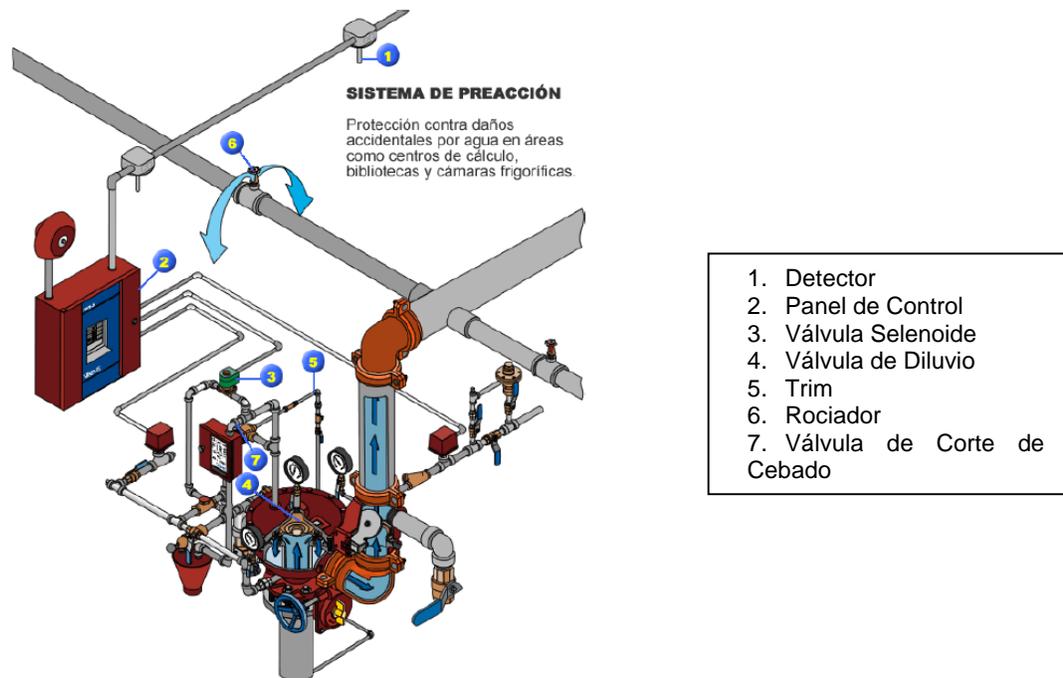


Figura 38. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Rociadores de Acción Previa

Fuente: (Botta A. , 2011, pág. 18)

2.7.4. SISTEMAS DE DILUVIO

Este tipo de sistemas suministran grandes cantidades de agua sobre áreas específicas en un periodo de tiempo relativamente corto.

Los rociadores utilizados en un sistema diluvio no contienen elementos accionados por temperatura y se conocen como rociadores abiertos. Una válvula diluvio controla el abastecimiento de agua del sistema y es activada por un sistema de detección de incendios suplementario. Como se usan los rociadores abiertos, la tubería del sistema se encuentra a presión atmosférica. A medida que el agua llega hasta cada rociador en el sistema, es descargada inmediatamente desde el sistema. (Botta A. , 2011, pág. 20)

La naturaleza de este sistema hace que sea apropiado para las instalaciones en que existen cantidades significativas de materiales altamente combustibles. Los hangares para aeronaves son ejemplos de aplicación de los sistemas diluvio.

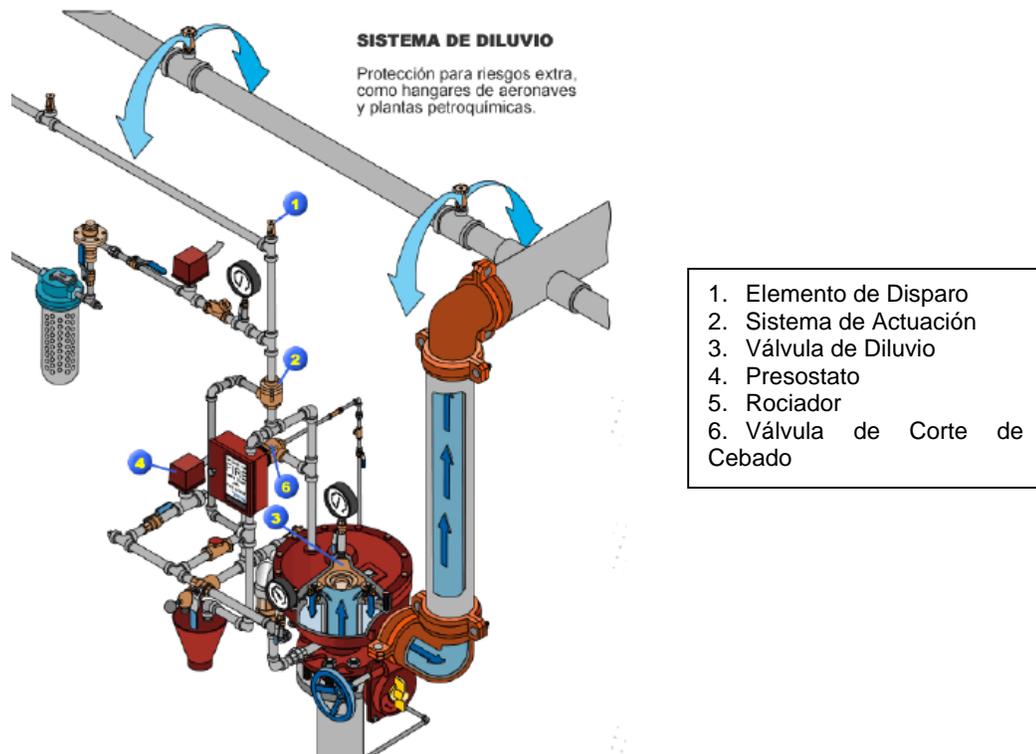


Figura 39. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Diluvio

Fuente: (Botta A. , 2011, pág. 20)

2.8. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION – NFPA

2.8.1. NFPA 13: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES – EDICIÓN 2007

Es el documento principal que discute el diseño e instalación de los sistemas de rociadores. Los sistemas de rociadores son sistemas únicos que requieren conocimientos especializados para su diseño, instalación y mantenimiento apropiados.

Esta norma aplica a lo siguiente:

- Carácter y adecuación de los abastecimientos de agua
- Selección de Rociadores
- Accesorios
- Tuberías
- Válvulas

El propósito de ésta norma es el proporcionar un grado razonable de protección contra incendios para la vida humana y la propiedad, a través de la normalización de los requisitos de diseño, instalación y pruebas de los rociadores, incluyendo las tuberías principales de servicio contra incendio, basándose en principios de ingeniería confiables, datos de pruebas y experiencias de campo.

La NFPA 13 trata la probabilidad de que ocurra un incendio en cualquier espacio dado con una misma cimentación sin importar las probabilidades reales de ignición. Por estas razones, existe el principio fundamental de diseño que dice que sólo se necesita cierta cantidad de rociadores funcionando para controlar un incendio dado. Es decir, sólo se espera que los rociadores que se encuentran en la proximidad general del incendio, se activen y descarguen agua.

2.8.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS OCUPACIONES SEGÚN NFPA 13

Los riesgos de ocupación proporcionan un medio conveniente de categorizar las cargas de combustible y la gravedad del incendio asociados con ciertas

operaciones en los edificios. Las clasificaciones también presentan una relación entre las características de combustión de estos combustibles y la capacidad del sistema de rociadores para controlar los tipos de incendios asociados. La probabilidad de ignición no se tiene en cuenta en ésta clasificación.

La NFPA 13 clasifica a las ocupaciones para referirse a los requisitos de diseño, instalación y abastecimiento de agua de los sistemas de rociadores.

OCUPACIONES DE RIESGO LIGERO

Son aquellas ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos en ella es baja, y se esperan incendios con bajos índices de calor.

Los siguientes son ejemplos de este tipo de riesgo:

- Edificio de oficinas
- Escuelas
- Ocupaciones residenciales
- Iglesias
- Muesos
- Hospitales

OCUPACIONES DE RIESGO ORDINARIO

Riesgo Ordinario I

Son aquellas ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada, las pilas de almacenamiento de combustible no superan los 2,4 m (8 ft) y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado.

Los siguientes son ejemplos de este tipo de riesgo:

- Fábrica de conservas
- Plantas electrónicas
- Áreas de servicio de restaurante

- Estacionamiento de Autos

Riesgo Ordinario II

Son aquellas ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es de moderada a alta, donde las pilas de almacenamiento de contenidos con un índice de liberación de calor moderado no superan los 3,66 m (12 ft) y las pilas de almacenamiento de contenidos con un índice de liberación de calor elevado no superan los 2,4 m (8 ft).

Los siguientes son ejemplos de este tipo de riesgo:

- Lavanderías
- Bibliotecas
- Talleres de Reparación
- Ensamble de productos de madera
- Metalmecánica

OCUAPCIONES DE RIESGO EXTRA

Riesgo Extra I

Son aquellas ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y hay presentes polvos, pelusas u otros materiales, que introducen la probabilidad de incendios que se desarrollan rápidamente con elevados índices de liberación de calor pero con poco o ningún líquido inflamable o combustible.

Los siguientes son ejemplos de este tipo de riesgo:

- Área de uso de fluidos combustibles
- Imprenta
- Tapizado con espumas de plástico
- Manufactura de textiles
- Líneas de montaje con equipos hidráulicos
- Aserraderos

Riesgo Extra II

Son aquellas ocupaciones con cantidades desde moderadas hasta considerables de líquidos inflamables o combustibles, u ocupaciones donde el almacenamiento de los combustibles es extenso.

Los siguientes son ejemplos de este tipo de riesgo:

- Pulverización de líquidos inflamables
- Procesamiento de plásticos
- Barnices y pinturas por inmersión
- Bodega de químicos

2.8.2. NFPA 14: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍA VERTICAL Y MANGUERAS – EDICIÓN 2007

Esta norma contiene los requisitos mínimos para la instalación de sistemas de tubería vertical y manguera.

No cubre requisitos para inspección periódica, prueba y mantenimiento de éstos sistemas.

Esta norma clasifica a los sistemas de tuberías en tres clases:

- Sistemas Clase I
- Sistemas Clase II
- Sistemas Clase III

2.8.2.1. Sistemas Clase I

Un sistema clase I, es aquel que provee de conexiones de manguera de 2½” [65 mm] para suministrar agua para uso por cuerpos de bomberos y aquellas personas entrenadas en el manejo de chorros de incendio pesados.

2.8.2.2. Sistemas Clase II

Este tipo de sistema provee estaciones de manguera de 1½” [38 mm] para suministrar agua primordialmente para uso por personal entrenado o por el cuerpo de bomberos durante la respuesta inicial.

2.8.2.3. Sistemas Clase III

Este tipo de sistema está provisto de estaciones de manguera de 1½" [38 mm] para uso de personal entrenado del propietario del sistema y conexión de 2½" [65 mm] para suministrar agua a gran volumen para uso del cuerpo de bomberos y aquellos operadores entrenados para el manejo de chorros pesados.

2.8.3. NFPA 15: NORMA PARA SISTEMAS FIJOS ASPERSORES DE AGUA PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS - EDICIÓN 2001

Esta norma provee los requerimientos mínimos para el diseño, instalación y pruebas de aceptación de los sistemas fijos aspersores de agua para servicio de protección contra incendios y los requerimientos mínimos para la prueba periódica y mantenimiento de sistemas fijos aspersores de agua pulverizada de alta velocidad.

Esta norma no aplica a la protección con agua pulverizada con boquillas monitoras, sistemas de supresión con niebla de agua, supresión de explosiones, u otros métodos de aplicación cubiertos por otros estándares de NFPA.

El agua pulverizada es aplicable para protección de riesgos específicos y se permite su instalación independiente de, o complementariamente para otras formas de sistemas o equipos de protección contra fuego.

El agua pulverizada es aceptable para la protección de riesgos que involucran:

- Materiales gaseosos y líquidos inflamables
- Riesgos eléctricos como transformadores, interruptores en aceite, motores, bandejas de cables y acometidas de cables;
- Combustibles ordinarios tales como papel, madera y textiles;
- Ciertos sólidos peligrosos tales como propelentes y pirotécnicos.

2.8.4. NFPA 20: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS ESTACIONARIAS PARA PROTECCIÓN DE INCENDIOS - EDICIÓN 2007

Esta norma trata lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran agua a sistemas privados de protección contra incendio.

El alcance de esta norma incluye el suministro de agua; equipamiento de succión, de descarga, y auxiliar; suministros de energía, incluidos arreglos de suministro de energía; motores y controles eléctricos; motores y control de motores diésel; motores y control de turbinas de vapor y pruebas de aceptación y operación.

Esta norma aplica a bombas centrífugas de una etapa y multi etapas de diseño de eje horizontal o vertical y bombas de desplazamiento positivo de diseño de eje horizontal o vertical.

2.8.5. NFPA 24: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PARA SERVICIO PRIVADO DE INCENDIOS Y SUS ACCESORIOS - EDICIÓN 2007

Esta norma cubre los requisitos mínimos para la instalación de tuberías principales para el servicio privado de incendios y sus accesorios que proveen lo siguiente:

- Sistemas de Rociadores Automáticos
- Sistemas de Rociadores abiertos
- Sistemas fijos de aspersión de agua
- Sistemas de espuma
- Hidrantes
- Boquillas monitoras o sistemas de tubería vertical con referencia a suministros de agua
- Gabinetes

2.8.6. NFPA 25: NORMA PARA LA INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN DE INCENDIOS BASE DE AGUA - EDICIÓN 2008

Esta norma establece los requisitos mínimos para la inspección, prueba y mantenimiento periódico de sistemas de protección contra incendio a base de agua; pero no cubre la totalidad de inspección y prueba de partes eléctricas de los equipos de detección automática de incendio.

Los tipos de sistemas contemplados en esta norma incluyen a rociadores, tuberías verticales y mangueras, pulverizadores fijos de agua y espuma, bombas de incendio, tanques de almacenamiento y válvulas que controlan el flujo del sistema.

No es la intención de ésta norma limitar o restringir el uso de otros programas de inspección, prueba y mantenimiento que proporcionen un grado equivalente de integridad y funcionamiento al que está detallado en este documento.

CAPITULO 3

ANÁLISIS DE RIESGOS, DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

3.1. ANÁLISIS DE RIESGOS

Imptek – Chova del Ecuador es una planta de propósito general que involucra operaciones de fabricación de riesgo ligero y riesgo ordinario. Es una empresa cuyo propósito es la investigación, desarrollo, fabricación, promoción y comercialización de productos para la impermeabilización, la construcción, la vialidad, y otros sectores industriales.

Los grados aceptables de protección y el enfoque de los objetivos del análisis de la protección contra incendios y del proceso de diseño, se resumen en cuatro parámetros importantes:

- Protección de la vida humana
- Protección de la propiedad
- Continuidad de operación
- Protección ambiental

Para elaborar las estrategias de diseño de seguridad contra incendios, se requiere analizar mediante un árbol de decisiones cuales son los requisitos mínimos para lograr cumplir los objetivos de protección de incendios. Éstos se pueden cumplir si se puede evitar un incendio, o si producida la ignición, el incendio se puede controlar.

A continuación, se destaca las principales estrategias de seguridad contra incendios:

- Prevención de la ignición
- Control del proceso de combustión
- Control del incendio mediante la construcción

- Detección y notificación temprana del fuego
- Extinción automáticamente del incendio
- Extinción manual del incendio
- Control de lo expuesto

3.1.1. PREVENCIÓN DE LA IGNICIÓN

Esta acción involucra la separación de fuentes potenciales de calor de los combustibles potenciales. La Tabla 10 relaciona los factores comunes en la prevención de incendios e identifica las principales fuentes posibles de calor y materiales incendiarios, factores comunes que los unen, y prácticas que pueden afectar el éxito de la prevención.

Tabla 10

Factores que inciden en la prevención de incendios

FUENTES DE CALOR	Equipos fijos
	Equipos portátiles
	Sopletes y otras herramientas
	Cigarrillos y encendedores
	Explosivos
	Causas naturales
	Exposición a otros incendios
FORMAS Y TIPOS DE MATERIALES INCENDIARIOS	Material de construcción
	Acabados interiores y exteriores
	Contenidos y muebles
	Basura, polvo
	Líquidos, o gases combustibles, o inflamables
	Sólidos volátiles
FACTORES INCENDIARIOS Y EL CALOR QUE JUNTAN LOS MATERIALES	Incendio premeditado
	Mal uso de la fuente de calor
	Mal uso del material incendiario
	Falla mecánica o eléctrica
	Deficiencia de diseño, construcción o instalación
	Error en la operación de equipos
	Causas naturales
	Exposiciones
PRÁCTICAS QUE PUEDEN AFECTAR EL ÉXITO DE LA PREVENCIÓN	Limpieza
	Seguridad
	Educación / Capacitación de los ocupantes
	Control de tipo, cantidad y distribución de combustibles
	Control de las fuentes de calor

En el árbol de conceptos de protección contra incendios, el esquema "Prevención de la Ignición" en la Figura 40 representa esencialmente un código

de prevención de incendios. La mayoría de los conceptos descritos en este esquema requieren supervisión continua para su éxito.

En consecuencia, la responsabilidad por la realización de la meta de prevención de incendios es esencialmente del propietario y o el ocupante.

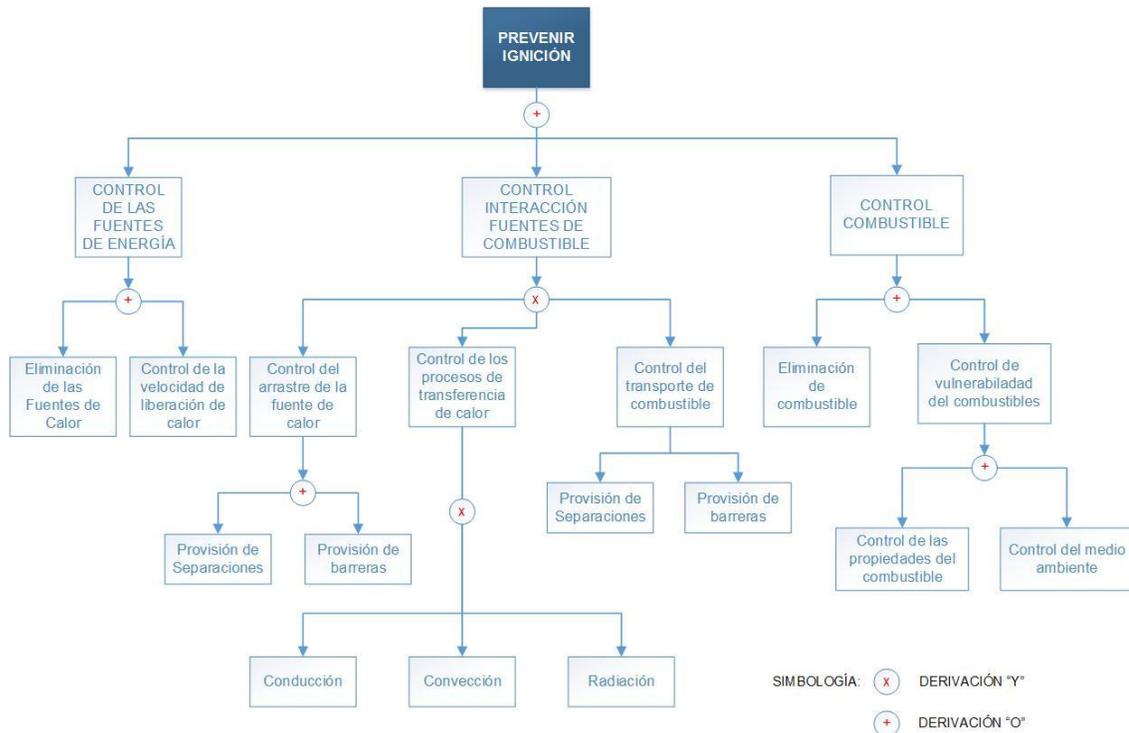


Figura 40. Componentes de la prevención de la ignición

3.1.2. CONTROL DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN

El proceso de control de combustión se trata de retardar el incendio para suministrar otras medidas con tiempo suficiente de protección para que sean efectivas. El diseño sistemático con este fin, debería considerar a las formas posibles en que los riesgos pueden crecer rápidamente, por ejemplo, propagación de las llamas, crecimiento rápido en la velocidad de liberación, gases inusualmente tóxicos, corrosividad inusual, cantidad de combustible disponible para alimentar el fuego, etc.

La Figura 41 muestra que el control del incendio se puede lograr controlando el proceso de combustión, extinción del incendio, o control del incendio mediante

la construcción. Una vez más, cualquiera de estas ramas del árbol va a satisfacer el concepto de control del incendio. Por ejemplo, en algunos incendios se obtiene el éxito cuando la construcción del edificio controla el incendio. En otros incendios se alcanza el objetivo, controlando el proceso de combustión, ya sea por el control del combustible o del ambiente.

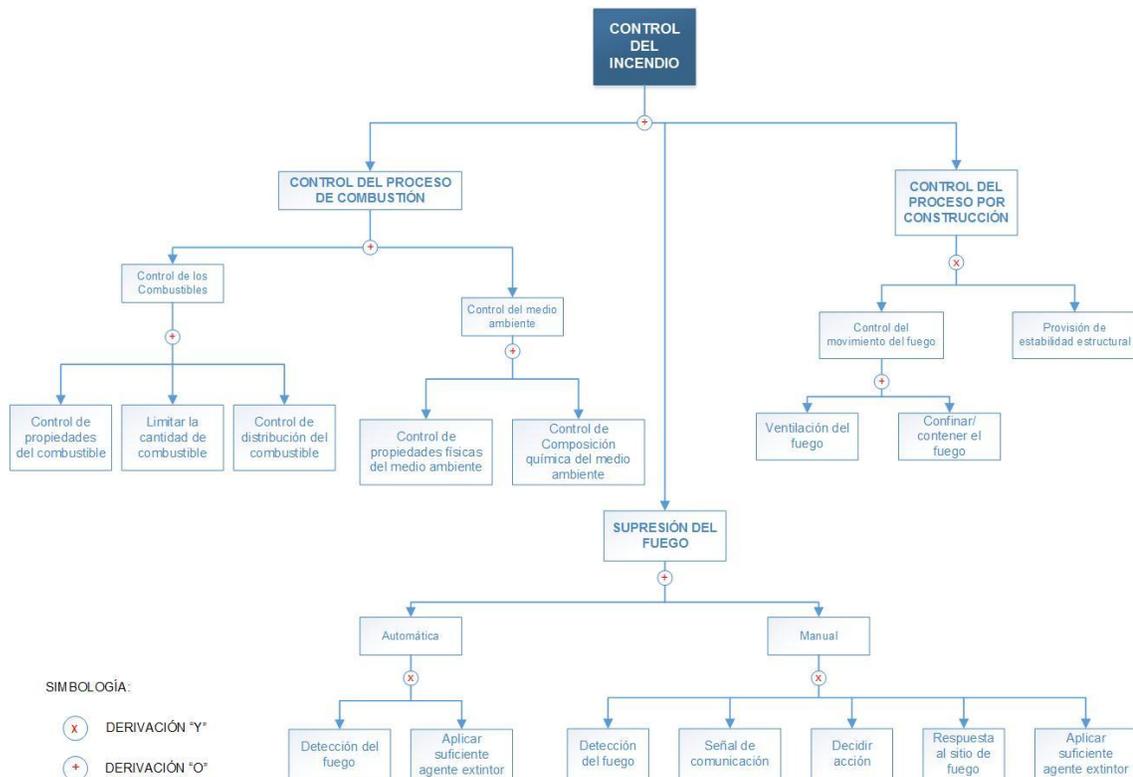


Figura 41. Componentes de la rama "control de incendio" del árbol de protección contra incendios

3.1.3. EXTINCIÓN AUTOMÁTICA (SISTEMA DE ROCIADORES)

El sistema de rociadores automáticos ha sido el método de extinción automática de incendios más usado. Entre las ventajas de los rociadores automáticos está el hecho de que estos funcionan directamente encima del incendio y no son afectados por el humo, gases tóxicos y visibilidad reducida. Adicionalmente se usa mucha menos agua porque funcionan solamente aquellos rociadores activados por el calor generado por el incendio.

3.2. DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

Imptek – Chova del Ecuador S.A. es una empresa ecuatoriana que produce láminas asfálticas y revestimientos líquidos para el mercado de la impermeabilización; emulsiones asfálticas y asfaltos modificados para el sector vial; canales y bajantes metálicos para el desalojo de aguas lluvia y otros productos asfálticos para el sector industrial, como anti ruido para el sector automotriz, impermeabilización de mecha lenta, y sistemas constructivos para cubiertas como paneles de poliuretano.

La nueva Planta Industrial de Imptek – Chova del Ecuador S. A. consta de 7 zonas, las mismas que fueron sectorizadas según los posibles riesgos de incendio que pudiesen ocurrir, tomando en cuenta las características de la instalación, combustibilidad de la materia prima y producto terminado almacenado, procesos de producción, equipos en funcionamiento, etc.

La Tabla 11 y la Figura 42 contienen la división de la planta por zonas, en donde consta el área y su respectiva ubicación.

Tabla 11

Distribución de Zonas de la Nueva Planta de Imptek

ZONAS	COLOR	UBICACIÓN	AREA TOTAL m ²
1	Verde	Bodega Materia Prima y Producto Terminado	1987,45
2	Café	Área de Producción	3006,25
3	Púrpura	Oficinas y Comedor	1455,89
4	Rojo	Parqueaderos	1413,61
5	Turquesa	Reservorio y Cuarto de Máquinas	1037,51
6	Verde Claro	Mezcla en Frío	2160,87
7	Azul	Emulsiones Asfálticas	900

Fuente: Imptek – Chova del Ecuador

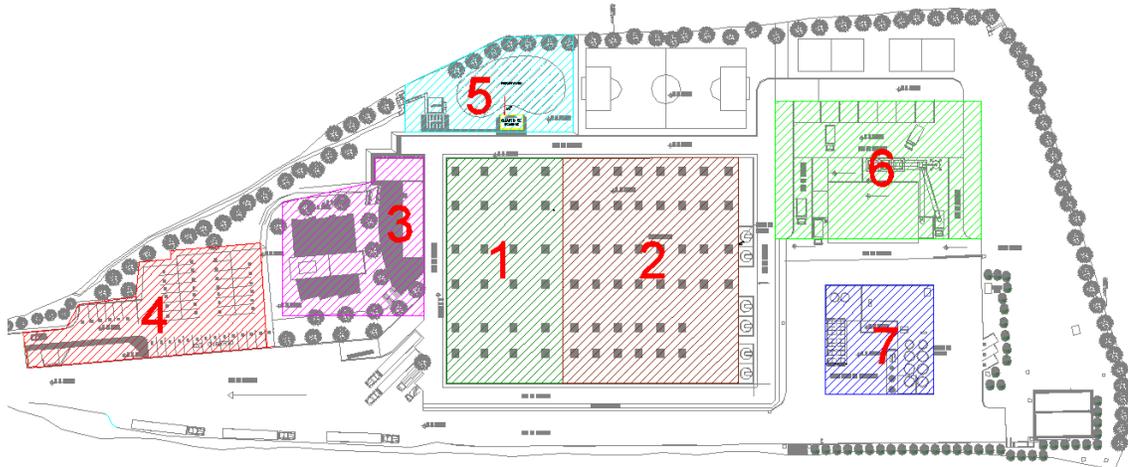


Figura 42. Distribución de la Nueva Planta Imptek – Chova del Ecuador S.A.

La zona 1 y zona 2 está construida sobre una plataforma de hormigón armado sobre la cual se proyecta la nave industrial que cuenta con una estructura metálica, en las que sus columnas se encuentran reforzadas con hormigón, mampostería de bloque hasta una altura de 3 metros, a partir de los cuales se utiliza un panel auto portante de poliuretano de material auto extingible; para la cubierta se utiliza también panel de poliuretano.

Las áreas interiores están separadas por paredes o muros de bloque con la finalidad de confinar áreas o sectores de incendio. Las columnas que componen la estructura metálica tienen un recubrimiento de hormigón de 6 mm, hasta una altura de 5 metros, a partir de esta altura la estructura vista tendrá un recubrimiento que se compone de un tratamiento primario anticorrosivo epóxido y una segunda aplicación de un recubrimiento intumescente base solvente formulado con resinas cloradas que garantice una resistencia al fuego de 120 minutos. La estructura metálica dispone de un sistema de descarga estática a tierra.

Las oficinas administrativas están construidas con estructura metálica y mampostería de bloque, es una edificación de dos plantas más un subsuelo, el cual está reforzado con hormigón.

Los parqueaderos, zona 4, es un área abierta con superficie asfaltada de bajo riesgo.

Los cuartos de máquinas están contruidos con estructura metálica y paneles de poliuretano. En ellos se encuentra la planta de tratamiento de aguas y las bombas contra incendios.

Una plataforma a cielo abierto ubicada en la zona 6 para acopio de material pétreo y mezcla asfáltica que contiene mampostería de bloque para separación de áreas de almacenamiento y producción de mezcla en frio.

El área de Emulsiones Asfálticas es una plataforma de hormigón armado a cielo abierto correspondiente a la zona 7, donde se encuentran instalados tanques de acero para almacenamiento de Asfalto, tanques verticales de almacenamiento de Emulsión Asfáltica y los equipos de producción además ésta área cuenta con una cabina de control con estructura de hormigón armado y mampostería de bloque.

3.3. SELECCIÓN DE MÉTODO DE EXTINCIÓN DE ACUERDO A LA DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS DE LA PLANTA

La bodega de materia y producto terminado es el área más crítica y propensa a que ocurra un conato de incendio, debido a que en ella se almacenarán los insumos necesarios para la fabricación de los productos que saldrán a comercializarse. Entre las materias primas más importantes tenemos:

- Asfalto
- Aceite plastificante
- Fibra de Vidrio
- Poliéster
- Fibra de Vidrio
- Aluminio
- Cartón

El almacenamiento de todos los productos se realizarán en cajas de cartón, envases de polietileno, sobre pallets de madera y plástico, generándose incendios de Clase A, cuya tasa de liberación de calor es moderada alta, por lo que según las clasificación de las ocupaciones de acuerdo a la NFPA 13, se considera a esta bodega como Riesgo Ordinario II.

Tomando en cuenta estas consideraciones se selecciona como método de extinción, al enfriamiento mediante rociadores automáticos, usando agua como agente extintor. El uso de agua para el enfriamiento es el método más efectivo disponible para la extinción de los incendios incandescentes.

En la zona de Producción albergará las máquinas que son necesarias para la producción de las líneas de laminación e inyección de poliuretano. Para ello se dispondrán de Gabinetes Contra Incendio que se dispondrán según el espacio físico de ésta área.

Para las demás zonas que conforman la Nueva Planta Industrial, se detalla en la Tabla 12, la cual analiza el tipo de riesgo para recomendar el control y la extinción de un posible evento de fuego en determinado sector de la fábrica.

Tabla 12

Análisis de Riesgos de Incendio de la Nueva Planta Imptek - Chova del Ecuador

ZONA	COLOR	AREA	RIESGO	CLASIFICACION	CONTROL	EXTINCION	EXTINTORES	REFERENCIA NFPA
1	Verde	Bodega Materia Prima y Producto Terminado	FUEGO A,C	ORDINARIO 2	GABINETES	ROCIADORES	PQS	10 / 13 /24
2	Café	Área de Producción	FUEGO A,C	ORDINARIO 2	GABINETES / HIDRANTES	GABINETES / HIDRANTES	PQS	10 /14 / 24
3	Púrpura	Oficinas y Comedor	FUEGO A,C	LIGERO	GABINETES / HIDRANTES	GABINETES / HIDRANTES	PQS	10 /14 / 24
4	Rojo	Parqueaderos	FUEGO A	LIGERO	HIDRANTES	HIDRANTES	PQS	10 / 13 /24
5	Turquesa	Reservorio y Cuarto de Máquinas	FUEGO A,B,C	LIGERO	HIDRANTES	HIDRANTES	PQS	10 / 14 / 24
6	Verde Claro	Mezcla en Frío	FUEGO A,C	LIGERO	HIDRANTES / MONITOR	HIDRANTES / MONITOR	PQS	11 / 13 /24
7	Azul	Emulsiones Asfálticas	FUEGO B	ORDINARIO 2	MONITOR	BOQUILLAS PULVERIZADORAS	PQS	11 / 15 /24

3.4. SELECCIÓN DE ROCIADORES SEGÚN NFPA 13

Para el diseño del Sistema de Rociadores Automáticos, se selecciona un sistema de Tubería Húmeda. Es un sistema que siempre permanecerá presurizado y entrarán en funcionamiento aquellos rociadores que se activen por acción del calor, no existen riesgos de congelamiento, pues nuestro país no sufre efectos por estación invernal a temperaturas por debajo de los 4°C.

Es un sistema que permite el fácil armado, tiene una confiabilidad alta y no requiere de mantenimiento exhaustivo.

Para el diseño del Sistema de Rociadores Automáticos se considera los siguientes parámetros:

- Tipo de Riesgo de la Ocupación
- Temperatura de Operación de los Rociadores
- Densidad de diseño
- Área de diseño
- Factor K de descarga
- Distribución dentro del área de cobertura

3.4.1. SELECCIÓN DE TEMPERATURA DEL ROCIADOR

En la selección del rociador se consideró el tipo de Riesgo de la Ocupación, es decir RIESGO ORDINARIO 2, y la temperatura a la que se encuentra el techo de la bodega, la misma que se encuentra a una temperatura de 32°C. La Tabla 13 muestra la clasificación de los Rociadores para los fabricantes, según la NFPA 13 y la elección de la temperatura de operación de los rociadores que se instalaron.

Tabla 13

Rangos de Temperatura de los Rociadores

Temperatura Máxima en el Cielo		Rango de Temperatura		Clasificación de Temperatura	Código de Color	Colores de la Ampolla de Vidrio
Raso °F	°C	°F	°C			
100	38	135-170	57-111	Ordinaria	Sin Color o Negro	Naranja o rojo
150	66	175-225	79-107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250-300	121-149	Alta	Azul	Azul
300	149	325-375	163-191	Extra Alta	Rojo	Violeta
375	191	400-475	204-246	Extra Muy Alta	Verde	Negro
475	246	500-575	260-302	Ultra Alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra Alta	Naranja	Negro

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 31)

3.4.2. SELECCIÓN DE LA DENSIDAD Y ÁREA DE DISEÑO

La densidad de diseño es el caudal por unidad de área a la que se diseña la red de rociadores automáticos.

De acuerdo al riesgo al que se seleccionó, se escoge la densidad de diseño igual a 0.2 GPM/ft², considerando un área de diseño igual a 1500 ft², conforme a la Figura 43 tomada de la NFPA 13.

El área de diseño es el área máxima sobre la cual se supone, para efectos de diseño, se abrirán los rociadores en caso de incendio.

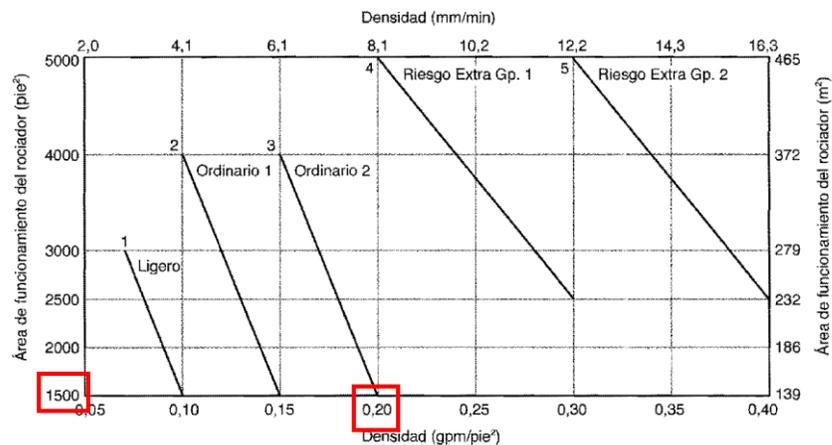


Figura 43. Curvas Densidad / Área

Fuente: (NFPA , 2009, pág. 155)

3.4.3. SELECCIÓN DEL FACTOR K DEL ROCIADOR

En función al tipo de riesgo seleccionado, considerando que la aplicación de los rociadores es para protección de almacenamiento con tasas de descarga de 20 gpm/ft² o menos, la NFPA 13 en su inciso 12.6.1 norma el uso de Rociadores de Cobertura Estándar con factores de descarga K igual a 5,6 o superiores.

El caudal por rociador se obtiene mediante la siguiente expresión (NFPA 13, 2007, p. 67):

$$Q_R = K\sqrt{P_R} \quad (1)$$

Donde:

Q_R: Caudal Rociadores, gpm

K: Factor de Descarga del Rociador

P_R: Presión Residual, psi

La Presión residual es la presión que existe en el sistema de rociadores, medido en el rociador más alejado, cuando se toman mediciones de flujo.

Los valores mínimos requeridos de Presión Residual según la Clasificación de la Ocupación se destacan en la Tabla 14.

Tabla 14

Requisitos de Abastecimiento de Agua para Sistemas de Rociadores

Clasificación de la Ocupación	Presión Residual Mínima Requerida		Flujo Aceptable en la Base de la tubería vertical (Incluyendo la Asignación para Chorro de Manguera)		Duración (minutos)
	psi	bar	gpm	L/min	
Riesgo Ligero	15	1	500-750	1893-2839	30-60
Riesgo ordinario	20	1,4	850-1500	3218-5678	60-90

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 131)

Se utiliza el valor de 20 psi como la presión residual mínima a la que los rociadores seleccionados deberán descargar en el área de almacenamiento.

Entonces:

$$Q_R = 5,6\sqrt{20}$$

$$Q_R = 25 \text{ gpm}$$

Por lo tanto el número de rociadores que actuarán en un posible incendio se obtiene mediante:

$$\#Rociadores \text{ abiertos} = \frac{Q_{Sistema}}{Q_R} \quad (2)$$

$$\#Rociadores \text{ abiertos} = \frac{300}{25}$$

$$\#Rociadores \text{ abiertos} = 12$$

3.4.4. CÁLCULO DEL CAUDAL DEL SISTEMA DE ROCIADORES

En las secciones anteriores se determinaron las especificaciones del tipo de rociador a utilizar en la bodega. Para el cálculo del Caudal del Sistema de Rociadores se obtiene mediante el Método de Área/Densidad (NFPA 13, 2007, p. 133):

$$Q_{TR} = A_d * \rho \quad (3)$$

Donde:

Q_{TR} : Caudal Total Rociadores, gpm

A_d : Área de Diseño, ft^2

ρ : Densidad de Diseño, gpm/ ft^2

Entonces:

$$Q_{TR} = 1500 \text{ ft}^2 * 0,2 \text{ gpm/ft}^2$$

$$Q_{TR} = 300 \text{ gpm}$$

A éste caudal calculado para abastecer a los rociadores, se adiciona el consumo de al menos dos gabinetes contra incendio. Este valor igual a 250 gpm,

se toma de la Tabla 15 perteneciente a la NFPA 13, considerando el RIESGO ORDINARIO.

Tabla 15

Requisitos para la Asignación de Chorros de Manguera y Duración del Abastecimiento de Agua para Sistemas Calculados Hidráulicamente

Ocupación	Mangueras Interiores		Total combinado de las Mangueras Interiores y Exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/m	gpm	L/m	
Riesgo Ligero	0, 50, ó 100	0, 189, 379	100	379	30
Riesgo ordinario	0, 50, ó 100	0, 189, 379	250	946	60 – 90
Riesgo extra	0, 50, ó 100	0, 189, 379	500	1893	90 - 120

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 132)

Finalmente, el Caudal Total Requerido para abastecer el Sistema de Rociadores que protege la Bodega de Materia Prima y Producto Terminado se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Caudal Total Requerido para Sistema de Rociadores

Caudal Total Rociadores, gpm	300
Caudal Necesario consumo dos Gabinetes Tipo II, gpm	250
Caudal Total Requerido, gpm	550

3.4.5. SELECCIÓN DEL ROCIADOR

De entre todos los tipos de rociadores mencionados en la Sección 2.6.4.2, se determina en base al Riesgo Ordinario II, que los sprinklers que se usarán para extinguir un incendio en la bodega serán los de Respuesta Estándar. Localmente podemos encontrar varias marcas de rociadores. En el proyecto se prevé instalar equipamiento con certificaciones UL/FM, por lo que existe una

homologación entre todos los equipos listados, así que queda en criterio al diseñador la elección del fabricante. Sin embargo, se realiza un estudio comparativo entre fabricantes para determinar la marca del Rociador. La Tabla 17 muestra el Factor de Ponderación a los criterios a evaluar.

Tabla 17

Criterios de Evaluación Rociadores

CRITERIOS A COMPARAR	MR	CE	TE	DR	AT	CF	Sumatoria	Factor de Ponderación
Material del Rociador (MR)		1	5	1	5	1	13	0,17
Costo de Equipo (CE)	1		10	1	5	1	18	0,24
Tiempo de Entrega (TE)	0,2	0,1		0,1	0,1	0,2	0,7	0,01
Disponibilidad de Repuestos (DR)	1	1	10		1	10	23	0,31
Asistencia Técnica (AT)	0,2	0,2	10	1		1	12,4	0,16
Confiabilidad Marca (CF)	1	1	5	0,2	1		8,2	0,11
Valores: 10 = Mucho más importante; 5 = Más importante; 1 = Igual; 1/5 = Menos importante; 1/10 = Mucho menos importante							75,3	

Para la selección del fabricante del rociador se realiza una matriz de selección, mediante el método de Factor de Ponderación, para calificar según varios aspectos técnicos la marca del sprinkler. Los parámetros a analizar son: el tipo y calidad del material del rociador; disponibilidad de repuestos en el mercado local; asistencia técnica; tiempo de entrega desde su salida de fábrica y la confiabilidad de la marca. La Tabla 18, ilustra la Matriz de Decisión utilizada para elegir el fabricante del rociador.

Tabla 18

Matriz de Decisión Rociador Automático

ITEM	CRITERIO A EVALUAR	FACTOR DE PONDERACIÓN	VIKING		TYCO		VITAU LIC	
			CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN
1	Material del Rociador (MR)	0,17	5	0,86	3	0,52	4	0,69
2	Costo de Equipo (CE)	0,24	5	1,20	4	0,96	3	0,72
3	Tiempo de Entrega (TE)	0,01	4	0,04	3	0,03	2	0,02
4	Disponibilidad de Repuestos (DR)	0,31	5	1,53	3	0,92	3	0,92
5	Asistencia Técnica (AT)	0,16	4	0,66	3	0,49	3	0,49
6	Confiabilidad Marca (CF)	0,11	5	0,54	4	0,44	5	0,54
Calificación: 5 Muy Bueno, 4 Bueno, 3 Regular, 2 Malo, 1 Pésimo				4,83		3,35		3,38

3.4.6. RESUMEN DE ROCIADOR SELECCIONADO

La Tabla 19 resume las características del rociador escogido para la para la protección de la bodega.

Tabla 19

Características del Rociador Seleccionado

MARCA	VIKING	
MODELO	VK 100	
TIPO	Cobertura Estándar / Montante	
TIPO DE CONEXIÓN	1/2" NPT	
PRESIÓN DE DESCARGA	20 psi	
FACTOR K	5,6	
CLASIFICACIÓN DE TEMPERATURA	Ordinaria	
TEMPERATURA NOMINAL	68°C (155°F)	
COLOR DEL BULBO	Rojo	
ÁREA DE COBERTURA	10,07 m ²	
SEPARACIÓN ENTRE ROCIADORES	3,05 m	
SEPARACIÓN ENTRE RAMALES	3,3 m	
NÚMERO DE ROCIADORES POR RAMAL	10	

Fuente: (VIKING GROUP, 2014)

3.5. SELECCIÓN DE BOQUILLAS PULVERIZADORAS DE AGUA SEGÚN NFPA 15

Para el diseño del Sistema de Pulverización de Agua que protege el área de tanques, se selecciona un sistema de diluvio. El propósito de éste tipo de sistema consiste en mojar toda el área donde se origina un fuego descargando agua por todas las boquillas abiertas del sistema para extinguir o enfriar el incendio. Este sistema será equipado con una válvula de inundación. Si la válvula de diluvio se activa, se descarga agua desde todas las boquillas abiertas conectadas al sistema controlado por esa válvula.

Para el diseño del Sistema de Pulverización de agua se consideran los siguientes parámetros:

- Densidad de diseño
- Área de descarga
- Factor K de descarga
- Distribución dentro del área de cobertura
- Ángulo de pulverización

3.5.1. CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA

Para el cálculo de la superficie de la parte cilíndrica se lo realiza mediante la siguiente expresión:

$$A_s = \pi * D * L \quad (4)$$

Donde:

- A_s : Área cuerpo del tanque, m^2
- D : Diámetro del tanque, m
- L : Longitud del tanque, m

La superficie de las cabezas o fondos planos se calcula mediante:

$$A_e = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (5)$$

A_e : Área cabeza tanque, m^2

D : Diámetro del tanque, m

La superficie de las cabezas o fondos hemisféricos se calcula mediante:

$$A_e = \frac{\pi * D^2}{2} \quad (6)$$

A_e : Área cabeza tanque, m^2

D : Diámetro del tanque, m

La superficie total del tanque es la sumatoria de las áreas de la parte cilíndrica más las 2 tapas o cabezas.

La Tabla 20 y 21 proporciona las medidas de los tanques que se protegerán mediante pulverización de agua.

Tabla 20

Datos técnicos del tanque de almacenamiento de asfalto

Diámetro del tanque (incluido aislante térmico)	3,16 m
Longitud del tanque (incluido aislante térmico)	8,30 m
Volumen	7000 gal

Fuente: Imptek-Chova del Ecuador

$$A_1 = \pi * 3,16 * 8,3 + \left(\frac{\pi * 3,16^2}{2} \right) * 2$$

$$A_1 = 113,77 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 1224,61 \text{ ft}^2$$

Tabla 21

Datos técnicos del tanque de reproceso

Diámetro del tanque	2 m
Longitud del tanque	6,20 m
Volumen	3275 gal

Fuente: Imptek Chova del Ecuador

$$A_2 = 2 * \left(\pi * 2 * 6,2 + \left(\frac{\pi * 2^2}{4} \right) * 2 \right)$$

$$A_2 = 90,48 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 973,92 \text{ ft}^2$$

3.5.2. SELECCIÓN DE LA DENSIDAD DE DISEÑO

El rango general de tasas de aplicación de agua pulverizada que se suministra a los sólidos o líquidos combustibles más ordinarios van desde 4,07 a 40,36 mm/min (0,15 gpm/ft² a 0,50 gpm/ft²) de superficie protegida.

La Tabla 22 contiene las densidades de riego para las diferentes aplicaciones de sistemas de pulverización de agua para protección de incendios.

El agua pulverizada debe aplicarse a la superficie de los tanques a una tasa no menor a 10,18 mm/min (0,25 gpm/ft²).

Para efectos de cálculo se selecciona una densidad igual a 10,18 mm/min (0,25 gpm/ft²).

Tabla 22

Densidades de Riego para distintas aplicaciones

	GPM/ft. Sq.	mm/min.
Transformadores		
Tapa y Laterales	0,25	10,18
Bajos	0,25	10,18
Suelo	0,15	6,11
Tendidos de Tuberías		
Superficie de la tubería	0,10	4,07
Area máxima de proyección sobre el suelo	0,50	20,35
Pies soporte	0,10	4,07
Tanques		
Paredes del tanque	0,25	10,18
Soportes	0,25	10,18

Fuente: (Sistemas de Agua Pulverizada VIKING, 2012)

3.5.3. SELECCIÓN DE ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE LAS BOQUILLAS

El ángulo de pulverización es el ángulo de descarga indicado para cada boquilla y viene marcado en el deflector.

En el mercado se dispone de una amplia gama de boquillas en cuanto a su caudal y ángulos de pulverización. El objetivo es conseguir la adecuada cobertura con el menor número de boquillas y sin pérdida de agua pulverizada. Con una boquilla de 140° se asegura la cobertura total del tanque utilizando un mínimo número de boquillas.

Tabla 23

Tabla de Boquilla VIKING Modelo E para pulverización de Agua

Tabla de aprobaciones															
Boquillas de pulverización modelo E															
Presión máxima de trabajo de 12 bar (175 psi)															
(consultar también los criterios de diseño en la página 32e.)															
Ref. de la base ¹	SIN ²	Factor K nominal		Ángulo	Listados y aprobaciones ⁴			Ref. de la base ¹	SIN ²	Factor K nominal		Ángulo	Listados y aprobaciones ⁴		
		U.S.	métrico ³		cULus ⁵	NYC ⁶	FM			U.S.	métrico ³		cULus ⁵	NYC ⁶	FM
12867	VK810	7.2	103.7	65°	Sí	Sí	Sí	12895	VK814	7.2	103.7	125°	Sí	Sí	Sí
12868	VK810	5.6	80.6	65°	Sí	Sí	Sí	12896	VK814	5.6	80.6	125°	Sí	Sí	Sí
12869	VK810	4.1	59.0	65°	Sí	Sí	Sí	12897	VK814	4.1	59.0	125°	Sí	Sí	Sí
12870	VK810	3.2	46.1	65°	Sí	Sí	Sí ⁷	12898	VK814	3.2	46.1	125°	Sí	Sí	Sí ⁷
12871	VK810	2.3	33.1	65°	Sí	Sí	Sí ⁷	12899	VK814	2.3	33.1	125°	Sí	Sí	Sí ⁷
12872	VK810	1.8	25.9	65°	Sí	Sí	Sí ⁷	12900	VK814	1.8	25.9	125°	Sí	Sí	Sí ⁷
12873	VK810	1.2	17.3	65°	Sí	Sí	Sí ⁷	12901	VK814	1.2	17.3	125°	Sí	Sí	Sí ⁷
12874	VK811	7.2	103.7	80°	Sí	Sí	Sí	12902	VK815	7.2	103.7	140°	Sí	Sí	Sí
12875	VK811	5.6	80.6	80°	Sí	Sí	Sí	12903	VK815	5.6	80.6	140°	Sí	Sí	Sí
12876	VK811	4.1	59.0	80°	Sí	Sí	Sí	12904	VK815	4.1	59.0	140°	Sí	Sí	Sí
12877	VK811	3.2	46.1	80°	Sí	Sí	Sí ⁷	12905	VK815	3.2	46.1	140°	Sí	Sí	Sí ⁸
12878	VK811	2.3	33.1	80°	Sí	Sí	Sí ⁷	12906	VK815	2.3	33.1	140°	Sí	Sí	Sí ⁷
12879	VK811	1.8	25.9	80°	Sí	Sí	Sí ⁷	12907	VK815	1.8	25.9	140°	Sí	Sí	Sí ⁷
12880	VK811	1.2	17.3	80°	Sí	Sí	Sí ⁷	12908	VK815	1.2	17.3	140°	Sí	Sí	Sí ⁷
12881	VK812	7.2	103.7	95°	Sí	Sí	Sí	12909	VK816	7.2	103.7	160°	Sí	Sí	Sí
12882	VK812	5.6	80.6	95°	Sí	Sí	Sí	12910	VK816	5.6	80.6	160°	Sí	Sí	Sí
12883	VK812	4.1	59.0	95°	Sí	Sí	Sí	12911	VK816	4.1	59.0	160°	Sí	Sí	Sí
12884	VK812	3.2	46.1	95°	Sí	Sí	Sí ⁷	12912	VK816	3.2	46.1	160°	Sí	Sí	Sí ⁷
12885	VK812	2.3	33.1	95°	Sí	Sí	Sí ⁷	12913	VK816	2.3	33.1	160°	Sí	Sí	Sí ⁷
12886	VK812	1.8	25.9	95°	Sí	Sí	Sí ⁷	12914	VK816	1.8	25.9	160°	Sí	Sí	Sí ⁷
12887	VK812	1.2	17.3	95°	Sí	Sí	Sí ⁷	12915	VK816	1.2	17.3	160°	Sí	Sí	Sí ⁷
12888	VK813	7.2	103.7	110°	Sí	Sí	Sí	12916	VK817	7.2	103.7	180°	Sí	Sí	Sí
12889	VK813	5.6	80.6	110°	Sí	Sí	Sí	12917	VK817	5.6	80.6	180°	Sí	Sí	Sí
12890	VK813	4.1	59.0	110°	Sí	Sí	Sí	12918	VK817	4.1	59.0	180°	Sí	Sí	Sí
12891	VK813	3.2	46.1	110°	Sí	Sí	Sí ⁷	12919	VK817	3.2	46.1	180°	Sí	Sí	Sí ⁷
12892	VK813	2.3	33.1	110°	Sí	Sí	Sí ⁷	12920	VK817	2.3	33.1	180°	Sí	Sí	Sí ⁷
12893	VK813	1.8	25.9	110°	Sí	Sí	Sí ⁷	12921	VK817	1.8	25.9	180°	Sí	Sí	Sí ⁷
12894	VK813	1.2	17.3	110°	Sí	Sí	Sí ⁷	12922	VK817	1.2	17.3	180°	Sí	Sí	Sí ⁷

Fuente: (VIKING GROUP, 2013)

3.5.4. CÁLCULO DEL CAUDAL DEL SISTEMA DE PULVERIZACIÓN

Para el cálculo del Caudal del Sistema de Pulverización se obtiene mediante la Ecuación 3.7.

$$Q_{TSP} = A_d * \rho \quad (7)$$

Donde:

- Q_{TSP} : Caudal Total Sistema de Pulverización, gpm
- A_d : Área de Diseño, ft²
- ρ : Densidad de Diseño, gpm/ ft²

3.5.4.1. Tanques de Asfalto

$$Q_{TSP1} = A_1 * \rho$$

$$Q_{TSP1} = 1224,61 \text{ ft}^2 * 0,25 \text{ gpm/ft}^2$$

$$Q_{TSP1} = 306,15 \text{ gpm}$$

3.5.4.2. Tanques de Reproceso

$$Q_{TSP2} = A_1 * \rho$$

$$Q_{TSP2} = 973,92 \text{ ft}^2 * 0,25 \text{ gpm/ft}^2$$

$$Q_{TSP2} = 243,48 \text{ gpm}$$

Finalmente, el Caudal Total Requerido para abastecer el Sistema de Pulverización de Agua para los Tanques de Almacenamiento en la Zona de Emulsiones Asfálticas se resume en la Tabla 24, y se elige el mayor.

Tabla 24

Total Requerido para Sistema de Pulverización

Caudal Total Tanques Asfalto, gpm	306,2
Caudal Total Tanques Reproceso, gpm	243,5
Caudal Total Requerido, gpm	306,2

3.5.5. SELECCIÓN DE BOQUILLA PULVERIZADORA

De la misma manera que los rociadores, se realiza un análisis comparativo para determinar la marca de las boquillas. Se utilizan los mismos factores de ponderación usados en los rociadores, debido a que se comparan los mismos fabricantes. La Tabla 25 contiene el resultado final.

Tabla 25

Matriz de Decisión Boquillas

ITEM	CRITERIO A EVALUAR	FACTOR DE PONDERACIÓN	VIKING		TYCO		VITAU LIC	
			CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN
1	Material del Rociador (MR)	0,17	5	0,86	4	0,69	4	0,69
2	Costo de Equipo (CE)	0,24	5	1,20	4	0,96	4	0,96
3	Tiempo de Entrega (TE)	0,01	3	0,03	3	0,03	2	0,02
4	Disponibilidad de Repuestos (DR)	0,31	4	1,22	3	0,92	3	0,92
5	Asistencia Técnica (AT)	0,16	4	0,66	3	0,49	3	0,49
6	Confiabilidad Marca (CF)	0,11	5	0,54	4	0,44	5	0,54
Calificación: 5 Muy Bueno, 4 Bueno, 3 Regular, 2 Malo, 1 Pésimo				4,51		3,52		3,62

3.5.6. RESUMEN DE BOQUILLA SELECCIONADA

La Tabla 26 resume las características de la boquilla escogida para la para la protección de los tanques en el área de emulsiones asfálticas.

Tabla 25

Características de la Boquilla seleccionada

MARCA	VIKING	
MODELO	E VK815	
TIPO	Boquilla Pulverizadora Abierta	
TIPO DE CONEXIÓN	1/2" NPT	
PRESIÓN DE DESCARGA	10 psi	
FACTOR K	3,2	
ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN	140°	
NÚMERO DE BOQUILLAS POR TANQUE	TANQUES ASFALTO	12
	TANQUES REPROCESO	10



Fuente: (VIKING GROUP, 2013)

3.6. SELECCIÓN DE GABINETES CONTRA INCENDIO SEGÚN NFPA 14

3.6.1. CAUDAL PARA CONSUMO DE GABINETES

En esta planta se consideró instalar rociadores para protección de la bodega de insumos para producción y producto terminado. La NFPA 13 cataloga como una instalación combinada entre sprinklers y gabinetes.

La tasa de flujo mínima para tuberías verticales debe ser de 250 GPM según el tipo de Riesgo Ordinario para lo cual está diseñado todo el sistema.

La Tabla 15 de la Sección 3.4.4 del presente capítulo muestra los Requisitos para la Asignación de Chorros de Manguera y duración del Abastecimiento de Agua para Sistemas Calculados Hidráulicamente correspondiente a Riesgo Ordinario.

3.6.2. SELECCIÓN DE GABINETE CONTRA INCENDIO

De acuerdo al análisis de posibles riesgos de incendio en la planta, la protección dentro de la nave industrial se la realizará mediante gabinetes contra incendio, también conocidos como Bocas de Incendio Equipadas (BIES), los mismos que serán de Clase II. Se elige este gabinete por su facilidad de uso y por no necesitar personal formado para su operación.

Este tipo de gabinete contiene una manguera de 1½" que suministra agua para controlar y extinguir un incendio. La operación de las mangueras puede ser realizada por el personal de la planta de Imptek – Chova del Ecuador o por el cuerpo de bomberos. Los equipos que componen el gabinete son los siguientes y se muestran en la Figura 44:

- Gabinete para equipo contra incendio 80 x 80 x 25 acabado pintura electroestática roja, incluye vidrio espesor 3 mm
- Válvula angular tipo globo 1 ½" x 1 ½" NPT
- Rack porta manguera

- Manguera contra incendio de 1½" de 50 pies (15 m) doble chaqueta - poliéster y un tubo interior en caucho sintético
- Boquilla de Chorro Neblina de 1½" UL/FM
- Hacha pico de 4½ lb
- Llave Spaner de dos servicios

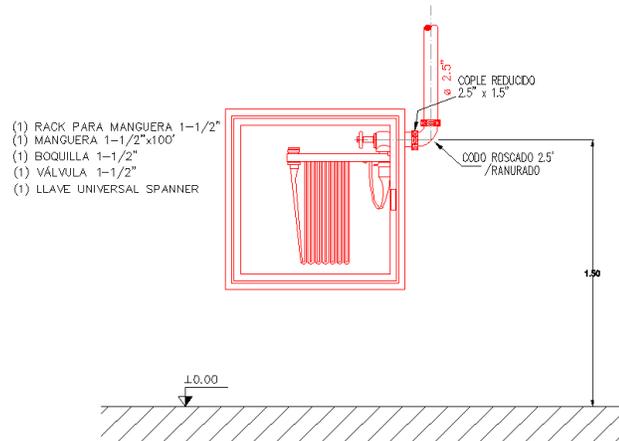


Figura 44. Detalle de Instalación de Gabinete tipo II

3.6.3. RESUMEN DE GABINETE SELLECCIONADO

La Tabla 26 resume las características de los gabinetes escogidos para proteger las áreas de bodegas y producción pertenecientes a la Nave Industrial de Imptek – Chova del Ecuador.

Tabla 26

Características del Gabinete seleccionado

TIPO	CLASE II	
CANTIDAD INSTALADA	6 unidades	
PRESIÓN DE DESCARGA	Al menos 65 psi	
CAUDAL	250 [GPM] (Uso simultáneo de 2 gabinetes)	
EQUIPAMIENTO	Válvula angular tipo globo 1 ½" x 1 ½" NPT Rack porta manguera Manguera contra incendio de 1½" de 50 pies (15 m) doble chaqueta (poliéster y un tubo interior en caucho sintético) Hacha pico de 4½ lb Boquilla de Chorro Neblina de 1½" UL/FM Llave Spaner de dos servicios	

3.7. SELECCIÓN DE HIDRANTES SEGÚN NFPA 14

3.7.1. CAUDAL PARA CONSUMO DE HIDRANTES

El caudal mínimo sugerido en instalaciones industriales para el tipo de riesgo al que la planta está sometida es de 400 GPM (1500 l/min). La presión mínima en las bocas de salida de los hidrantes será de 100 psi cuando se estén descargando el caudal anteriormente indicado.

3.7.2. SELECCIÓN DE HIDRANTES

Los hidrantes que se van a instalar en los exteriores de la Nueva Planta de Imptek-Chova del Ecuador son alimentados desde el anillo principal del Sistema Contra Incendios. Por pedido especial de las personas que hicieron el diseño arquitectónico de la Planta, los hidrantes que se encuentran en la periferia de la Nave, serán empotrados en la mampostería de la edificación.

Los hidrantes que se van a colocar en los exteriores, como áreas verdes, son los verticales o de piso, alimentados desde una tubería enterrada.

3.7.3. RESUMEN DE HIDRANTE SELLECCIONADO

La Tabla 27 resume las características de los hidrantes instalados para proteger los exteriores a la Nave Industrial de Imptek – Chova del Ecuador, así como las áreas de parqueaderos área de emulsiones asfálticas y mezcla en frío.

Tabla 27

Características Hidrantes

TIPO	VERTICAL / PARED	 
CANTIDAD INSTALADA	(4 / 3) 7 EN TOTAL	
PRESIÓN DE DESCARGA	Al menos 100 psi	
CAUDAL	400 [GPM]	

3.8. SELECCIÓN DE MONITOR SEGÚN NFPA 11

3.8.1. CAUDAL PARA CONSUMO DE MONITOR

La NFPA 11 Norma para Espumas de Baja, Mediana y Alta Expansión, recomienda el uso de espuma de baja expansión para la protección de tanques externos con diámetros no mayores a 18 m que almacenan líquidos inflamables.

Para tal fin esta misma norma recomienda las tasas mínimas de aplicación según la Tabla 28.

Tabla 28

Protección de Manguera de Espuma y Monitor para Tanques de Almacenamiento de Techo fijo que contienen Hidrocarburos

Tipo Hidrocarburo	Tasa Mínima de Aplicación		Tiempo Mínimo de Descarga (min)
	L/min.m ²	gpm/ft ²	
Punto de inflamación entre 37.8°C y 60°C (100°F y 140°F)	6.5	0.16	50
Punto de inflamación menores de 37.8°C (100°F) o líquidos calentados por encima de sus puntos de inflamación	6.5	0.16	65
Petróleo crudo	6.5	0.16	65

Fuente: (NFPA 11, 2005, pág. 17)

De acuerdo con la Tabla 28 se selecciona una densidad de riego igual a 6,5 L/min.m² (16 gpm/ft²).

Para determinar el caudal se tiene que el área de tanques diésel y calderos es de 250 m² (2691 ft²), por lo tanto:

$$Q_{Monitor} = A_C * \rho_E \quad (8)$$

$$Q_{Monitor} = 2691 \text{ ft}^2 * 0,16 \text{ gpm/ft}^2$$

$$Q_{Monitor} = 430,56 \text{ gpm}$$

Donde:

- Q_{Monitor} : Caudal requerido en Monitor, gpm
- A_c : Área a proteger en emulsiones Asfálticas, ft^2
- ρ_E : Densidad de Diseño según NFPA 11 gpm/ ft^2

3.8.2. SELECCIÓN DE MONITOR Y ESPUMA

El área de emulsiones asfálticas es una zona de alto riesgo. En ella se encuentran instalados dos tanques de almacenamiento de diésel Premium y la zona de Calderos. Para ello se implementará un monitor el cual estará dotado con una boquilla de tipo chorro–niebla, con capacidad mínima de 500 gpm a una presión de 100 psi. En la ubicación de estos dispositivos, se tomó en cuenta el alcance del chorro de aproximadamente de entre 60 y 70 m, y la dirección del viento.

Para la selección de la espuma se consideran los siguientes parámetros:

1. *Tipo de Fuego*: Clase B, el área de tanques de almacenamiento contiene asfalto y diésel.
2. *Grado de Expansión de la Espuma*: La NFPA 11 indica que para la “protección de tanques de almacenamiento exterior, riesgos interiores de líquidos inflamables, estanterías de carga, áreas canalizadas y áreas de derrame” (NFPA 11, 2005, pág. 16), se debe usar espumas de baja expansión 20:1, es decir, que con un litro de espumante pueden generarse 20 litros de espuma.
3. *Tipo de Espuma*: Para la selección del tipo de concentrado de espuma se realiza un análisis comparativo para determinar la espuma adecuada para la protección de los tanques. La Tabla 29 contiene las propiedades a evaluar para asignar un factor de ponderación.

Tabla 29

Comparación de propiedades de los espumantes

CRITERIOS A COMPARAR	RE	RC	RH	SV	RA	CE	Sumatoria	Factor de Ponderación
Rapidez de Extinción (RE)		1	1	1	1	5	9	0,21
Resistencia al Calor (RC)	1		1	1	1	5	9	0,21
Resistencia a Hidrocarburos (RH)	1	1		1	1	5	9	0,21
Supresión de Vapores (SV)	1	1	1		1	5	9	0,21
Resistencia al Alcohol (RA)	1	1	1	1		1	5	0,12
Costos Espumas (CE)	0,2	0,2	0,2	0,2	1		1,8	0,04
Valores: 10 = Mucho más importante; 5 = Más importante; 1 = Igual; 1/5 = Menos importante; 1/10 = Mucho menos importante							42,8	

Luego de asignar los factores de ponderación se procede a comparar los tipos de espumantes existentes. La Tabla 30 contiene el resultado del análisis.

Tabla 30

Matriz de decisión del concentrado de espuma

ITEM	CRITERIO A EVALUAR	FACTOR DE PONDERACIÓN	PROTEÍNIC A		FLUOROPROTEÍNIC A		AFFF		FFFP	
			CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN
1	Rapidez de Extinción (RE)	0,21	3	0,63	4	0,84	5	1,05	4	0,84
2	Resistencia al Calor (RC)	0,21	5	1,05	4	0,84	4	0,84	4	0,84
3	Resistencia a Hidrocarburos (RH)	0,21	3	0,63	4	0,84	5	1,05	4	0,84
4	Supresión de Vapores (SV)	0,21	5	1,05	4	0,84	4	0,84	4	0,84
5	Resistencia al Alcohol (RA)	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12
6	Costo de Equipo (CE)	0,04	4	0,17	3	0,13	5	0,21	3	0,13
Calificación: 5 Muy Bueno, 4 Bueno, 3 Regular, 2 Malo, 1 Pésimo			3,65		3,61		4,11		3,61	

La concentración al 3% AFFF es la que más aprobaciones tiene para su uso con proporcionadores fijos, rociadores, y otros dispositivos fijos de descarga, para extinguir combustibles hidrocarburos, no miscibles.

4. *Proporcionador*: El método de educación para la dosificación de espuma utiliza la energía de la presión del chorro de agua para succionar el concentrado de espuma y llevarlo hasta el chorro contraincendios. Por ello se opta por una boquilla auto eductora acoplada al monitor seleccionado.

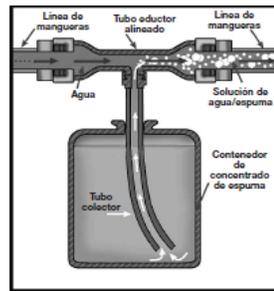


Figura 45. Principio de funcionamiento de un tubo eductor de espuma

Fuente: (Hall & Adams, 1998, pág. 531)

3.8.3. RESUMEN DE MONITOR SELLECCIONADO

La Tabla 31 detalla las especificaciones técnicas del monitor instalado para proteger la zona de emulsiones asfálticas.

Tabla 31

Especificaciones Técnicas para el Sistema de Espuma Implementado

MONITOR		
MARCA	AKRON BRASS COMPANY	
MODELO	3526	
TIPO	Industrial	
TIPO DE CONEXIÓN	4" Bridado Clase 150	
SALIDA	2½" NHS	
MATERIAL	BRONCE	
FLUJO MAX.	1250 GPM	
DESPLAZAMIENTO	HORIZONTAL: 360° VERTICAL 135°	
CERTIFICACIÓN	FM	
BOQUILLA AUTO EDUCTORA		
MARCA	AKRON BRASS COMPANY	
MODELO	4470	
TIPO	AUTO EDUCTORA	
TIPO DE CONEXIÓN	2½" NHS	
MATERIAL	BRONCE	
FLUJO	750	
CERTIFICACIÓN	FM	
CONEXIÓN EDUCTOR	1/2" NHS	
PROPORCIÓN MEZCLA	3%	
CONCENTRADO DE ESPUMA		
TIPO	AFFF	
CONCENTRADO DE ESPUMA	0,03	
TIPO DE FUEGO	B	
CAPACIDAD TANQUE	55 gal	

Fuente: (Protek Fire Equipment, 2014)

3.9. HIDRÁULICA PARA PROTECCIÓN DE INCENDIOS

3.9.1. PRESIÓN

La presión P es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de área en un fluido, causada por la compresión del mismo. En hidráulica de protección de incendios, la presión es normalmente medida en libras por pulgada cuadrada psi. Para flujo de agua en tuberías, la presión total, se determina como la siguiente ecuación (NFPA 13, 2007, p. 234):

$$P_t = P_n + P_v \quad (9)$$

3.9.1.1. Presión Normal

Presión neta o presión normal es la presión ejercida contra las paredes internas de una tubería con o sin flujo. Esta presión es llamada presión estática o cabeza de presión cuando no existe flujo y cuando hay presencia de flujo, esta presión es llamada presión residual.

La presión estática es la presión ejercida por una columna de agua, y está relacionada con su peso específico. (Manual de Protección Contra Incendios Tomo II, 2009, p. 8-54)

$$P_e = w * h = 0,433 * h \quad (10)$$

En donde:

- h : altura en pies, ft;
- P_e : Presión estática, psi

Cuando se permite que el agua salga por una abertura, la presión en la red hídrica disminuye. Se llama presión residual la que queda en el sistema mientras el agua sale.

3.9.1.2. Presión de Velocidad

La velocidad v que adquiere una masa de agua al aplicar sobre ella una presión es la misma que, si ésta masa cayera libremente, desde el estado de reposo, una distancia equivalente a la altura de presión. Esta relación se

representa por la ecuación de Torricelli (Manual de Protección Contra Incendios Tomo II, 2009, p. 8-54):

$$v = \sqrt{2gh} \quad (11)$$

En donde:

- v: velocidad alcanzada, m/s;
- g: aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²;
- h: altura de presión a la que se alcanza esa velocidad, m

De igual manera que la presión estática se puede convertir en altura, la presión de velocidad se puede expresar a su vez en una altura estática equivalente. Su relación es: (Manual de Protección Contra Incendios Tomo II, 2009, p. 8-54):

$$h_v(\text{cabezadevelocidad}) = \frac{v^2}{2g} \quad (12)$$

$$Pv = \frac{0,433*v^2}{2g} \text{ o } Pv = \frac{0,001123*Q^2}{d^4} \quad (13)$$

En donde:

- v: velocidad del agua, ft/s;
- g: aceleración de la gravedad, 32.2 ft/s²;
- Pv: Presión de velocidad, psi;
- Q: Caudal en la tubería, gpm;
- d: Diámetro interno de tubería, in

3.9.2. PERDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS

Cuando el agua fluye a través de una tubería, siempre existe una caída de presión. Desde el punto de vista hidráulico, la pérdida de cabeza entre dos puntos es causada por:

- Fricción entre el agua en movimiento y la pared de la tubería
- Fricción entre partículas de agua, incluyendo esas producidas por turbulencia cuando el flujo cambia de dirección o cuando tiene lugar un

rápido incremento o decrecimiento en la velocidad, como en cambios abruptos en el diámetro de tubería.

3.9.2.1. Fórmulas de Flujo por Pérdidas de Presión

La información experimental ha establecido que la resistencia friccional en la tubería es:

- Independiente de la presión en la tubería
- Proporcional a la cantidad y carácter del flujo
- Variable con la rapidez del flujo

La Formula Hazen-Williams

La fórmula Hazen-Williams es usualmente usada para determinar la pérdida de presión por pie de tubería (NFPA 13, 2007, p. 233).

$$p = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}} \quad (14)$$

Donde

- Q= Caudal que fluye por tubería, GPM;
- C = Coeficiente de fricción (depende del material ver Tabla 32);
- d= diámetro interno de la tubería, in

Tabla 32

Valores de C en Ecuación de Hanzen Williams

Tubería o Tubo	Valor C*
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de Preacción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120
Plástico (listada), toda	150
Fundición de hierro o fundición dúctil, revestida de cemento	140
Tubo de cobre o acero inoxidable	150
Asbesto cemento	140
Concreto	140

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 236)

3.9.2.2. Longitud Equivalente

Para la mayoría de los cálculos en protección de incendios, la pérdida por fricción es obtenida por uso del método de longitud equivalente de la Tabla 3.20, la cual expresa la pérdida por fricción del accesorio como una "longitud de tubería equivalente" que tiene la misma pérdida por fricción que el accesorio. Esta longitud es entonces, agregada a la longitud de la tubería a la cual el accesorio está conectado para obtener la pérdida por fricción total de la tubería y accesorios.

Tabla 33

Longitud Equivalente de tubería

	Accesorios y válvulas expresados en pies (m) equivalentes de tubería						
	20 mm (¾ pulg.)	25 mm (1 pulg.)	32 mm (1¼ pulg.)	40 mm (1½ pulg.)	50 mm (2 pulg.)	50 mm (2½ pulg.)	80 mm (3 pulg.)
Codo de 45°	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	3 (0,9)
Codo estandar de 90°	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)	7 (2,1)
Codo de giro largo de 90°	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)
T o Cruz(Flujo alterado 90°)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)	8 (2,4)	10 (3,1)	12 (3,7)	15 (4,6)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	6 (1,8)	7 (2,1)	10 (3,1)
Válvula de retención ^a	4 (1,2)	5 (1,5)	7 (2,1)	9 (2,7)	11 (3,4)	14 (4,3)	16 (4,9)

	Accesorios y válvulas expresados en pies (m) equivalentes de tubería						
	90 mm (3½ pulg.)	100 mm (4 pulg.)	125 mm (5 pulg.)	150 mm (6 pulg.)	200 mm (8 pulg.)	250 mm (10 pulg.)	300 mm (12 pulg.)
Codo de 45°	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	7 (2,1)	9 (2,7)	11 (3,4)	13 (4,0)
Codo estandar de 90°	8 (2,4)	10 (3,1)	12 (3,7)	14 (4,3)	18 (5,5)	22 (6,7)	27 (8,2)
Codo de giro largo de 90°	5 (1,5)	6 (1,8)	8 (2,4)	9 (2,7)	13 (4,0)	16 (4,9)	18 (5,5)
T o Cruz(Flujo alterado 90°)	17 (5,2)	20 (6,1)	25 (7,6)	30 (9,2)	35 (10,7)	50 (15,3)	60 (18,3)
Válvula de compuerta	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)
Válvula mariposa	—	12 (3,7)	9 (2,7)	10 (3,1)	12 (3,7)	19 (5,8)	21 (6,4)
Válvula de retención ^a	19 (5,8)	22 (6,7)	27 (8,2)	32 (9,8)	45 (13,7)	55 (16,8)	65 (19,8)

Use con Hazen-Williams C = 120 solamente, Para otros Valores de C, las figuras en está tabla deben ser multiplicadas por los factores de abajo.

Valor de C	80	100	120	130	140	150
Factor multiplicador	0,472	0,713	1,00	1,16	1,32	1,51

Fuente: (NFPA , 2009, pág. 75)

La Formula Darcy-Weisbach

Es aplicable a tuberías largas, rectas de diámetro uniforme y de superficie áspera, es atribuida a Darcy, Manning, Fanning y otros. A menudo llamada la fórmula Darcy-Weisbach, es una variación de la formula Chezy, con un factor de fricción f reemplazando c y expresada como sigue: (Manual de Protección Contra Incendios Tomo II, 2009, p. 8-69):

$$h_f = f \frac{l v^2}{d 2g} \quad (15)$$

Donde:

- h_f = Cabeza de fricción, ft
- f = factor de fricción
- l = longitud de tubería, ft
- d = diámetro de tubería, ft
- v = velocidad, ft/s
- g = aceleración de gravedad, ft/s²

La fórmula Darcy-Weisbach es apropiada para todos los fluidos Newtonianos. Un fluido Newtoniano es aquel donde la viscosidad es constante a una temperatura específica, sin consideraciones de presión y la tasa de cizallamiento. El factor de fricción f , es de menor dimensión, variable y depende de la rugosidad de la tubería y el número Reynolds. (Manual de Protección Contra Incendios Tomo II, 2009, p. 8-70):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}} \right] \quad (16)$$

Donde

ε = una medida lineal de rugosidad

f = factor de fricción Darcy-Weisbach

D = diámetro de la tubería (pies)

R = número de Reynolds

3.10. CÁLCULO HIDRÁULICO DE PÉRDIDAS

Para proceder con el cálculo de las pérdidas por fricción se identifican las zonas de mayor demanda de agua, considerando los puntos más desfavorables o alejados desde la descarga de la bomba contra incendios.

Según el recorrido propuesto de la red hídrica del presente trabajo, se identifican las siguientes zonas, las mismas que se identifican en la Figura 46:

- Punto 1: Malla de Rociadores
- Punto 2: Boquillas Pulverizadoras de Agua (Anillo más lejano)
- Punto 3: Hidrante más lejano

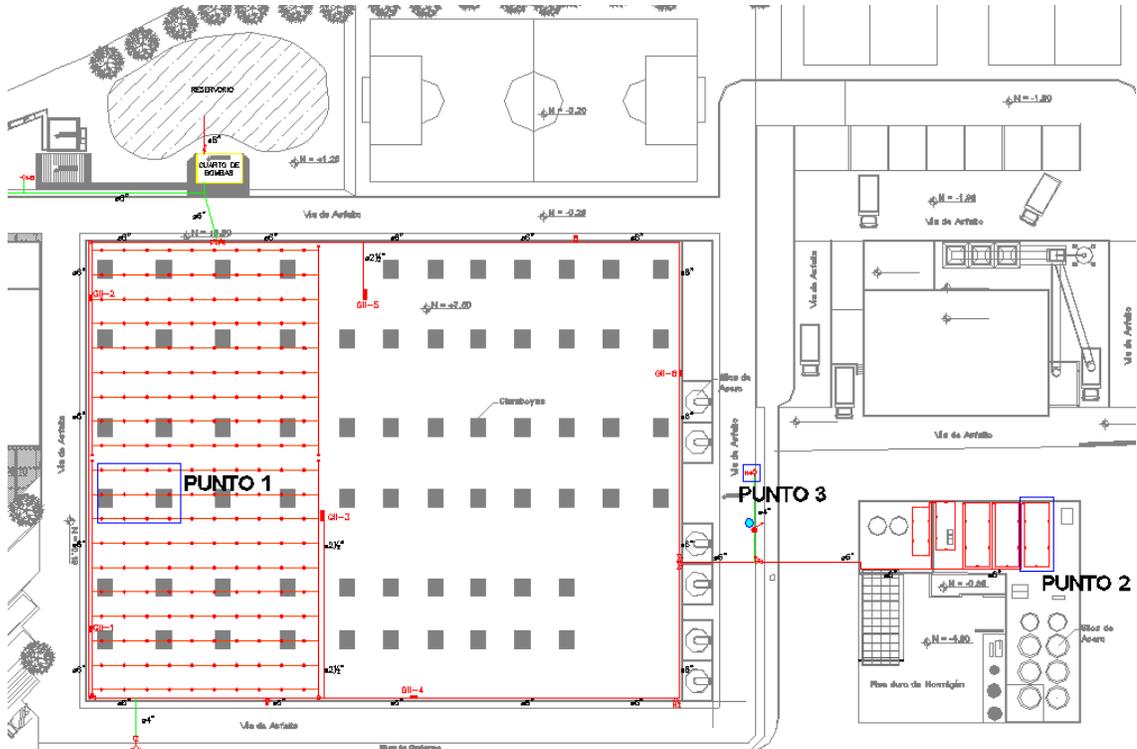


Figura 46. Puntos más desfavorables para diseño hidráulico

En las secciones anteriores se calcularon los caudales mínimos necesarios para la operación de los equipos. De esta sección en adelante a los equipos se los considerará como Sistemas. La Tabla 34 detalla los caudales, presiones de descarga y su referencia que son necesarios para realizar el cálculo hidráulico de la red contra incendios.

Tabla 34

Resumen acerca de los caudales mínimos y presiones de descarga para Diseño Hidráulico

SISTEMA	EQUIPO	AREA DE PROTECCIÓN	CAUDAL [GPM]	PRESIÓN DE SCARGA [PSI]	REFERENCIA
1	MALLAS DE ROCIADORES	BODEGAS MAT. PRIMA / PROD. TERMINADO	550	20	NFPA 13
2	BOQUILLAS PULVERIZADORAS	TANQUES ASFALTO / DIESEL	306.2	20	NFPA 15
3	GABINETES TIPO II	NAVE INDUSTRIAL (Interior)	250	65	NFPA 13 / 14 / 24
4	HIDRANTES	NAVE INDUSTRIAL (Exteriores)	400	100	NFPA 14 / 24
5	MONITOR DE ESPUMA	TANQUES DIESEL / CALDEROS	431	100	NFPA 11 / 24

3.10.1. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EL PUNTO 1 - MALLAS DE ROCIADORES

3.10.1.1. Método de Hazen-Williams

En la realización de cálculos de pérdidas de presión, la NFPA 13 recomienda dividir en nodos todos los puntos de conexión, consumo, cambios de diámetro, cambios en el recorrido, etc.

La Figura 47 muestra los nodos descritos para realizar los cálculos. En la sección 3.4 “Selección de los Rociadores”, se diseñó de tal manera que en un probable incendio, funcionen 12 rociadores.

La letra “S”, significa: sprinkler o rociador y están enumerados del 1 al 12; la letra “R” significa: ramal e igualmente están enumerados desde el 1 al 10. Desde los puntos “A” hasta “D” son giros en el recorrido de la tubería.

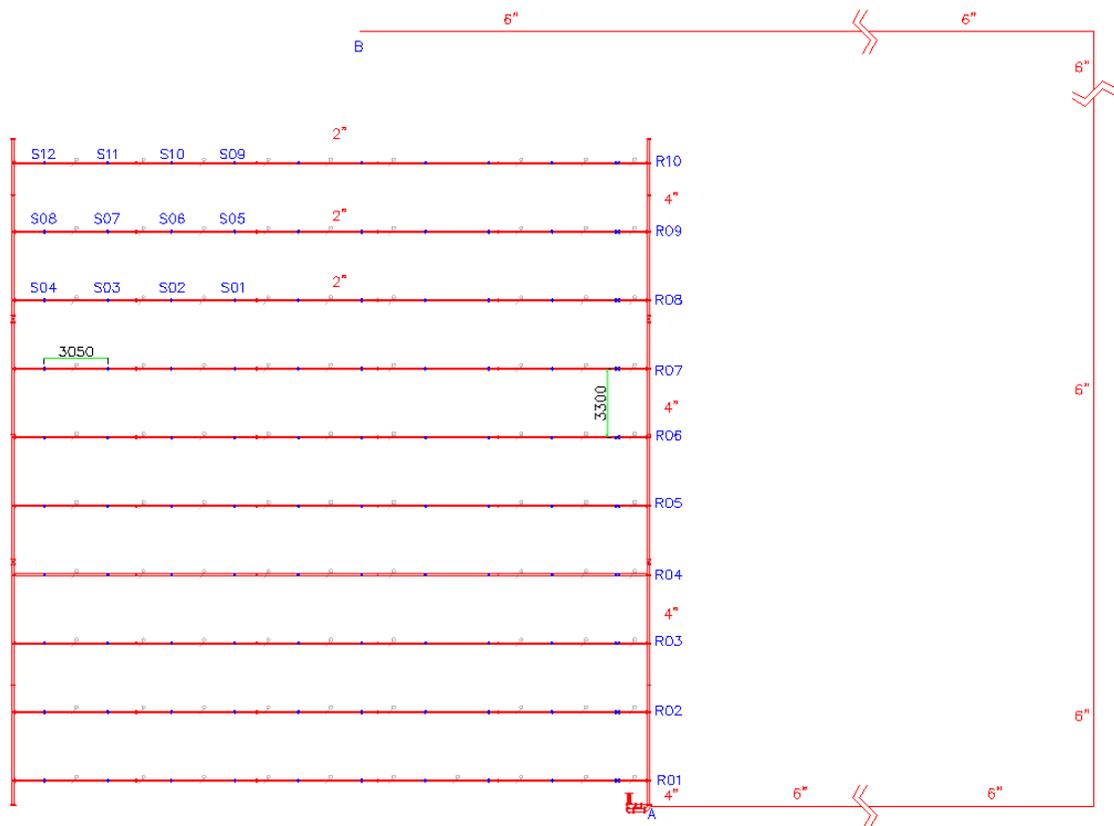


Figura 47. Recorrido desde descarga de bomba hasta el rociador más alejado

La Tabla 35 resume la hoja de Trabajo para el Sistema de Rociadores Automáticos. Posterior a ésta tabla, se incluye un ejemplo de cálculos para explicar de una manera más detallada el uso de las fórmulas utilizadas en los Sistemas de Protección de Incendios.

En la columna de accesorios las iniciales que se muestran en las celdas son las siguientes: T (Tee), C45 (Codo a 45), C90 (Codo a 90), VCK (Válvula Check), VC (Válvula de Compuerta) y VM (Válvula de Mariposa)

Tabla 35

Hoja de Cálculos de Presión y Caudal para el Sistema de Rociadores

TRAMO DE TUBERIA	FLUJO [GPM] Adicionado q TOTAL Q	Diámetro de Tubería [in] NPS		ACCESORIOS	Longitud [ft] Lt:Long. Tubería Lf:Long. equiv. accesorios LT:Long. Total		Pérdidas por fricción C=120 [psi/ft]	Resumen de Presión [psi]		Presión Normal	NOTAS FactorK= 5,6 drociador=0,20 GPM/ft²	
		Diámetro real Øi						Pt	Pe			Pv
S12@R10	q		NPS 2	1 T	Lt	0	0,000	Pt	20,00	Pt	20,00	Q=Ar x drociador Pt=(Q/Krociador)² Pt= 20 [psi] Según NFPA 13
	Q	25,04	Øi 2,067		Lf	0		Pe	0,00	Pv	0,039	
					LT	0		Pf	0,00	Pn	19,96	
S12-S11@R10	q	25,04	NPS 2	1 T	Lt	10,12	0,007	Pt	20,00	Pt	20,00	
	Q	25,04	Øi 2,067		Lf	10		Pe	0,00	Pv	0,039	
					LT	20,12		Pf	0,15	Pn	19,96	
S11-S10@R10	q	25,14	NPS 2	1 T	Lt	10,12	0,026	Pt	20,15	Pt	20,15	Pt=Pe+Pf q=Krociador*20,15^0,5
	Q	50,18	Øi 2,067		Lf	10		Pe	0,00	Pv	0,155	
					LT	20,12		Pf	0,53	Pn	19,99	
S10-S09@R10	q	25,46	NPS 2	1 T	Lt	10,12	0,056	Pt	20,67	Pt	20,67	Pt=Pe+Pf q=Krociador*20,67^0,5
	Q	75,64	Øi 2,067		Lf	10		Pe	0,00	Pv	0,352	
					LT	20,12		Pf	1,13	Pn	20,32	
S09-R10	q	26,15	NPS 2		Lt	65,81	0,097	Pt	21,80	Pt	21,80	Pt=Pe+Pf q=Krociador*21,8^0,5
	Q	101,79	Øi 2,067		Lf	0		Pe	0,00	Pv	0,637	
					LT	65,81		Pf	6,39	Pn	21,16	
R10-R9	q		NPS 4	1 T	Lt	10,83	0,004	Pt	28,19	Pt	28,19	q=es el mismo del tramo anterior
	Q	101,79	Øi 4,03		Lf	20		Pe	0,00	Pv	0,044	
					LT	30,83		Pf	0,12	Pn	28,15	
S08-R9@R09	q		NPS 2	4 T	Lt	65,81	0,097	Pt	28,31	Pt	28,31	Q= Tramo S12 - R10
	Q	101,79	Øi 2,067		Lf	40		Pe	0,00	Pv	0,637	
					LT	105,81		Pf	10,27	Pn	27,67	
R09-R08	q	101,79	NPS 4	1 T	Lt	10,83	0,014	Pt	38,58	Pt	38,58	Q=101,79+101,79
	Q	203,58	Øi 4,03		Lf	20		Pe	0,00	Pv	0,177	
					LT	30,83		Pf	0,42	Pn	38,40	
S04-R08@R08	q		NPS 2	4 T	Lt	65,81	0,097	Pt	39,00	Pt	39,00	Q= Tramo S08 - R09
	Q	101,79	Øi 2,067		Lf	40		Pe	0,00	Pv	0,637	
					LT	105,81		Pf	10,27	Pn	38,36	
R8-R1	q	203,58	NPS 4	3 C45°	Lt	100,07	0,029	Pt	39,00	Pt	39,00	Q=101,79+203,58
	Q	305,37	Øi 4,03		Lf	12		Pe	0,00	Pv	0,399	
					LT	112,07		Pf	3,23	Pn	38,60	
R1-A	q	317,76	NPS 6	3 C90° 1 C45° 1 VCK 1 VC	Lt	38,72	0,004	Pt	42,23	Pt	42,23	K' = 305,37/39^0,5= 48,90
	Q	317,76	Øi 6,07		Lf	84		Pe	9,00	Pv	0,084	
					LT	122,72		Pf	0,52	Pn	42,15	
A-B	q	351,75	NPS 6	2 C90° 3 VM	Lt	598,56	0,005	Pt	51,75	Pt	51,75	K' =317,76/42,23^0,5= 48,90
	Q	351,75	Øi 6,07		Lf	58		Pe	0,00	Pv	0,103	
					LT	656,56		Pf	3,34	Pn	51,65	
B-C	q	362,94	NPS 6	1 T 4 C90°	Lt	54,79	0,005	Pt	55,09	Pt	55,09	K' =351,75/51,75^0,5= 48,90
	Q	362,94	Øi 6,07		Lf	86		Pe	9,00	Pv	0,109	
					LT	140,79		Pf	2,00	Pn	54,98	
C-D	q	397,52	NPS 6	1 T 3 C90° 1 VM 1 VCK	Lt	9,38	0,006	Pt	66,09	Pt	66,09	K' =362,94/55,09^0,5= 48,90
	Q	397,52	Øi 6,07		Lf	114		Pe	0,00	Pv	0,131	
					LT	123,38		Pf	1,18	Pn	65,96	
		250,00						Pt	67,27	Pt	67,27	SE ADICIONA 250 GPM POR CONSUMO DE GABINETES (NFPA 13)
		437,27										FACTOR SEG. 1.1*397,52=437,27
		687,27										CONSUMO TOTAL: 687,27 [GPM]@67[PSI]

NOMENCLATURA:

T (Tee), C45 (Codo a 45), C90 (Codo a 90), VCK (Válvula Check), VC (Válvula de Compuerta) y VM (Válvula de Mariposa)

- **Rociador No. 12 (Último)**

$$P_1 = 20 \text{ psi} \quad (\text{Según NFPA 13})$$

$$Q_1 = 5,6\sqrt{20}$$

$$Q_1 = 25,04 \text{ gpm}$$

- **Nodo S12-S11@R10**

Longitud de tubería $L_t = 10,12 \text{ ft}$

Longitud equivalente en accesorios, $1T@2''$ $L_f = 10 \text{ ft}$ (Según Tabla 33)

Longitud equivalente (NFPA 13, 2007, p. 374):

$$L_T = L_t + L_f \quad (17)$$

$$L_T = 10,12 + 10$$

$$L_T = 20,12 \text{ ft}$$

Ecuación 3.14, Pérdidas por Fricción en tuberías (Hazen-Williams)

$$p = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}}$$

$$p = \frac{4,52 * (25,04)^{1,85}}{(120)^{1,85} * (2,067)^{4,87}}$$

$$p = 0,007 \text{ psi/ft}$$

Donde

- Q= Caudal que fluye por tubería de 2", GPM
- C = Coeficiente de fricción: 120 (acero negro tubería húmeda NFPA 13)
- d= diámetro interno de la tubería: 2,067 in

Pérdidas por fricción en tubería (NFPA 13, 2007, p. 374):

$$P_t = p * L_T \quad (18)$$

$$P_t = 0,007 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 20,12 \text{ ft}$$

$$P_t = 0,15 \text{ psi}$$

Presión de Velocidad, Ecuación 3.13:

$$P_v = \frac{0,001123 * Q^2}{d^4}$$

$$P_v = \frac{0,001123 * (25,04)^2}{(2,067)^4}$$

$$P_v = 0,039 \text{ psi}$$

Presión Normal, Ecuación 3.9:

$$P_n = P_1 - P_v$$

$$P_n = 20 - 0,039$$

$$P_n = 19,96 \text{ psi}$$

- **Nodo S11-S10@R10** (NFPA 13, 2007, p. 374)

$$P_{t2} = P_1 + P_e + P_f \quad (19)$$

$$P_{t2} = 20 + 0 + 0,15$$

$$P_{t2} = 20,15 \text{ [gpm]}$$

Caudal para rociador No. 11:

$$q_2 = k * \sqrt{P_{t2}}$$

$$q_2 = 5,6 * \sqrt{20,15}$$

$$q_2 = 25,14 \text{ gpm}$$

$$Q_2 = Q_1 + q_2$$

$$Q_2 = 25,04 + 25,14$$

$$Q_2 = 50,18 \text{ gpm}$$

- **Nodo S10-S09@R10**

$$P_{t3} = P_{t2} + P_e + P_f$$

$$P_{t3} = 20,14 + 0 + 0,53$$

$$P_{t3} = 20,67 \text{ gpm}$$

$$q_3 = k * \sqrt{P_{t3}}$$

$$q_3 = 5,6 * \sqrt{20,67}$$

$$q_3 = 25,46 \text{ [gpm]}$$

$$Q_3 = Q_2 + q_3$$

$$Q_3 = 50,18 + 25,46$$

$$Q_3 = 75,64 \text{ [gpm]}$$

- **Tramo S9-R10**

$$P_{t4} = P_{t3} + P_e + P_f$$

$$P_{t4} = 20,67 + 0 + 1,13 = 21,80 \text{ psi}$$

$$q_4 = k * \sqrt{P_{t4}}$$

$$q_4 = 5,6 * \sqrt{21,80}$$

$$q_4 = 26,15 \text{ gpm}$$

$$Q_4 = Q_3 + q_4$$

$$Q_4 = 75,64 + 26,15 = 101,79 \text{ gpm}$$

- **Tramo R10-R09**

$$P_{t5} = P_{t4} + P_e + P_f$$

$$P_{t5} = 21,8 + 0 + 6,39 = 28,19 \text{ psi}$$

$$Q_5 = Q_4 = 101,79 \text{ gpm}$$

- **Tramo S08-R09**

$$P_{t6} = P_{t5} + P_e + P_f$$

$$P_{t6} = 28,19 + 0 + 0,12 = 28,31 \text{ psi}$$

El tramo S08-R09, es el mismo tramo desde S12-R10, por lo tanto se maneja el mismo caudal.

$$Q_6 = Q_5 = 101,79 \text{ gpm}$$

- **Tramo R09-R08**

$$P_{t7} = P_{t6} + P_e + P_f$$

$$P_{t7} = 28,31 + 0 + 10,27 = 38,58 \text{ psi}$$

$$Q_7 = Q_6 + Q_5$$

$$Q_7 = 101,79 + 101,79 = 203,58 \text{ gpm}$$

- **Tramo S04-R08**

$$P_{t8} = P_{t7} + P_e + P_f$$

$$P_{t8} = 38,58 + 0 + 0,42 = 39 \text{ psi}$$

El tramo S04-R08, es el mismo tramo desde S08-R09, por lo tanto se maneja el mismo caudal.

$$Q_8 = Q_6 = 101,79 \text{ gpm}$$

- **Tramo R08-R01**

$$P_{t9} = P_{t8} + P_e + P_f$$

$$P_{t9} = 39 + 0 + 3,23 = 42,23 \text{ psi}$$

$$Q_9 = Q_8 + Q_7 = 101,79 + 203,58$$

$$Q_9 = 305,37 \text{ gpm}$$

- **Tramo R01- A**

Se calcula un nuevo k de descarga:

$$k_1 = \frac{Q_9}{\sqrt{P_{t8}}}$$

$$k_1 = \frac{305,37}{\sqrt{39}} = 48,90$$

$$Q_{10} = k_1 * \sqrt{P_{t9}}$$

$$Q_{10} = 48,9 * \sqrt{42,23}$$

$$Q_{10} = 317,76 \text{ gpm}$$

- **Tramo A-B**

$$P_{t10} = P_{t9} + P_e + P_f$$

Presión estática se calcula mediante la ecuación 2.2

$$P_e = 0,433 * h$$

$$P_e = 0,433 \frac{ft}{psi} * 20.8 ft = 9 psi$$

$$P_{t10} = 42,23 + 9 + 0,52 = 51,75 psi$$

$$P_{t10} = 51,75$$

$$k_2 = \frac{Q_{10}}{\sqrt{P_{t9}}}$$

$$k_2 = \frac{317,76}{\sqrt{42,23}} = 48,90$$

$$Q_{11} = k_2 * \sqrt{P_{t10}}$$

$$Q_{11} = 48,9 * \sqrt{51,75}$$

$$Q_{11} = 351,75 \text{ gpm}$$

- **Tramo B-C**

$$P_{t11} = P_{t10} + P_e + P_f$$

$$P_{t11} = 51,75 + 0 + 3,34 = 55,09 \text{ psi}$$

$$k_3 = \frac{Q_{11}}{\sqrt{P_{t10}}}$$

$$k_3 = \frac{351,75}{\sqrt{51,75}} = 48,90$$

$$Q_{12} = k_3 * \sqrt{P_{t11}}$$

$$Q_{12} = 48,9 * \sqrt{55,09}$$

$$Q_{12} = 362,94 \text{ gpm}$$

- **Tramo C-D**

$$P_{t12} = P_{t11} + P_e + P_f$$

$$P_{t12} = 55,09 + 9 + 2 = 66,09 \text{ psi}$$

$$k_4 = \frac{Q_{12}}{\sqrt{P_{t11}}}$$

$$k_4 = \frac{362,94}{\sqrt{55,09}} = 48,90$$

$$Q_{13} = k_4 * \sqrt{P_{t12}}$$

$$Q_{13} = 48,9 * \sqrt{63,87}$$

$$Q_{13} = 397,52 \text{ gpm}$$

Se utiliza un Factor de Seguridad de 1,1

$$Q_{FS} = 397,52 * 1,1 = 437,27 \text{ gpm}$$

- **Punto final (TDH)**

$$Q_{12} = Q_{11} + Q_{gab}$$

$$Q_{12} = 437,27 + 250 = 687,27 \text{ GPM}$$

$$P_{t13} = P_{t2} + P_e + P_f$$

$$P_{t13} = 66,09 + 0 + 1,18 = 67,27 \text{ psi}$$

3.10.1.2. Método de Darcy – Weisbach

Para los cálculos se consideran las mismas distancias de tubería tomadas en cuenta por el otro método, es decir, desde la brida de descarga de la bomba hasta el último rociador. A continuación la Tabla 36 contiene los datos necesarios para determinar el valor de f , calculado a partir de la Ecuación de Colebrook – White.

Tabla 36

Parámetros generales para el ingreso de datos en la Ecuación de Colebrook - White

Parámetros generales									
Diámetro interior mm	Diámetro interior m	Caudal l/s	Caudal m ³ /s	Viscosidad Pa·s	Velocidad m/s	Número de Reynolds	Rugosidad m	Rugosidad relativa	
154,08	0,154	47,32	0,04732	0,001139	2,54	3,43E+05	4,57E-05	2,97E-04	
102,26	0,102	34,70	0,03470	0,001139	4,23	3,79E+05	4,06E-05	3,97E-04	
52,51	0,053	6,31	0,00631	0,001139	2,91	1,34E+05	4,06E-05	7,74E-04	

Ejemplo de Cálculos

Flujo en Tubería de 6 ASTM A53 Gr. B sch 40”

Datos:

- d_i : diámetro interno = 0,154 m
- Q : caudal = 750 gpm = 47,32 l/s = 0,04732 m³/s
- μ : Viscosidad dinámica del agua @15°C = 1,139 x 10⁻³ Pa * s
- ρ : Densidad del agua @15°C = 999,1 kg/m³
- ϵ : rugosidad Tubería ASTM A53 Gr. B sch 40: 0,0000457 m

Cálculo de área transversal en tubería de acero 6”

$$A = \pi * \frac{d_i^2}{4} \quad (19)$$

$$A = \pi * \frac{(0,154 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0,0186 \text{ m}^2$$

Mediante el caudal, se obtiene la velocidad a la que fluye el agua en la tubería.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (20)$$

$$V = \frac{0,04732 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0186 \text{ m}^2}$$

$$V = 2,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Posteriormente se calcula el Número de Reynolds para flujos en tubería recta (Introducción a la Mecánica de Fluidos, R. Fox, 1995, p. 326)

$$Re = \frac{V * d_i * \rho}{\mu} \quad (21)$$

$$Re = \frac{2,54 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,154 \text{ m} * 999,1 \text{ kg}/\text{m}^3}{1,139 \times 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}}$$

$$Re = 3,43 \times 10^5$$

Ya con las variables listas para ingresar en la Ecuación de Colebrook – White, se procede con el cálculo del factor f, el mismo que se lo realiza aplicando el método de punto fijo también conocido en los Métodos Numéricos como “tanteo”. La tabla 37 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 37Valor Calculado de f

Diámetro Nominal NPS	f	J Pa/m	Primer término	Segundo término	Error absoluto
6	0,01674	349,63	7,728145	7,728146	-0,000001
4	0,01730	1508,17	7,603944	7,603944	0,000000
2	0,02076	1677,13	6,939697	6,939698	-0,000001

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{R\sqrt{f}} \right]$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{4,57 \times 10^{-5}}{3,7 * 0,154} + \frac{2,51}{4,09 \times 10^5 \sqrt{f}} \right]$$

$$f = 0,01674$$

Para hallar el valor de las Pérdidas por fricción en tubería se utiliza la Ecuación 3.15.

$$h_f = f \frac{L_T v^2}{d 2g}$$

$$h_{f6} = 0,01674 \frac{213,8 \text{ m}}{0,154 \text{ m}} * \frac{(2,54 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{f6} = 7,64 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$h_{f6} = 10,85 \text{ psi}$$

Tabla 38

Valor Calculado de Pérdidas en Tuberías que conducen hacia los Rociadores

NPS [in]	f	Longitud Tubería [m]	Diámetro Interno [m]	Velocidad [m/s]	hf [mH ₂ O]	hf [psi]
6	0,01674	213,8	0,154	2,54	7,64	10,85
4	0,0173	32,07	0,102	4,23	4,96	7,05
2	0,02076	30,33	0,053	2,91	5,15	7,31
Total h_f					17,75	25,20

Finalmente para hallar las Pérdidas Totales de tubería hasta el último rociador, se deben sumar las perdidas parciales calculadas para cada sección de tubería.

$$h_f = h_{f6} + h_{f4} + h_{f2} \quad (23)$$

$$h_f = 10,85 + 7,05 + 7,31$$

$$h_f = 25,20 \text{ psi}$$

Pérdidas en Accesorios

Estas ocurren cuando el flujo en una tubería cambia de dirección, o cambia el tamaño de la tubería, o en el paso del flujo, éste se encuentra con una válvula u otro accesorio. Estas pérdidas son típicamente referidas como perdidas menores, aunque puedan ser significativas para algunos accesorios, tales como válvulas giratorias de no retorno o anticipadores de flujo de retorno, que son comúnmente encontrados en sistemas de protección de incendios.

La cantidad de pérdidas menores de accesorios puede ser encontrada en muchas referencias y hasta a menudo expresada de diferentes maneras. Las más comunes son una longitud equivalente (l/d), un coeficiente de resistencia (k), o un coeficiente de flujo (C_v). (CRANE, 1990, págs. 3-5)

$$hf_{acc} = k \frac{v^2}{2g} \quad (24)$$

A continuación se presenta un ejemplo de cálculos para el tramo de 6" que conduce a la malla de rociadores. La Tabla 39 contiene los factores de fricción f_t para los diferentes diámetros de accesorios.

Tabla 39

Factores de fricción f_t para accesorios de tubería

Diámetro mm	15	20	25	32	40	50	65, 80	100	125	150	200,250	300,400	450-600
Nominal pulg	½	¾	1	1¼	1½	2	2½, 3	4	5	6	8-10	12-16	18-24
Factor de fricción (f_t)	.027	.025	.023	.022	.021	.019	.018	.017	.016	.015	.014	.013	.012

Fuente: (CRANE, 1990, págs. A-39)

Pérdidas de presión en codos de 6" x 90°

$$k_{codo} = 30 * f_t \quad (25)$$

$$k_{codo} = 30 * 0,015$$

$$k_{codo} = 0,45$$

Se instalaron 12 codos a lo largo del recorrido de 6", por lo tanto se tiene que:

$$hf_{codo} = 0,45 \frac{(2,54 \frac{m}{s})^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2} * 12$$

$$hf_{codo} = 1,77 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$hf_{codo} = 2,52 \text{ psi}$$

De la misma manera se procede con el resto de accesorios que se instalaron en todo el recorrido de 6" para obtener la pérdida de presión total en los accesorios de 6".

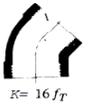
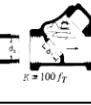
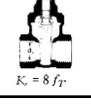
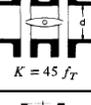
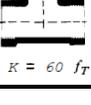
$$hf_{acc6"} = hf_{codo90} + hf_{codo45} + hf_{check} + hf_{compuerta} + hf_{mariposa} + hf_{tee} \quad (26)$$

$$hf_{acc6"} = 2,52 + 0,11 + 1,40 + 0,06 + 1,26 + 0,84 = 6,19 \text{ psi}$$

La Tabla 40 resume los resultados obtenidos para todos los accesorios que se instalaron para el recorrido hacia la malla de rociadores.

Tabla 40

Pérdidas en Accesorios Sistema de Rociadores

	ACCESORIO	6"					4"					2"					
		CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]	CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]	CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]	
 $K = 30 f_T$	CODO X 90°	12	0,45	2,54	1,77	2,52											
 $K = 16 f_T$	CODO X 45°	1	0,24	2,54	0,08	0,11	3	0,27	4,23	0,74	1,06						
 $K = 100 f_T$	VÁLVULA CHECK	2	1,5	2,54	0,99	1,40											
 $K_c = 8 f_T$	VÁLVULA DE COMPUERTA	1	0,12	2,54	0,04	0,06											
 $K = 45 f_T$	VÁLVULA DE MARIPOSA	4	0,68	2,54	0,89	1,26											
 $K = 60 f_T$	TEE	2	0,9	2,54	0,59	0,84	2	1,02	4,23	1,86	2,64	12	1,14	2,91	5,91	8,39	
					TOTAL $hf_{acc6''}$		6,19		$hf_{acc4''}$			3,70		$hf_{acc2''}$			8,39
TOTAL PÉRDIDAS EN ACCESORIOS: 18,28 psi																	

Fuente: (CRANE, 1990, págs. A-47/ A-49)

Por lo tanto el total de pérdidas en accesorios para el Sistema de Rociadores es igual a:

$$Hf_{ACC} = hf_{acc6''} + hf_{acc4''} + hf_{acc2''} \quad (27)$$

$$Hf_{ACC} = 6,19 + 3,70 + 8,39 = 18,28 \text{ psi}$$

Finalmente la pérdida por fricción en las tuberías y accesorios para el Sistema de Rociadores se obtiene mediante:

$$H_f = h_f + Hf_{ACC} \quad (28)$$

$$H_f = 25,20 + 18,28$$

$$\mathbf{H_f = 43,48 \text{ psi}}$$

Método de Hardy Cross con corrección de caudales para redes de tuberías en malla.

Este método fue desarrollado por el Ing. Hardy Cross, el cual se base en suponer los caudales, satisfaciendo la ley de Conservación de la Masa en cada uno de los tubos de una red de agua e ir corrigiendo esta suposición. Dado que se conocen las características del flujo y la tuberías, éste método es un proceso de comprobación de diseño. (SALDARRIAGA, 2007, pág. 354).

Para llevar a cabo este proceso iterativo, lo que se debe hacer es dividir a la malla por circuitos, luego denotar mediante números a los nodos que componen la red. Se elabora una tabla para indicar los tramos de conexión entre nodos y predecir el caudal que pasará por las tuberías. Se toma en cuenta el sentido de flujo en los tubos, considerando como positivo el giro de las manecillas del reloj y negativo en contra de las manecillas del reloj.

A continuación la Figura 48 muestra la manera en que se distribuyeron los nodos y circuitos para efectos de cálculo.

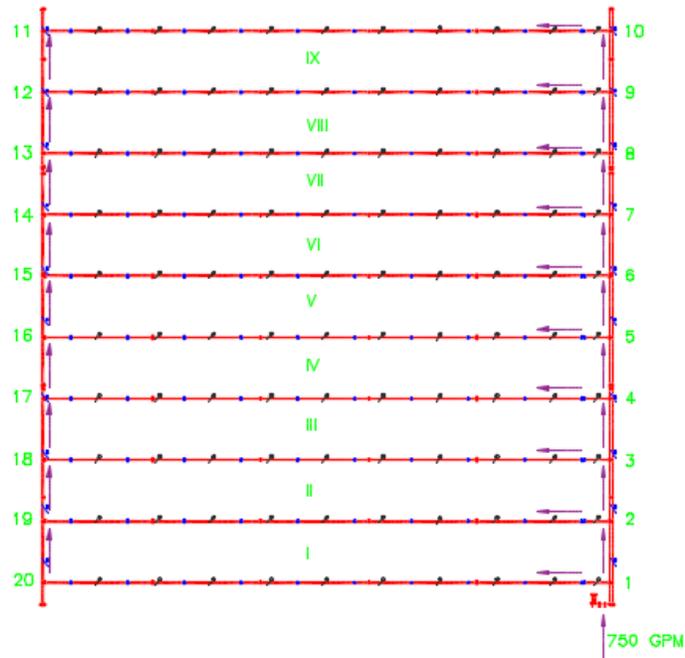


Figura 48. Distribución de Nodos y Circuitos Método Hardy Cross

Para llevar a cabo éste proceso iterativo se tiene que cumplir que la suma algebraica de los caudales en un nudo debe ser igual a cero. (SALDARRIAGA, 2007, pág. 351):

$$\sum_{j=1}^m (Q_{ij} + q_i) = 0 \quad (29)$$

Donde:

- Q_{ij} : Caudal que parte del nudo i o que fluye hacia dicho nudo, m^3/s
- q_i : Caudal concentrado en el nudo i , m^3/s
- m : Número de tramos que confluyen al nudo i

De igual manera se debe cumplir que la suma algebraica de las pérdidas de energía en los tramos que conforman un anillo cerrado debe ser igual a cero. (SALDARRIAGA, 2007, pág. 351):

$$\sum_{j=1}^n h_{f_{ij}} = 0 \quad (30)$$

Donde:

- hf_{ij} : Pérdida de carga por fricción en el tramo T_{ij} , mH₂O
- n : Número de tramos del circuito i

La Ecuación 3.15 de Darcy-Weisbach expresada en términos de Caudal se tiene que: (El Método de Hardy Cross, 2008)

$$hf_{ij} = \frac{8fL_{ij}Q_{ij}}{\pi^2 D_{ij}^5 g} \quad (30)$$

Donde

- h_f = Cabeza de fricción, mH₂O
- f = factor de fricción de la tuberías
- L_{ij} = longitud de tubería, m
- D_{ij} = diámetro de tubería, m
- Q_{ij} = caudal, m³/s
- g = aceleración de gravedad, m/s²

Luego se expresa la constante a , en función de las siguientes variables:

$$a_{ij} = \frac{8fL_{ij}}{\pi^2 D_{ij}^5 g} \quad (31)$$

Finalmente se tiene que la ecuación para pérdidas de carga por fricción por el Método de Hardy Cross es igual a: (El Método de Hardy Cross, 2008)

$$H_{ij} = a_{ij}Q_{ij}^N \quad (32)$$

Donde,

a : Coeficiente de resistencia, cuyo valor depende del tipo de ecuación empleada para el cálculo.

n : Exponente del caudal, que depende la ecuación de resistencia empleada.

- n : 1.851, según la ecuación de Hazen & Williams.
- n : 2, según la ecuación de Darcy & Weisbach.

El Método de Hardy Cross corrige sucesivamente, iteración tras iteración, los caudales en los tramos, con la siguiente ecuación general:

$$\Delta Q = - \frac{\sum h_f}{n \sum \frac{h_f}{Q}} \quad (33)$$

$$\Delta Q = - \frac{\sum_1^k (a_{ij} |Q_{ij}|^{n-1} Q_{ij})}{n \sum_1^k (a_{ij} |Q_{ij}|^{n-1})} \quad (34)$$

La Tabla 41 contiene los datos de entrada según la distribución de nodos y circuitos de la Figura 48.

Tabla 41

Datos de Ingreso para Método de Hardy Cross

Circuito	Tramo	D (m)	L (m)	f	a	Q (gpm)	Q (m3/s)
I	1-2	0,102	3,3	0,017	430,7	-400	-0,025236
	2-19	0,053	30,33	0,026	155966,2	-25	-0,001577
	1-20	0,102	3,3	0,017	430,7	350	0,022082
	20-19	0,053	30,33	0,026	155966,2	350	0,022082
II	2-3	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-400	-0,025236
	19-2	0,053	30,33	0,026	155966,2	25	0,001577
	19-18	0,102	3,3	0,01742	430,7	350	0,022082
	3-18	0,053	30,33	0,026	155966,2	-50	-0,003155
III	3-4	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-350	-0,022082
	18-3	0,053	30,33	0,026	155966,2	50	0,003155
	18-17	0,102	3,3	0,01742	430,7	350	0,022082
	4-17	0,053	30,33	0,026	155966,2	-100	-0,006309
IV	4-5	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-325	-0,020504
	5-16	0,053	30,33	0,026	155966,2	-100	-0,006309
	17-4	0,102	3,3	0,01742	430,7	100	0,006309
	17-16	0,053	30,33	0,026	155966,2	325	0,020504
V	5-6	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-300	-0,018927
	6-15	0,053	30,33	0,026	155966,2	-100	-0,006309
	16-5	0,102	3,3	0,01742	430,7	100	0,006309
	16-15	0,053	30,33	0,026	155966,2	350	0,022082
VI	6-7	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-275	-0,01735
	7-14	0,053	30,33	0,026	155966,2	-100	-0,006309
	15-6	0,102	3,3	0,01742	430,7	100	0,006309
	15-14	0,053	30,33	0,026	155966,2	375	0,023659
VII	7-8	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-250	-0,015773
	8-13	0,053	30,33	0,026	155966,2	-100	-0,006309
	14-7	0,102	3,3	0,01742	430,7	100	0,006309
	14-13	0,053	30,33	0,026	155966,2	400	0,025236
VIII	8-9	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-225	-0,014195
	9-12	0,053	30,33	0,026	155966,2	-100	-0,006309
	13-8	0,102	3,3	0,01742	430,7	100	0,006309
	13-12	0,053	30,33	0,026	155966,2	425	0,026813
IX	9-10	0,102	3,3	0,01742	430,650938	-200	-0,012618
	10-11	0,053	30,33	0,026	155966,2	-100	-0,006309
	12-9	0,102	3,3	0,01742	430,7	100	0,006309
	12-11	0,053	30,33	0,026	155966,2	450	0,028391

Ejemplo de Cálculos:

TRAMO 1-2

$$a_{1-2} = \frac{8 * 0,017 * 3,3 \text{ m}}{\pi^2 (0,102 \text{ m})^5 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$a_{1-2} = 430,7 \text{ s}^2/\text{m}^5$$

$$H_{1-2} = 430,7 \text{ s}^2/\text{m}^5 * -(0,025236 \text{ m}^3/\text{s})^2$$

$$H_{1-2} = -0,274 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$H_{1-2} = -0,77 \text{ psi}$$

$$(a_{1-2}|Q_{1-2}|^{n-1}) = 430,7 \text{ s}^2/\text{m}^5 * |-0,025236|^{2-1} = 10,868 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(a_{ij}|Q_{ij}|^{n-1}Q_{ij}) = 10,868 \text{ m}^3/\text{s} * -0,025236 \text{ m}^3/\text{s} = -0,274 \text{ m}^6/\text{s}^2$$

Se realizan los mismos cálculos para los Tramos 2-19, 1-20, y 20-19 para realizar las sumatorias del circuito y reemplazar en la Ecuación 3.34

$$\Delta Q = -\frac{75,596 \text{ m}^6/\text{s}^2}{3710,343 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\Delta Q = -0,0102 \text{ m}^3/\text{s}$$

Finalmente para corregir el caudal de cada iteración se suma de la siguiente manera:

$$Q_{nuevo} = Q_{ij} + \Delta Q_{ij} + Q_{compartido} \quad (35)$$

$$Q_{nuevo} = -0,025236 + 0,01019 + 0 = -0,03542 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se debe iterar hasta que ΔQ y H converjan hacia el valor de 0. La Tabla 42 muestra el proceso iterativo por el Método de Hardy Cross.

Tabla 42

Proceso de Iteración Hardy Cross

Circuito	Tramo	No. De Iteración 1						No. De Iteración 2					
		H (m)	$a^* Q ^{N-1}$	$a^*Q^* Q ^{N-1}$	ΔQ (m)	Otros Circuitos	Q (m ³ /s)	H (m)	$a^* Q ^{N-1}$	$a^*Q^* Q ^{N-1}$	ΔQ (m)	Otros Circuitos	Q (m ³ /s)
I	1-2	-0,274	10,868	-0,274	-0,010		-0,035	-0,540	15,255	-0,540	0,000		-0,035
	2-19	-0,388	245,998	-0,388	-0,010	-0,001	-0,013	-24,660	1961,154	-24,660	0,000	0,004	-0,008
	1-20	0,210	9,509	0,210	-0,010		0,012	0,061	5,122	0,061	0,000		0,012
	20-19	76,048	3443,968	76,048	-0,010		0,012	22,065	1855,116	22,065	0,000		0,012
	Σ	75,596	3710,343	75,596	-0,041			-3,074	3836,647	-3,074	0,002		
II	2-3	-0,274	10,868	-0,274	0,001		-0,024	-0,257	10,519	-0,257	-0,004		-0,029
	19-2	0,388	245,998	0,388	0,001	0,010	0,013	24,660	1961,154	24,660	-0,004	0,000	0,008
	19-18	0,210	9,509	0,210	0,001		0,023	0,226	9,858	0,226	-0,004		0,019
	3-18	-1,552	491,995	-1,552	0,001	-0,002	-0,004	-2,375	608,560	-2,375	-0,004	-0,002	-0,010
	Σ	-1,228	758,371	-1,228	0,003			22,254	2590,091	22,254	-0,017		
III	3-4	-0,210	9,509	-0,210	0,002		-0,021	-0,181	8,839	-0,181	0,002		-0,019
	18-3	1,552	491,995	1,552	0,002	-0,003	0,001	0,338	229,648	0,338	0,002	0,017	0,020
	18-17	0,210	9,509	0,210	0,002		0,024	0,241	10,180	0,241	0,002		0,025
	4-17	-6,208	983,991	-6,208	0,002		-0,005	-3,522	741,123	-3,522	0,002		-0,003
	Σ	-4,656	1495,005	-4,656	0,006	0,007		-3,124	989,790	-3,124	0,006	0,004	
IV	4-5	-0,181	8,830	-0,181	-0,007		-0,028	-0,327	11,870	-0,327	-0,004		-0,031
	5-16	-6,208	983,991	-6,208	-0,007	0,008	-0,006	-4,746	860,316	-4,746	-0,004	0,004	-0,006
	17-4	0,017	2,717	0,017	-0,007	-0,002	-0,002	-0,002	0,993	-0,002	-0,004	-0,002	-0,008
	17-16	65,572	3197,971	65,572	-0,007		0,013	28,197	2097,077	28,197	-0,004		0,010
	Σ	59,200	4193,509	59,200	-0,028			23,122	2970,257	23,122	-0,016		
V	5-6	-0,154	8,151	-0,154	-0,008	0,007	-0,020	-0,167	8,492	-0,167	-0,004	0,004	-0,019
	6-15	-6,208	983,991	-6,208	-0,008	0,007	-0,007	-7,867	1107,666	-7,867	-0,004	0,004	-0,007
	16-5	0,017	2,717	0,017	-0,008		-0,002	-0,001	0,664	-0,001	-0,004		-0,005
	16-15	76,048	3443,968	76,048	-0,008		0,014	31,582	2219,400	31,582	-0,004		0,011
	Σ	69,703	4438,827	69,703	-0,031			23,547	3336,223	23,547	-0,014		
VI	6-7	-0,130	7,472	-0,130	-0,009		-0,026	-0,291	11,194	-0,291	-0,005		-0,031
	7-14	-6,208	983,991	-6,208	-0,009	0,009	-0,006	-4,747	860,447	-4,747	-0,005	0,009	-0,001
	15-6	0,017	2,717	0,017	-0,009	0,008	0,006	0,013	2,376	0,013	-0,005	0,004	0,004
	15-14	87,300	3689,966	87,300	-0,009		0,015	35,161	2341,794	35,161	-0,005		0,010
	Σ	80,979	4684,146	80,979	-0,035			30,137	3215,811	30,137	-0,019		
VII	7-8	-0,107	6,792	-0,107	-0,009		-0,025	-0,274	10,856	-0,274	-0,005		-0,030
	8-13	-6,208	983,991	-6,208	-0,009	0,010	-0,006	-4,748	860,499	-4,748	-0,009	0,010	-0,005
	14-7	0,017	2,717	0,017	-0,009	0,009	0,006	0,013	2,376	0,013	-0,009	0,005	0,001
	14-13	99,328	3935,964	99,328	-0,009		0,016	38,935	2464,248	38,935	-0,009		0,006
	Σ	93,030	4929,464	93,030	-0,038			33,927	3337,979	33,927	-0,033		
VIII	8-9	-0,087	6,113	-0,087	-0,010		-0,024	-0,257	10,518	-0,257	-0,010		-0,035
	9-12	-6,208	983,991	-6,208	-0,010	0,011	-0,006	-4,748	860,544	-4,748	-0,010	0,011	-0,005
	13-8	0,017	2,717	0,017	-0,010	0,009	0,006	0,013	2,376	0,013	-0,010	0,009	0,005
	13-12	112,132	4181,962	112,132	-0,010		0,017	42,902	2586,754	42,902	-0,010		0,006
	Σ	105,854	5174,783	105,854	-0,041			37,910	3460,192	37,910	-0,041		
IX	9-10	-0,069	5,434	-0,069	-0,011		-0,024	-0,241	10,179	-0,241	-0,011		-0,035
	10-11	-6,208	983,991	-6,208	-0,011		-0,017	-46,833	2702,646	-46,833	-0,011		-0,028
	12-9	0,017	2,717	0,017	-0,011	0,010	0,006	0,013	2,376	0,013	-0,011	0,010	0,005
	12-11	125,712	4427,959	125,712	-0,011		0,017	47,064	2709,305	47,064	-0,011		0,006
	Σ	119,453	5420,101	119,453	-0,044			0,00	5424,506	0,004	0,00		

En último lugar, la Tabla 43 muestra los cálculos obtenidos de Caudal y Pérdidas de Presión para la Malla de Rociadores de la Bodega de Imptek – Chova del Ecuador.

Tabla 43

Resultados obtenidos mediante el Método de Hardy Cross

Circuito	Tramo	H (m)	H (psi)	Q (m3/s)	Q (GPM)	Circuito	Tramo	H (m)	H (psi)	Q (m3/s)	Q (GPM)
I	1-2	-0,540	-0,767341	-0,035	-555,11	V	5-6	-0,167	-0,237808	-0,019	-306,8
	2-19	-24,660	-35,01719	-0,008	-124,86		6-15	-7,867	-11,17056	-0,007	-106,81
	1-20	0,061	0,086516	0,012	194,875		16-5	-0,001	-0,001455	-0,005	-80,383
	20-19	22,065	31,33284	0,012	194,875		16-15	31,582	44,84655	0,011	169,611
II	2-3	-0,257	-0,364859	-0,029	-455,25	VI	6-7	-0,291	-0,413192	-0,031	-486,27
	19-2	24,660	35,01719	0,008	124,86		7-14	-4,747	-6,740721	-0,001	-12,148
	19-18	0,226	0,320446	0,019	294,735		15-6	0,013	0,01861	0,004	69,1028
	3-18	-2,375	-3,37182	-0,010	-154,95		15-14	35,161	49,92927	0,010	163,716
III	3-4	-0,181	-0,257603	-0,019	-300,29	VII	7-8	-0,274	-0,388608	-0,030	-480,11
	18-3	0,338	0,480158	0,020	320,721		8-13	-4,748	-6,741531	-0,005	-74,898
	18-17	0,241	0,341712	0,025	399,689		14-7	0,013	0,018612	0,001	12,1483
	4-17	-3,522	-5,000783	-0,003	-50,301		14-13	38,935	55,28747	0,006	100,866
IV	4-5	-0,327	-0,464579	-0,031	-498,56	VIII	8-9	-0,257	-0,364768	-0,035	-549,22
	5-16	-4,746	-6,738669	-0,006	-93,186		9-12	-4,748	-6,74223	-0,005	-74,907
	17-4	-0,002	-0,003254	-0,008	-123,27		13-8	0,013	0,018615	0,005	74,898
	17-16	28,197	40,03931	0,010	151,423		13-12	42,902	60,92115	0,006	100,766
					IX	9-10	-0,241	-0,341675	-0,035	-549,31	
						10-11	-46,833	-66,5022	-0,028	-449,31	
						12-9	0,013	0,018617	0,005	74,9071	
						12-11	47,064	66,8303	0,006	100,674	

3.10.2. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EL PUNTO 2 (BOQUILLAS PULVERIZADORAS DE AGUA)

3.10.2.1. Método de Hazen-Williams

Los nodos descritos para realizar los cálculos se ilustran en la Figura 49. La parte A de la figura es la isometría de la manera en que se instalaron los anillos de enfriamiento para el tanque de Asfalto No. 3, que es el más lejano. La parte B, muestra la alimentación desde el anillo principal.

La hoja de Cálculos en donde se detallan los valores de las presiones y caudales para cada tramo, se describe en la Tabla 44.

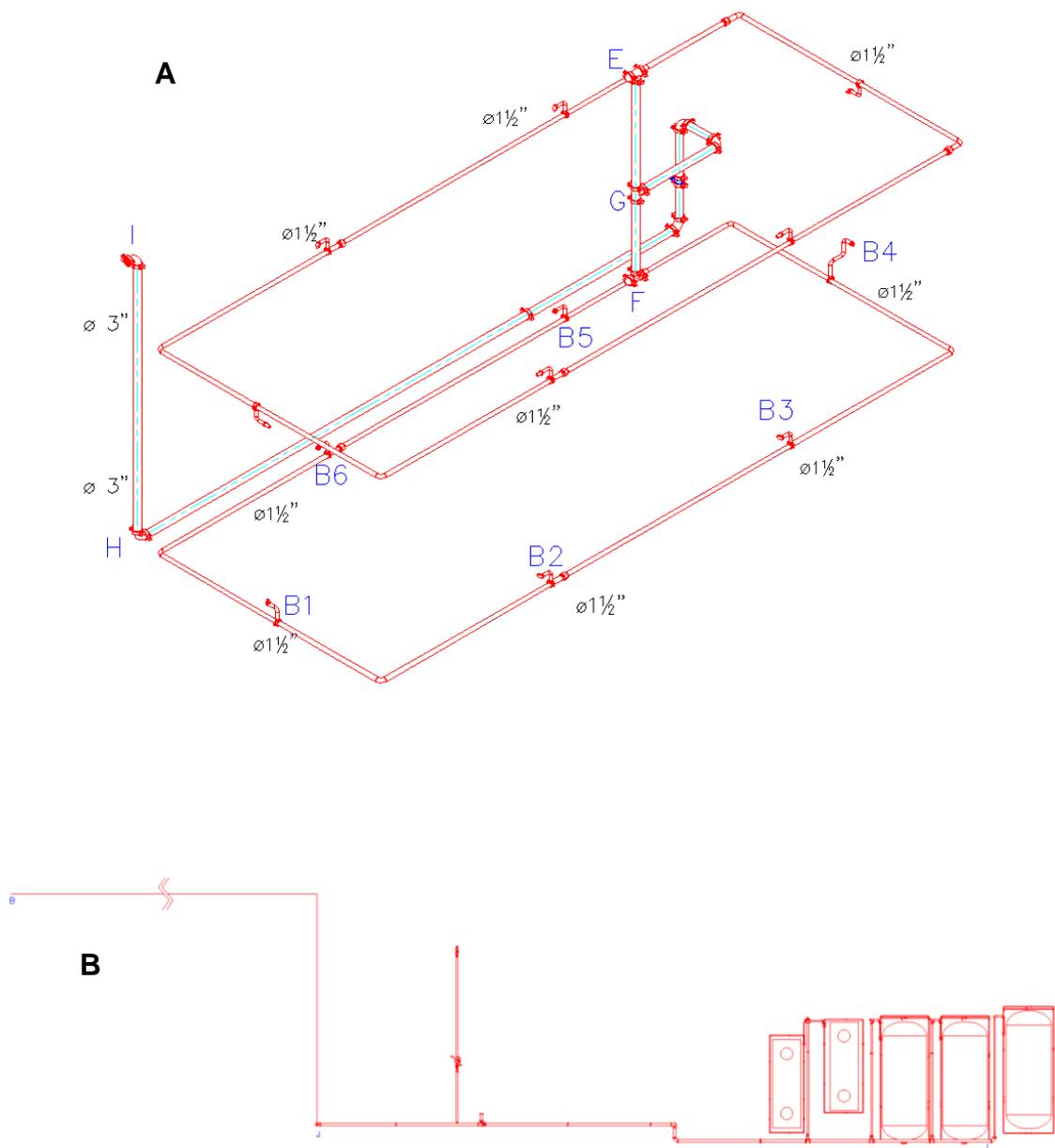


Figura 49. Recorrido desde descarga de bomba hasta anillo de enfriamiento más lejano

Tabla 44

Hoja de Cálculos de Presión y Caudal para el Sistema de Agua Pulverizada

TRAMO DE TUBERIA	FLUJO [GPM]		Diámetro de Tubería [in]		ACCESORIOS	Longitud [ft]		Perdidas por fricción C=120 [psi/ft]	Resumen de Presión [psi]		Presión Normal	NOTAS Kboquilla = 3,2 drociador=0,25 GPM/ft ²		
	Adicionado q	TOTAL Q	NPS	Diámetro real Øi		Lt: Long. Tubería	Lf: Long. equiv. accesorios		Lt	Lf			Pt	Pv
B1	q		NPS	1½"			Lt	0	0,000	Pt	10,00	Pt	10,00	Q=3.2*10 ^ 0,5 Pt= 20 psi
	Q	10,12	Øi	1,61			Lf	0		Pe	0,00	Pv	0,017	
							LT	0		Pf	0,00	Pn	9,98	
B1-B2	q	10,12	NPS	1½"	1 C90° 1T		Lt	14,88	0,005	Pt	10,00	Pt	10,00	
	Q	10,12	Øi	1,61			Lf	12		Pe	0,00	Pv	0,017	
							LT	26,88		Pf	0,12	Pn	9,98	
B2-B3	q	10,18	NPS	1½"	1 T		Lt	11,81	0,017	Pt	10,12	Pt	10,12	Pt=Pe+Pf q=Kboquilla*10,12 ^ 0,5
	Q	20,30	Øi	1,61			Lf	8		Pe	0,00	Pv	0,069	
							LT	19,81		Pf	0,33	Pn	10,05	
B3-B4	q	10,35	NPS	1½"	1 C90° 1T		Lt	13,42	0,036	Pt	10,45	Pt	10,45	Pt=Pe+Pf q=Kboquilla*10,45 ^ 0,5
	Q	30,65	Øi	1,61			Lf	12		Pe	0,00	Pv	0,157	
							LT	25,42		Pf	0,90	Pn	10,30	
B4-B5	q	10,78	NPS	1½"	1 C90° 1T		Lt	13,42	0,062	Pt	11,36	Pt	11,36	Pt=Pe+Pf q=Kboquilla*11,36 ^ 0,5
	Q	41,43	Øi	1,61			Lf	12		Pe	0,00	Pv	0,287	
							LT	25,42		Pf	1,58	Pn	11,07	
B5-B6	q	11,51	NPS	1½"	1 T		Lt	11,81	0,098	Pt	12,94	Pt	12,94	Pt=Pe+Pf q=Kboquilla*12,94 ^ 0,5
	Q	52,94	Øi	1,61			Lf	8		Pe	0,00	Pv	0,468	
							LT	19,81		Pf	1,94	Pn	12,47	
B6-B1	q	12,34	NPS	1½"	1 C90° 1T		Lt	13,42	0,144	Pt	14,87	Pt	14,87	Pt=Pe+Pf q=Kboquilla*14,87 ^ 0,5
	Q	65,28	Øi	1,61			Lf	12		Pe	0,00	Pv	0,712	
							LT	25,42		Pf	3,66	Pn	14,16	
E-F	q	72,88	NPS	3	1 T		Lt	9,84	0,008	Pt	18,54	Pt	18,54	k=65,28/14,87^0,5= 16,93
	Q	72,88	Øi	3,068			Lf	15		Pe	4,26	Pv	0,067	
							LT	24,84		Pf	0,19	Pn	18,47	
ANILLO 2	q	81,16	NPS	1½"	4 C90° 6 T		Lt	77,33	0,216	Pt	22,99	Pt	22,99	k=72,88/18,54^0,5= 16,93
	Q	81,16	Øi	1,61			Lf	64		Pe	0,00	Pv	1,101	
							LT	141,33		Pf	30,47	Pn	21,89	
G-H	q	123,76	NPS	3	1 T 4 C90° 1 VM 1 VD		Lt	43,21	0,020	Pt	53,46	Pt	53,46	k=81,16/22,99^0,5= 16,93
	Q	123,76	Øi	3,068			Lf	69		Pe	1,42	Pv	0,194	
							LT	112,21		Pf	2,29	Pn	53,27	
H-I	q		NPS	6	1 RD 6" X 3" 2 C90°		Lt	43,21	0,001	Pt	57,17	Pt	57,17	k=123,76/53,46^0,5= 16,93
	Q	127,98	Øi	6,065			Lf	28		Pe	2,60	Pv	0,014	
							LT	71,21		Pf	0,55	Pn	57,15	
I-J	q		NPS	6	4 C90° 1 T 1 VM		Lt	85,63	0,001	Pt	60,31	Pt	60,31	k=127,98/57,17^0,5= 16,93
	Q	131,45	Øi	6,065			Lf	96		Pe	3,03	Pv	0,014	
							LT	181,63		Pf	0,64	Pn	60,30	
J-B	q		NPS	6	1 C90° 1 T 2 VM		Lt	380,25	0,001	Pt	63,98	Pt	63,98	k=131,45/60,31^0,5= 16,93
	Q	135,39	Øi	6,065			Lf	64		Pe	1,95	Pv	0,015	
							LT	444,25		Pf	0,88	Pn	63,97	
B-C	q	138,35	NPS	6	1 T 4 C90°		Lt	54,79	0,001	Pt	66,81	Pt	66,81	K' = 135,39/63,98 ^ 0,5 16,93
	Q	138,35	Øi	6,07			Lf	86		Pe	5,53	Pv	0,016	
							LT	140,79		Pf	0,13	Pn	66,79	
C-D	q	144,09	NPS	6	1 T 3 C90° 1 VM 1 VCK		Lt	9,38	0,003	Pt	72,46	Pt	72,46	K= 138,35/66,81 ^ 0,5= 16,93
	Q	282,44	Øi	6,07			Lf	114		Pe	0,00	Pv	0,017	
							LT	123,38		Pf	0,81	Pn	72,45	
		282,44								Pt	73,27	Pt	73,27	
		310,68												FACTOR SEG. 1,1*282,44
														CONSUMO TOTAL: 310,68 [GPM]@73[PSI]

NOMENCLATURA:

T (Tee), C45 (Codo a 45), C90 (Codo a 90), VCK (Válvula Check), VC (Válvula de Compuerta) y VM (Válvula de Mariposa)

3.10.2.2. Método de Darcy – Weisbach

Tabla 45

Parámetros generales para el ingreso de datos en la Ecuación de Colebrook - White

Diámetro interior mm	Diámetro interior m	Caudal l/s	Caudal m ³ /s	Viscosidad Pa·s	Velocidad m/s	Número de Reynolds	Rugosidad m	Rugosidad relativa
154,08	0,154	31,55	0,03155	0,001139	1,69	2,29E+05	4,57E-05	2,97E-04
77,92	0,078	18,93	0,01893	0,001139	3,97	2,71E+05	4,57E-05	5,87E-04
40,09	0,040	5,00	0,00500	0,001139	3,96	1,39E+05	4,57E-05	1,14E-03

Tabla 46

Valor Calculado de f

Colebrook - White					
Diámetro Nominal NPS	f	J Pa/m	Primer término	Segundo término	Error absoluto
6"	0,01743	162	7,573897	7,573897	0,000000
3"	0,01881	1.900	7,291645	7,291646	-0,000001
1 1/2"	0,02205	4.311	6,733936	6,733936	0,000000

Tabla 47

Valor Calculado de Pérdidas en Tuberías que conducen hacia los Anillos de Enfriamiento

NPS [in]	f	Longitud Tubería [m]	Diámetro Interno [m]	Velocidad [m/s]	hf [mH ₂ O]	hf [psi]
6	0,01743	174,73	0,154	1,69	2,89	4,10
3	0,01881	12	0,102	3,97	1,78	2,53
1½	0,02205	31,8	0,053	3,96	10,59	15,04
Total Hf					15,26	21,67

Tabla 48

Pérdidas en Accesorios Sistema de Enfriamiento

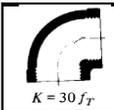
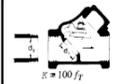
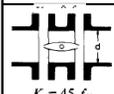
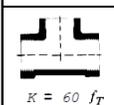
ACCESORIO	6"					3"					1 1/2"						
	CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]	CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]	CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]		
 CODO X 90° $K = 30 f_T$	14	0,45	1,69	0,92	1,30	4	0,54	3,97	1,74	2,47	8	0,63	3,96	4,03	5,73		
 VÁLVULA CHECK $K = 100 f_T$	1	1,5	1,69	0,22	0,31	1	1,8	3,97	1,45	2,06							
 VÁLVULA DE MARIPOSA $K = 45 f_T$	4	0,68	1,69	0,39	0,56	1	0,81	3,97	0,65	0,92							
 TEE $K = 60 f_T$	3	0,9	1,69	0,39	0,56	2	1,08	3,97	1,74	2,47	13	1,26	3,96	13,11	18,61		
TOTAL $hf_{acc6"}$					2,73	$hf_{acc3"}$					7,91	$hf_{acc1,5"}$					24,34
TOTAL PÉRDIDAS EN ACCESORIOS: 34,98 psi																	

Tabla 49

Total de Pérdidas por Fricción en Sistema de Enfriamiento de Tanques

Tota Pérdidas en Tuberías H_f , [psi]	21,67
Tota Pérdidas en Accesorios H_f , [psi]	34,98
Tota Pérdidas en Anillos de Enfriamiento, [psi]	56,65

3.10.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EL PUNTO 3 (HIDRANTE MÁS LEJANO)**3.10.3.1. Método de Hazen-Williams**

De la misma manera que en los casos anteriores se divide en nodos los puntos en donde existen cambios de dirección, diámetro, etc.

El recorrido comprende desde el hidrante ubicado junto al monitor, subiendo por el rack de tuberías hasta llegar al anillo principal y finalmente a la casa de bombas. La Figura 50 detalla el recorrido para determinar las pérdidas en el punto donde se enfoca el análisis.

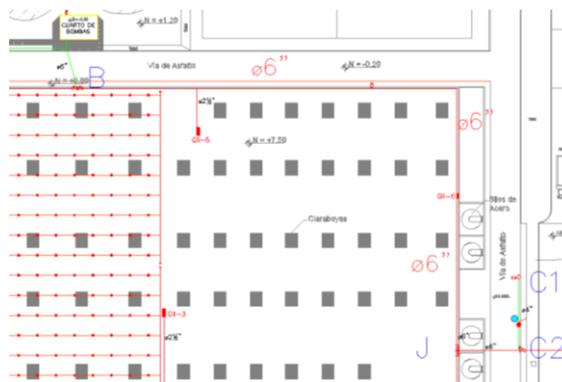


Figura 50. Recorrido desde descarga casa de bombas hacia hidrante más distanciado

Según la NFPA 24, la presión residual en el hidrante más alejado debe ser al menos de 100 psi, los cálculos se detallan en la hoja de trabajo que a continuación se especifica en la Tabla 50.

Tabla 50

Hoja de Cálculos de Presión y Caudal por tramos de tubería para el Hidrante más lejano

TRAMO DE TUBERIA	FLUJO [GPM] Adicionado q	TOTAL Q	Diámetro de Tubería [in] NPS		ACCESORIOS	Longitud [ft]		Perdidas por fricción C=120 [psi/ft]	Resumen de Presión [psi]		Presión Normal	NOTAS	
			Diámetro real Øi	Diámetro real Øo		Lt:Long. Tubería	Lf:Long. equiv. accesorios		Pt	Pv			
C1	q		NPS	4"		Lt	0	0,000	Pt	100,00	Pt	100,00	Pt= 100 psi
	Q	400,00	Øi	4,03		Lf	0		Pe	0,00	Pv	0,681	
						LT	0		Pf	0,00	Pn	99,32	
C1-C2	q		NPS	4"	3 C90° 2T	Lt	48,39	0,000	Pt	100,00	Pt	100,00	k'=400/100^0,5= 40
	Q	0,00	Øi	4,03		Lf	60		Pe	0,00	Pv	0,000	
						LT	108,39		Pf	0,00	Pn	100,00	
C2-J	q		NPS	6"	2 T C90°	Lt	40,36	0,000	Pt	100,00	Pt	100,00	k'=400/100^0,5= 40
	Q	0,00	Øi	6,065		Lf	52		Pe	0,00	Pv	0,000	
						LT	92,36		Pf	0,00	Pn	100,00	
J-B	q		NPS	6"	1 C90° 1 T 2 VM	Lt	360,25	0,000	Pt	100,00	Pt	100,00	k'=410,12/105,12^0,5= 40
	Q	0,00	Øi	6,065		Lf	54		Pe	0,00	Pv	0,000	
						LT	414,25		Pf	0,49	Pn	100,00	
B-C	q		NPS	6"	1 T 4 C90°	Lt	54,79	0,000	Pt	100,49	Pt	100,49	k'=411,34/105,75^0,5= 40
	Q	0,00	Øi	6,07		Lf	56		Pe	0,00	Pv	0,000	
						LT	110,79		Pf	0,00	Pn	100,49	
C-D	q		NPS	6"	1 T 3 C90° 1 VM 1 VCK	Lt	9,38	0,000	Pt	100,49	Pt	100,49	K'=417,72/109,06 ^0,5= 40
	Q	0,00	Øi	6,07		Lf	100		Pe	0,00	Pv	0,000	
						LT	109,38		Pf	0,39	Pn	100,49	
		0,00							Pt	100,88	Pt	100,88	
CONSUMO TOTAL:													
419,2[GPM]@111[PSI]													

NOMENCLATURA:

T (Tee), C45 (Codo a 45), C90 (Codo a 90), VCK (Válvula Check), VC (Válvula de Compuerta) y VM (Válvula de Mariposa)

3.10.3.2. Método de Darcy – Weisbach

Tabla 51

Parámetros generales para el ingreso de datos en la Ecuación de Colebrook - White

Parámetros generales								
Diámetro interior mm	Diámetro interior m	Caudal l/s	Caudal m3/s	Viscosidad Pa-s	Velocidad m/s	Número de Reynolds	Rugosidad m	Rugosidad relativa
154,08	0,154	47,32	0,04732	0,001139	2,54	3,43E+05	4,57E-05	2,97E-04
102,26	0,102	25,24	0,02524	0,001139	3,07	2,76E+05	4,06E-05	3,97E-04

Tabla 52

Valor Calculado de f

Colebrook - White					
Diámetro Nominal NPS	f	J Pa/m	Primer término	Segundo término	Error absoluto
6"	0,01674	350	7,728111	7,728111	-0,000001
4"	0,01773	818	7,509972	7,509973	-0,000001

Tabla 53

Valor Calculado de Pérdidas en Tuberías Hidrante más lejano

NPS [in]	f	Longitud Tubería [m]	Diámetro Interno [m]	Velocidad [m/s]	hf [mH ₂ O]	hf [psi]
6	0,01674	130,2	0,154	2,54	4,65	6,61
4	0,01773	6	0,102	1,92	0,20	0,28
Total Hf					4,85	6,88

Tabla 54

Pérdidas en Accesorios hacia Hidrante más lejano

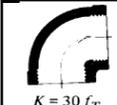
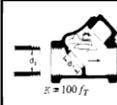
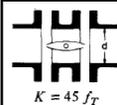
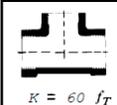
	ACCESORIO	6"					4"				
		CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]	CANT.	K	v [m/s]	h_{acc} [mH ₂ O]	h_{acc} [psi]
	CODO X 90°	9	0,45	2,54	1,33	1,89	3	0,51	3,07	0,74	1,04
	VÁLVULA CHECK	1	1,5	2,54	0,49	0,70					
	VÁLVULA DE MARIPOSA	3	0,68	2,54	0,67	0,94					
	TEE	5	0,9	2,54	1,48	2,10	2	1,02	3,07	0,98	1,39
					TOTAL $h_{f,acc6"}$				$h_{f,acc4"}$		2,44
TOTAL PÉRDIDAS EN ACCESORIOS: 8,07 psi											

Tabla 55

Total de Pérdidas por Fricción en línea hacia Hidrante más lejano

Tota Pérdidas en Tuberías H_f , [psi]	6,88
Tota Pérdidas en Accesorios H_f , [psi]	8,07
Total Pérdidas en Hidrante más lejano [psi]	14,95

3.11. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO SEGÚN NFPA 20

Los cálculos realizados en la sección 3.10 son útiles para dimensionar las bombas que impulsarán el agua desde el reservorio hasta el punto donde se genera un incendio. Las Tablas 56 y 57 resumen los cálculos realizados para cada uno de los puntos de mayor demanda de agua mediante los métodos de Hazen – Williams y Darcy - Weisbach.

Tabla 56

Resumen Caudales y Cargas de Presión para puntos específicos de la Red Contra Incendios calculados mediante el Método Hazen - Williams

SISTEMA	EQUIPO	AREA DE PROTECCIÓN	CAUDAL [GPM]	TDH [PSI]	REFERENCIA
1	MALLAS DE ROCIADORES	BODEGAS MAT. PRIMA/ PROD. TERMINADO	687,27	67,27	NFPA 13
2	BOQUILLAS PULVERIZADORAS	TANQUES ASFALTO / DIESEL	310,68	73,27	NFPA 15
3	HIDRANTES	NAVE INDUSTRIAL (Exteriores)	419,2	110,99	NFPA 24

Tabla 57

Resumen de Carga Total Dinámica calculada para los puntos específicos de la Red Contra Incendios calculados mediante el Método Darcy-Weisbach

SISTEMA	EQUIPO	AREA DE PROTECCIÓN	Hf [PSI]	Carga Estática [PSI]	Presión Residual [PSI]	TDH [PSI]	Caudal [GPM]
1	MALLA DE ROCIADORES	BODEGAS MAT. PRIMA / PROD. TERMINADO	43,48	8,52	20	72	449,31
2	BOQUILLAS PULVERIZADORAS	TANQUES ASFALTO / DIESEL	56,65	2,13	10	68,78	300
3	HIDRANTES	NAVE INDUSTRIAL (Exteriores)	14,95	2,15	100	117,1	410

De ésta información se obtiene que el mayor consumo de agua se realiza en el Sistema de Rociadores que protegen la bodega de insumos necesarios para la producción y producto terminado.

Por otra parte los Hidrantes son los que determinan la Altura Dinámica Total (TDH) de la Bomba. Por lo tanto para el Sistema Contra Incendios se requiere bombear 680 gpm a una presión de operación 117 psi.

La NFPA 20 “NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS ESTACIONARIAS PARA PROTECCIÓN DE INCENDIOS” establece que la bomba contra incendios principal deberá suministrar una presión residual no menor al 65% de la presión residual nominal con un caudal equivalente al 150% del caudal nominal. En la posición de válvula cerrada, la presión no debe ser mayor del 140% de la presión nominal.

Las bombas centrífugas contra incendio deben tener una de las capacidades nominales gpm identificadas en la Tabla 58.

Tabla 58

Capacidades de bombas centrífugas contra incendio

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

Fuente: (NFPA 20, 2007, pág. 13)

De los cálculos realizados se obtuvo que el mayor consumo de agua lo realizan los rociadores con un gasto de 680 gpm. Según la Tabla 58, se selecciona una bomba con una capacidad nominal de 750 gpm a una presión de operación de 130 psi.

3.11.1. VOLUMEN REQUERIDO PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Ya seleccionado el caudal nominal para el sistema contra incendios, se calcula la capacidad de la reserva de agua requerida para abastecer por al menos una hora la red contra incendios, según la Tabla 15 referida en la NFPA 13.

$$Q_{Nominal} = 750 \text{ gpm} = 170,3 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{Cisterna} = Q_{Nominal} * t \quad (36)$$

Donde:

- $Q_{Nominal}$: Caudal nominal de la Bomba
- t : Tiempo de autonomía del Sistema de Bombeo

$$V_{Cisterna} = 170,3 \text{ m}^3/h * 1h$$

$$V_{Cisterna} = 170,3 \text{ m}^3$$

La nueva planta de Imptek-Chova del Ecuador dispone de un reservorio de 270 m³ de agua, proveniente de una acequia, por lo que si cumple con los requerimientos de la NFPA 13.

3.11.2. SELECCIÓN DE BOMBAS

3.11.2.1. Diámetros de la Succión y Descarga

La selección de los diámetros de la succión y descarga, se realiza en base a la Tabla 59, la cual pertenece a la NFPA 20 y recomienda los diámetros mínimos de la succión, descarga, línea de alivio de presión y pruebas.

Tabla 59

Resumen de información de bombas contra incendios normadas UL/FM

Clasificación de bomba (gpm)	Tamaños mínimos de tuberías (nominal)						
	Succión*† (pulg.)	Descarga* (pulg.)	Válvula de alivio (pulg.)	Descarga de válvula de alivio (pulg.)	Dispositivo de medición (pulg.)	Cantidad y tamaño de válvulas de manguera (pulg.)	Suministro de cabezal de manguera (pulg.)
25	1	1	¾	1	1¼	1 — 1½	1
50	1½	1¼	1¼	1½	2	1 — 1½	1½
100	2	2	1½	2	2½	1 — 2½	2½
150	2½	2½	2	2½	3	1 — 2½	2½
200	3	3	2	2½	3	1 — 2½	2½
250	3½	3	2	2½	3½	1 — 2½	3
300	4	4	2½	3½	3½	1 — 2½	3
400	4	4	3	5	4	2 — 2½	4
450	5	5	3	5	4	2 — 2½	4
500	5	5	3	5	5	2 — 2½	4
750	6	6	4	6	5	3 — 2½	6
1,000	8	6	4	8	6	4 — 2½	6
1,250	8	8	6	8	6	6 — 2½	8
1,500	8	8	6	8	8	6 — 2½	8
2,000	10	10	6	10	8	6 — 2½	8
2,500	10	10	6	10	8	8 — 2½	10
3,000	12	12	8	12	8	12 — 2½	10
3,500	12	12	8	12	10	12 — 2½	12
4,000	14	12	8	14	10	16 — 2½	12
4,500	16	14	8	14	10	16 — 2½	12
5,000	16	14	8	14	10	20 — 2½	12

Fuente: (NFPA 20, 2007, pág. 20)

De ésta tabla se determina que los diámetros mínimos para la succión y descarga deben ser de 6”.

Para la selección del fabricante de la bomba contra incendio se realiza una matriz de selección, para calificar según varios aspectos técnicos la marca del equipo de Bombeo. Los parámetros a analizar son: el tipo y calidad del material del impulsor de la bomba; disponibilidad de repuestos en el mercado local;

asistencia técnica; complejidad de mantenimiento; tiempo de entrega desde su salida de fábrica y la confiabilidad de la marca. La Tabla 60 muestra el cálculo del Factor de Ponderación para asignar a cada uno de los criterios a evaluar.

Tabla 60

Comparación de Criterios a Evaluar

CRITERIOS A COMPARAR	MI	CE	TE	DR	AT	CF	Sumatoria	Factor de Ponderación
Material de Impulsor (MI)		1	5	5	1	5	17	0,17
Costo de Equipo (CE)	1		10	1	10	1	23	0,23
Tiempo de Entrega (TE)	0,2	0,1		0,2	0,1	0,1	0,7	0,01
Disponibilidad de Repuestos (DR)	0,2	1	5		1	5	12,2	0,12
Asistencia Técnica (AT)	1	1	10	1		1	14	0,14
Mantenimiento (M)	10	1	5	1	1	1	19	0,19
Confiabilidad (CF)	0,2	1	10	0,2	1		12,4	0,13
Valores: 10 = Mucho más importante; 5 = Más importante; 1 = Igual; 1/5 = Menos importante; 1/10 = Mucho menos importante							98,3	

Después de asignar a cada criterio de evaluación el Factor de Ponderación, se procede a calificar mediante las valoraciones de: Muy Bueno (5), Bueno (4), Regular (3), Malo (2) y Pésimo (1) cada uno de ellos, en el que se basará la selección de la Bomba Diésel. La Tabla 61 ilustra los resultados obtenidos.

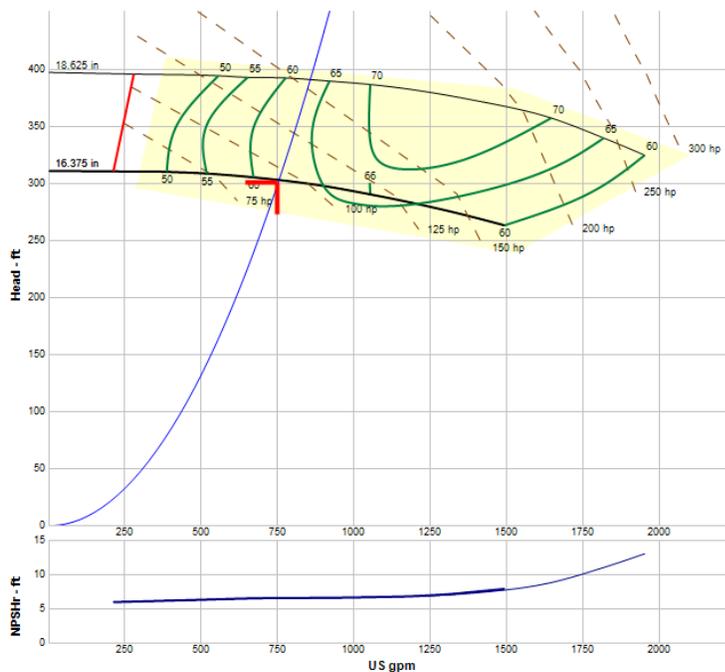
Tabla 61 Matriz de decisión fabricante de Bomba Diésel

Matriz de decisión fabricante de Bomba Diésel

ITEM	CRITERIO A EVALUAR	FACTOR DE PONDERACIÓN	ARMSTRONG		AMERICAN MARSH		PATTERSON	
			CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN	CALIF.	VALORACIÓN
1	Material de Impulsor (MI)	0,17	4	0,67	5	0,84	4	0,67
2	Costo de Equipo (CE)	0,23	3	0,70	5	1,17	4	0,93
3	Tiempo de Entrega (TE)	0,01	3	0,03	3	0,03	4	0,04
4	Disponibilidad de Respuestos (DR)	0,13	3	0,39	3	0,39	3	0,39
5	Asistencia Técnica (AT)	0,15	3	0,44	4	0,58	3	0,44
6	Mantenimiento (M)	0,19	3	0,56	4	0,74	4	0,74
7	Confiabilidad (CF)	0,13	4	0,52	4	0,52	4	0,52
			3,30		4,26		3,73	

Según el análisis anterior, se elige al fabricante AMERICAN MARSH PUMPS al obtener el valor más alto dentro de la matriz. El factor económico es el que predomina para su selección. Además esta marca tiene representación en nuestro país, por lo que la disponibilidad de repuestos y asesoría técnica se encuentra garantizada en caso de requerirlo.

La Figura 51 muestra la curva característica de una bomba de 750 gpm@130 psi, en donde constan varios parámetros técnicos para la selección del equipo de bombeo.



Flow	Head	Eff	BEP	NPSHr	Power
750 US gpm	302 ft	61.8 %	66 %	6.59 ft	92.2 hp

Figura 51 Curva Característica de Bomba Contra Incendios American Marsh Pump

Fuente: (PUMPFLO, 2014)

3.11.2.2. Cálculo de NPSH

El cabezal de succión positiva neto – NPSH, es el cabezal de presión que causa que el líquido fluya a través de la tubería y accesorios de succión, dentro del ojo del imple de una bomba. La bomba en sí misma no tiene habilidad para levantar y la presión de succión depende de la naturaleza del suministro.

Si el nivel de agua está por encima de la bomba, como de una tubería matriz o tanque sobre el nivel del suelo, el cabezal de succión es presión atmosférica más presión estática.

Las lecturas de presión en la brida de entrada de una bomba operando bajo levantamiento son negativas con respecto al manómetro, pero positivas cuando se refieren a presión absoluta de aquí la expresión cabezal de succión positivo neto. Presión absoluta es la presión manométrica más la presión barométrica.

Hay dos clases de NPSH a considerar:

- NPSH requerido es una función del diseño de ésta y varía con la capacidad y velocidad de cualquier bomba y con los diseños de bombas diferentes. Es el valor mínimo NPSH en capacidad nominal requerida para prevenir fallas de trabajo debido a cavitación.
- NPSH disponible es una función del sistema en el cual la bomba opera y puede ser calculada fácilmente. Las curvas de la NPSH versus galones por minuto usualmente pueden ser obtenidas de los fabricantes de la bomba.

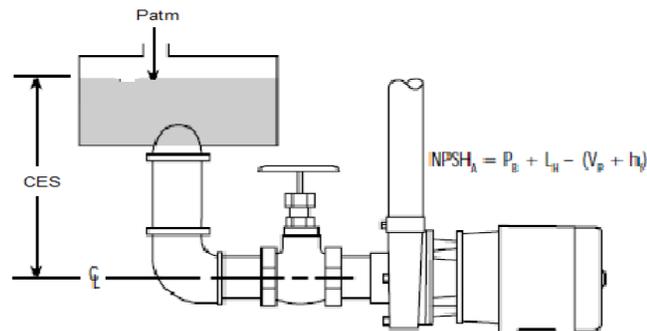


Figura 52. Esquema de cálculo del NPSH_d

$$NPSH_d = P_{atm} + CES - (P_v + h_{fs}) \quad (37)$$

Donde:

- P_{atm} = Presión atmosférica (UIO= 11 psi)
- P_v = Presión de vapor = 0,7 psi
- CES = Columna estática de elevación = 1.35 mH₂O = 1,92 psi
- h_{fs} = Pérdidas por fricción en la succión.

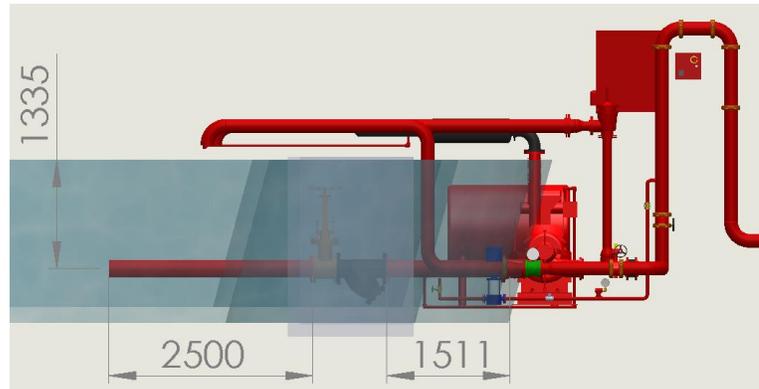


Figura 53. Detalle de la Succión de la Bomba con respecto al Reservorio

En el cálculo de pérdidas en la succión, se considera la longitud de la tubería de 8" y los accesorios que intervienen en la línea. La Tabla 62 detalla el cálculo de la longitud equivalente en la succión, según los valores normados por la NFPA 24.

Tabla 62

Resumen de longitudes equivalentes en accesorios de la succión

ACCESORIOS / TUBERÍA SUCCIÓN	Pies de tubería [ft]
Válvula de Compuerta 8"	4
Filtro Strainer equivalente Válvula Check 8"	45
Longitud de Tubería	13,16
Longitud de Total de Tubería	62,16

Se utiliza la fórmula de Hazen-Williams, para determinar las pérdidas por pie de tubería en la succión de 8".

$$p = \frac{4,52 * (750)^{1,85}}{(120)^{1,85} * (7,99)^{4,87}}$$

$$p = 0,0054 \frac{psi}{ft}$$

$$h_f = p * L_t \quad (38)$$

$$h_f = 0,0054 \text{ psi/ft} * 62,16 \text{ ft}$$

$$h_f = 0,34 \text{ psi}$$

$$NPSH_d = 11 + 1,92 - (0,7 + 0,34) \text{ psi}$$

$$NPSH_d = 11,88 \text{ psi}$$

Para evitar que la cavitación en la bomba, debe cumplirse que $NPSH_d > NPSH_r$. Del valor de $NPSH_d$ obtenido, igual a 11,88 psi, se compara con el valor de $NPSH_r$ mostrado en la Figura 51 igual a 2,86 psi; por lo tanto se cumple ésta condición para evitar la cavitación de la bomba.

3.11.2.3. Selección de Equipos

La Ordenanza Municipal 470 de Prevención de Incendios, indica que todo sistema hidráulico contra incendios contendrá los siguientes equipos:

- Bomba Jockey
- Bomba de Incendios Principal
- Motor impulsor de la bomba
- Controlador del motor y bomba jockey

Las características Técnicas de los Equipos Instalados se muestran desde las Tabla 63 a la 66. Las hojas técnicas de las bombas y demás equipos instalados, constan en el Anexo No.1

Tabla 63

Características Técnicas de la Bomba Jockey

MARCA	American Marsh Pumps	
MODELO	VM1-13	
TIPO	Vertical en Línea Multietapas	
MOTOR	Eléctrico, 220 V, 3 PH, 60 Hz	
POTENCIA	1,5 HP	
SUCCIÓN	1¼" Bridada	
DESCARGA	1¼" Bridada	
VELOCIDAD	3600 RPM	

Tabla 64

Características Técnicas de la Bomba impulsada por motor diésel

BOMBA	
MARCA	American Marsh Pumps
SERIE	500
MODELO	8" x 5" -18 HD
TIPO	Carcasa Partida
CAUDAL	750 GPM
TDH	130 psi
SUCCIÓN	BRIDADA 8"
DESCARGA	BRIDADA 5"
APROBACIÓN	UL/FM
MOTOR	
MARCA	CLARKE
TIPO	Diésel
MODELO	JU6H-UF-ABL8
POTENCIA	173 BHP
APROBACIÓN	UL/FM
VELOCIDAD	1760 RPM
CAP. TANQUE DIESEL	300 Gal.


Tabla 65

Características Técnicas del Controlador de la Bomba Diésel

MARCA	TORNATECH
MODELO	GPD-12-120-D18
VOLTAJE DE ENTRADA	110 - 120 V
CARGA MAX.	300 PSI
V DC	12
FASES / Hz	1 / 50-60
MAX. PRESIÓN	300 PSI
NEMA	2


Tabla 66

Características Técnicas del Controlador de la Bomba Diésel

MARCA	TORNATECH
MODELO	JP3-230/1.5/3/60
VOLTAJE DE ENTRADA	230
POTENCIA	1,5 HP
No. de Fases	3
Hz	60
NEMA	2



CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN E INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE LA RED DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS SEGÚN NORMAS NFPA

4.1. CONSTRUCCIÓN DE LA CASA DE BOMBAS SEGÚN NFPA 20

La bomba adquirida por Imptek-Chova del Ecuador es de tipo carcasa partida impulsada por un motor diésel de 173 HP. La brida de succión es de diámetro 8" y la descarga es en 5". Los materiales utilizados para las líneas de succión y descarga son:

- Tubería: Acero Negro ASTM A53 Gr. B SCH 40
- Accesorios: Acero Negro P/S SCH 40

Todas las uniones entre accesorios y tuberías se realizaron mediante soldadura, para brindar mayor rigidez a las juntas ante las cargas por golpes de ariete.

El espacio físico que se considera para la instalación de los demás equipos, debe ser de tal manera que se permita el tránsito de un operador dentro del Cuarto de Bombas. El cuarto de bombas implementado provee el espacio necesario para el ingreso de los equipos y debe garantizar la integridad de los mismos.

La puerta de acceso al cuarto de bombas cuenta con el ancho no menor a 1.50 m para para ingresar los equipos por este acceso.

El cuarto de bombas tiene un sistema de ventilación natural o forzada, de manera que permita generar un flujo de aire no menor a 20 m³/min, a fin de asegurar el buen funcionamiento del motor de la bomba y garantizar que la

temperatura máxima del cuarto de bombas no exceda los 50 °C, siendo lo recomendable que se encuentre a temperatura ambiente 22°C.

El desagüe del cuarto de bombas es por gravedad, se construyó con una canaleta con rejilla para evacuar 80 gpm hacia la red desagüe de la planta y así evitar una posible inundación. El piso tiene una pendiente de 5% hacia la canaleta de desagüe con el fin de evacuar cualquier derrame de agua.

Todos los ductos por los que corren los cables eléctricos están empotrados contra el piso y protegidos contra el fuego y del ingreso de agua. Las conexiones eléctricas de los equipos se hicieron con accesorios conduit metálicos, flexibles y herméticos y conectados a una toma a tierra.

El detalle de la instalación de la Casa de Bombas se especifica en el Plano No. 7 en la sección PLANOS.

4.1.1. TUBERÍA DE SUCCIÓN

La tubería de succión se instaló de tal manera que se eviten pérdidas y acumulación de bolsas de aire, para que no afecten en el funcionamiento de la bomba.

La línea de succión está conformada por una Válvula de Compuerta de 8" tipo OS&Y con aprobación UL/FM.

El reservorio que dispone la planta es abierto, en el interior crecen algas, se acumulan basuras, desechos, etc. por lo que fue necesario la instalación de un filtro tipo "Y" en la succión que permita retener todos estos desperdicios y así proteger el imple de la bomba.

4.1.2. TUBERÍA DE DESCARGA Y ACCESORIOS

La línea de descarga se amplía de 5" a 6" mediante una reducción concéntrica colocada en sentido inverso. Desde ésta reducción toda la descarga se instaló en 6" según indica la Tabla 59. La primera válvula instalada es una "Check" o "Anti retorno" la cual protege a la bomba de golpes de ariete generados

4.1.4. SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL

El depósito de almacenamiento de combustible diésel, se ubica dentro del cuarto de bombas para que la alimentación sea por medio de gravedad. La conexión del suministro de combustible del motor, debe estar ubicado sobre el tanque de modo que un 5 por ciento del volumen del tanque otorgue un volumen de sumidero no utilizable por el motor.

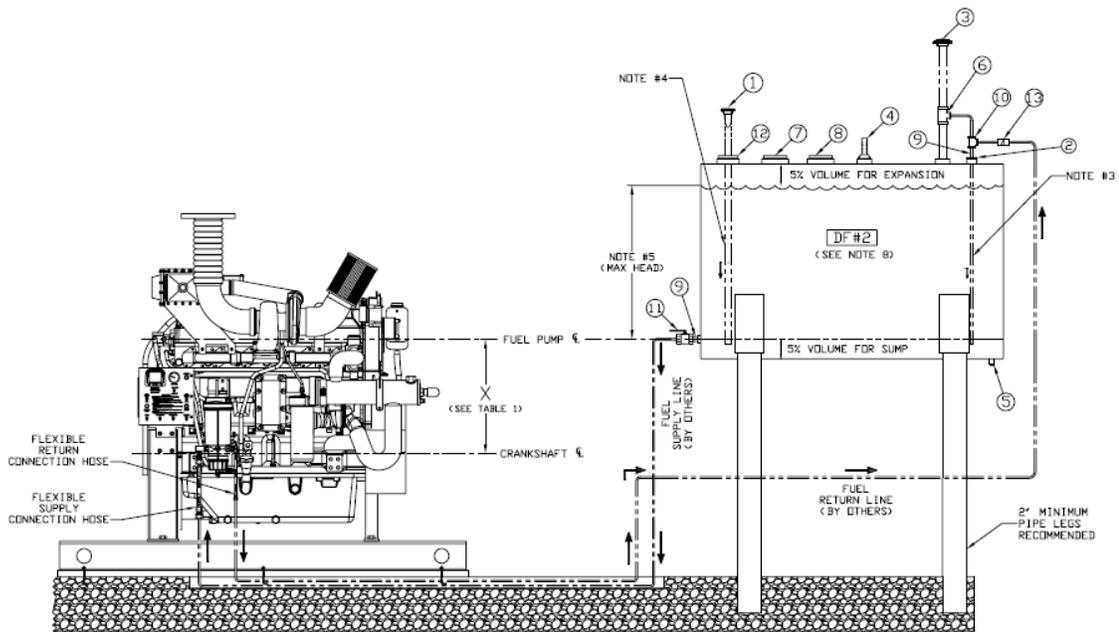


Figura 55. Detalle instalación de líneas de alimentación motor diésel

Fuente: (CLARKE, 2014)

4.1.5. SISTEMA DE ESCAPE DEL MOTOR

El escape del motor se direcciona a un punto seguro fuera del cuarto de bombas para que los gases calientes, chispas o productos generados por la combustión descarguen a una ubicación segura.

Se instala con una conexión flexible de acero inoxidable entre la salida de escape del motor y el tubo de escape.

4.1.6. INSTALACIÓN TABLEROS CONTROLADORES

Los tableros controladores se instalaron lo más cerca posible a los motores que impulsan a las bombas, los mismos que están protegidos para que no se dañen con el agua descargada de las bombas o de las conexiones de las tuberías.

Cada tablero tiene su conexión a tierra y el cableado está protegido contra daños mecánicos y contra el agua.



Figura 56. Instalación de los tableros dentro del cuarto de bombas

4.2. RED HÍDRICA

La alimentación hacia todo el equipamiento contra incendio de la planta, se realiza con tubería negra ASTM A53 Gr. B, diámetro nominal 6" cédula 40. La instalación de toda la red comprende el montaje de tubería vista y enterrada.

4.2.1. TUBERÍA VISTA

La tubería aérea bordea internamente el perímetro de la nave industrial y se dirige hacia la zona de emulsiones asfálticas para alimentar a los anillos de enfriamiento de los tanques. Además esta tubería sirve para alimentar a las dos mallas de rociadores, gabinetes e hidrantes colocados al exterior de la nave.

Se utilizaron juntas ranuradas para unir tubos, accesorios. El sistema de tubería ranurada es uno de los más avanzados, versátiles, económicos y confiables hoy en día. Al final de la tubería ranurada una junta es extendida sobre

la misma. Los segmentos de unión se colocan encima de la junta y los tornillos pasadores y tuercas son apretados obteniendo como resultado una unión segura y sin fugas. La hoja de procesos adjunta en el Anexo No. 2 contiene información detallada sobre el ranurado y montaje de tubería.

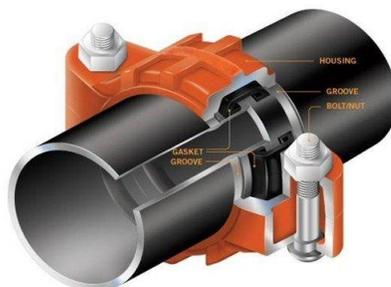


Figura 57. Sección de una unión ranurada instalada entre dos tuberías

Fuente: (VICTAULIC COMPANY, 2014)

Para sistemas de protección de incendios el color rojo sirve para identificar a las tuberías que conducen el agua para un posible siniestro. Los tubos fueron pintados con una base de anticorrosivo rojo y posteriormente se aplicó esmalte rojo chino.

4.2.2. TUBERÍA ENTERRADA

Desde la descarga del cuarto de bombas hacia la zona de parqueaderos la tubería es soterrada. Las uniones entre tubos y accesorios se realizaron mediante soldadura. Las juntas que se construyeron entre tubería y accesorios son de penetración total, cuya garganta no debe ser menor que el espesor de la tubería, o espesor del accesorio para soldar o 4,8 mm (3/16"). (NFPA 24, 2007, pág. 18).

El Procedimiento de Soldadura WPS se adjunta en el Anexo 2.

Las bridas deslizables soldadas a la tubería se realizaron de tipo filete, las mismas que se realizaron en el lado del cubo de la brida y el espesor mínimo de la garganta no debe ser menor que 1,25 veces el espesor de pared del tubo o del espesor del cubo.

La profundidad del soterramiento depende del terrero en donde se va a ejecutar, pero este valor oscila entre los 0,9 y 1,5 metros.

Para evitar el desgaste por corrosión ocasionado por la humedad del terrero, se recubrió la tubería con un anticorrosivo adhesivo llamado POLYKEN, con la finalidad de disminuir, atenuar, corregir y evitar los efectos de la corrosión y el desgaste natural del acero. El POLYKEN se aplica directamente a la pared externa de la tubería. La Figura 58 muestra a un mecánico aplicando la segunda capa de POLYKEN a la tubería de succión de la bomba.



Figura 58. Recubrimiento anticorrosivo POLYKEN para tubería enterrada

4.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS ROCIADORES

La Bodega de Producto Terminado y Materia Prima, zona 1, es el sector de la planta que se protegió con rociadores automáticos. El área de dicha zona es de 1987,45 m². La superficie máxima para protección con rociadores permitido por NFPA 13 para Riesgo Ordinario es de 4831 m² (52000 ft²), por lo que se cumple con esta sección de la norma.

La Tabla 67 tomada de la NFPA 13, en su Sección 8 correspondiente a la Instalación de Rociadores indica que la distancia máxima de separación entre rociadores es de 4,6 m para Riesgo Ordinario.

Tabla 67

Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo para Rociadores tipo Estándar Montante / Colgante

Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	Área de Protección		Espaciamiento (máximo)	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12,1	15	4,6

Fuente: (NFPA 13, 2007, pág. 6)

Para la distribución de los rociadores dentro de la bodega se consideró una distancia de 1,5 m, medida desde el último rociador de cada línea hasta la pared. El espaciamiento entre rociadores es de 3,05 m y entre ramales 3,3 m. En cada ramal se instalaron 10 rociadores. Por lo tanto, se construyó según la distribución mostrada en la Figura 59 en donde las medidas están en milímetros.

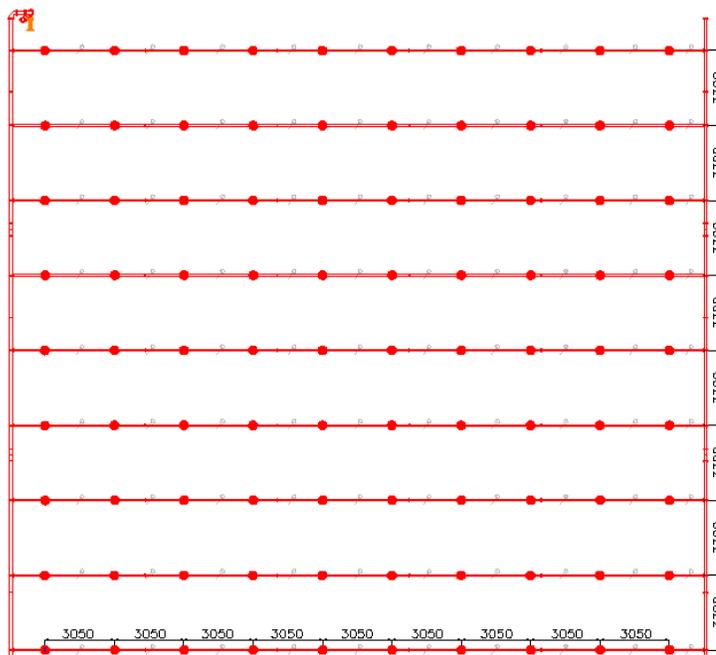


Figura 59. Distribución de Rociadores en la Bodega de Producto Terminado y Materia Prima

El sistema para la distribución de los rociadores se lo hizo en forma de parrilla, con dos colectores o distribuidores principales los cuales son conectados los ramales de la red.

Se construyeron dos mallas de rociadores, la primera pertenece a la Materia Prima almacenada, en ella se instalaron 90 rociadores. La segunda malla protege al Producto Terminado con una cantidad de 100 rociadores.

El área de cobertura de un rociador se lo determina mediante la expresión:

$$A_R = S * L \quad (39)$$

Donde:

- A_R : Área de cobertura del rociador
- S: Distancia entre rociadores
- L: Distancia entre ramales

$$A_R = 3,05 \text{ m} * 3,3 \text{ m}$$

$$A_R = 10,07 \text{ m}^2$$

4.4. DISTRIBUCIÓN DE LAS BOQUILLAS PULVERIZADORAS

La distancia vertical entre boquillas no debe exceder los 3,7 m cuando la descarga se contempla para superficies verticales o inclinadas, mediados desde la superficie del revestimiento.

La distancia horizontal entre boquillas debe ser tal que los patrones de descarga se traslapen o se toquen sobre la superficie protegida.

Para el posicionamiento de las boquillas se debe considerar que no deben estar espaciadas vertical u horizontalmente a más de 4,6 m según el ángulo de 140° seleccionado.

La Tabla 68 y la Figura 60 muestran las distancias axiales entre boquillas según el ángulo de pulverización seleccionado para tanques horizontales.

Tabla 68**Espaciamiento de Anillos de Boquillas en Tanques Horizontales**

Angulo de Boq.	Distancia máxima al cordón de soldadura del Fondo		Distancia máxima entre Boquillas	
	Ft.	M	Ft.	M
30	1	,3	2	,6
60	2	,6	4	1,2
90	3.5	1,1	7	2,1
120	6	1,8	12	3,7
140	7.5	2,3	15	4,6

Fuente: Sistemas de Agua Pulverizada VIKING

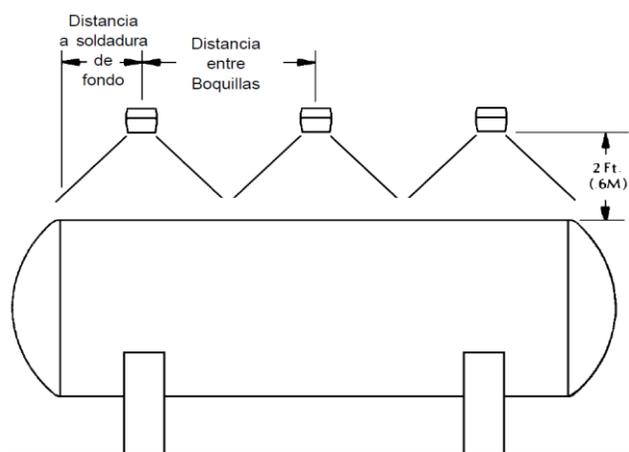


Figura 60. Esquema de instalación de boquillas pulverizadoras en recipientes horizontales

Fuente: (NFPA 15, 2001, pág. 46)

Otro punto importante a considerar son los obstáculos que puedan afectar a la distribución del agua, como escaleras, bocas de hombre, conexiones de tuberías y similares. Además se tiene en cuenta la presencia de cubetos, barreras, y paredes.

Para los tanques de Reproceso en donde se consideró alimentar simultáneamente a los tanques de Diésel y Aceite Térmico, cada uno de ellos cuenta con 10 boquillas distribuidas en dos anillos de alimentación, uno instalado en la parte superior de cada tanque y el otro en la parte inferior del mismo. Cada anillo bordea al tanque que protege y fue instalado con 5 boquillas distribuidas según la Figura 61.

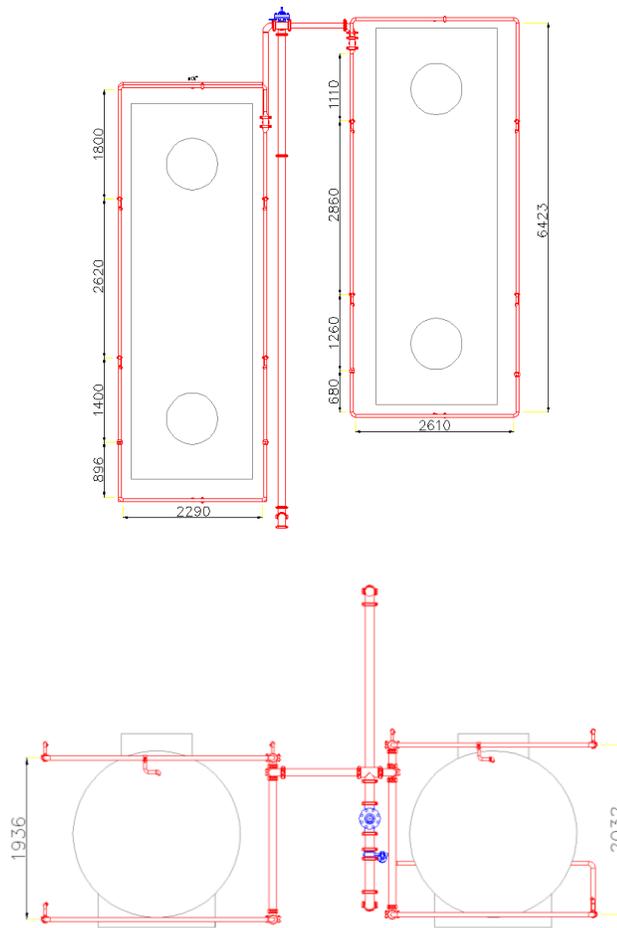


Figura 61. Distribución de Boquillas de Pulverización en Tanques Diésel y Aceite Térmico

El suministro de los anillos que protegen los tanques No. 1, 2 y 3 de Asfalto se instalaron independientemente cada uno.

De igual manera que los anteriores, cada tanque está provisto de 12 boquillas distribuidas en dos anillos de alimentación instalados en la parte superior e inferior del mismo. Se instalaron 6 boquillas distribuidas según la Figura 62 para la protección de los tanques.

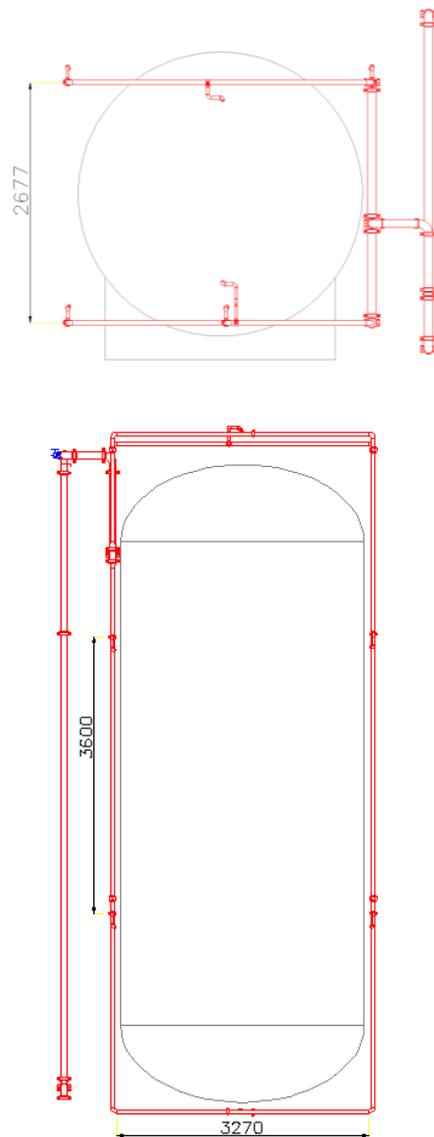


Figura 62. Distribución de Boquillas de Pulverización en Tanques de Asfalto

Las boquillas que protegen la parte cilíndrica el tanque deben orientarse directamente hacia su superficie. Las que protegen los fondos deben orientarse directamente hacia ellos excepto si se trata de superficies planas. Las boquillas deben situarse como máximo a 0,6 m (2 ft) de la superficie del tanque como se muestra en la Figura 63.

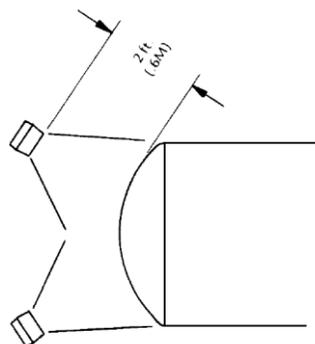


Figura 63. Esquema de instalación de las boquillas en el tanque

Fuente: (NFPA 15, 2001, pág. 46)

4.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS GABINETES EN LA NAVE INDUSTRIAL

La red de gabinetes estará distribuida alrededor de la nave industrial por un anillo principal el cual bordeará el perímetro de la nave para alimentar a los cajetines.

El anillo se dimensionará en la siguiente sección para asegurar un caudal adecuado en las mangueras contra incendio.

Para la distribución de los gabinetes se consideró los siguientes parámetros:

- Altura desde el nivel de piso hasta válvula angular máximo de 1.5 m
- Área de cobertura de 15 m a la redonda equivalente a la longitud de la manguera extendida
- Separación máxima entre gabinetes de 50 m
- Instalación alrededor de cada cajetín deberá estar libre de obstáculos

A continuación la Figura 64 muestra la distribución en la que se instalaron los gabinetes.

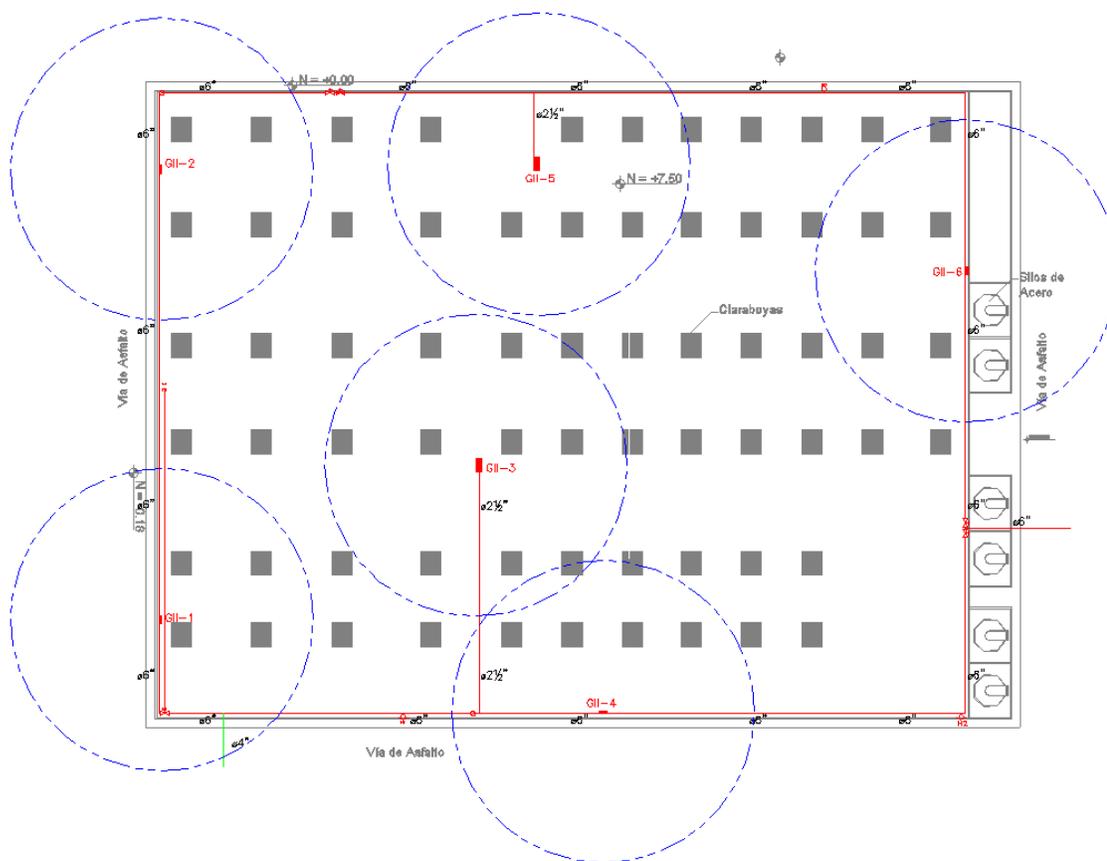


Figura 64. Áreas de cobertura gabinetes contra incendio

4.5.1. DETALLES DE INSTALACIÓN

Los gabinetes que contienen mangueras contra incendios deben ser de un tamaño que permita la instalación del equipo necesario y ubicado de tal manera que no interfieran con el uso inmediato de la conexión de manguera en el momento de incendio.

Las conexiones de manguera deben tener roscas externas National Hose Standard (NHS), para el tamaño de la válvula especificado.

La distancia a la que debe estar instalado un gabinete, medido desde el nivel de piso 0.00 m hasta la válvula angular de 1½" no debe ser menos de 0.9 m o a más de 1.5 m.

4.6. DISTRIBUCIÓN DE LOS HIDRANTES EN LA NAVE INDUSTRIAL

Al igual que los gabinetes, los hidrantes son alimentados desde un anillo principal. El número de hidrantes a instalarse, depende del requerimiento de agua establecido para cada sección de la instalación.

El espaciamiento y la localización se la realiza de acuerdo el análisis de riesgos anteriormente realizado, con la finalidad de ubicarlos estratégicamente de forma tal que garanticen la protección del personal que combate el incendio, faciliten y hagan más efectiva las labores de combate y el enfriamiento de los equipos. Los hidrantes se distribuyen de forma que el área protegida pueda ser alcanzada desde dos direcciones opuestas, a fin de permitir el combate de incendios independientemente de la dirección del viento.

Para la distribución de los hidrantes se tomó en cuenta los siguientes parámetros (NFPA 24, 2007, pág. 16):

- Los hidrantes no deben estar a más de 12.2 m de los edificios a proteger
- Área de cobertura de 30 m a la redonda equivalente a la longitud de la manguera de 2½" extendida
- En zonas dotadas con sistemas de espuma, los hidrantes se deben localizar en relación con las conexiones terminales del sistema de espuma, de tal manera que la longitud total entre el hidrante y el camión de bomberos no exceda de 7,5 m y la descarga del camión a la conexión de espuma de los tanques no exceda de 15 m.

A continuación la Figura 65 ilustra la distribución en la que se instalaron los hidrantes.

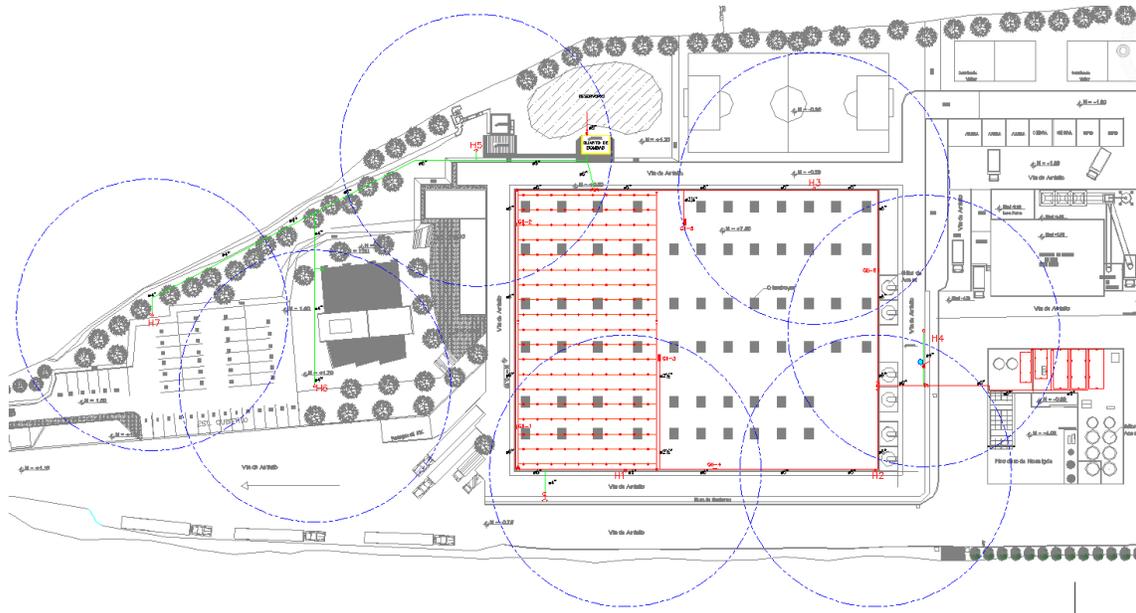


Figura 65. Áreas de cobertura hidrantes

4.6.1. DETALLES DE INSTALACIÓN

Para la instalación de los hidrantes se consideraron dos aspectos: funcionalidad y estética. El tema estético determinó la manera en que se alimentarían a los hidrantes que protegen los exteriores de la nave, esto se debe a que los diseñadores de la Planta Industrial determinaron que los hidrantes debían ser empotrados a la pared en vez de ser enterrados en la losa de hormigón.

La Figura 66 muestra el esquema de instalación de los hidrantes que fueron empotrados en la mampostería de la nave.

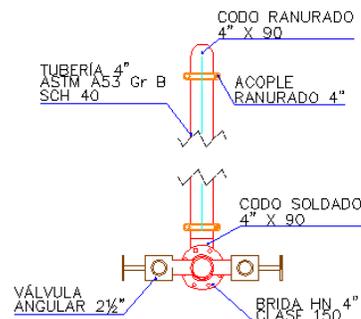


Figura 66. Hidrante tipo pared

Por otra parte los hidrantes que protegen las áreas verdes, parqueaderos, exteriores de edificio administrativo fueron instalados de manera soterrada. La Figura 67 detalla la como se instalaron este tipo de hidrantes para conexión.

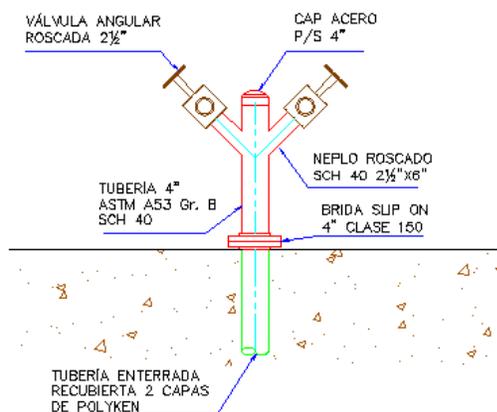


Figura 67. Hidrante Soterrado

Indistintamente de su configuración cada uno fue instalado con los siguientes materiales:

- Tubería acero negro 4" ASTM A53 Grado B cédula 40
- Cap soldado 4" SCH 40
- Bridas Slip on 4" Clase 150
- Neplos roscados acero negro 2½" ASTM A53 Grado B cédula 40
- Válvulas angulares bronce UL/FM 2½"
- Empaques de neopreno 4"
- Espárragos acero negro 5/8" x 4"

4.7. TOMA SIAMESA

La conexión de inyección para bomberos se construyó de tipo poste empotrada sobre un muro de concreto e instalada próximo al ingreso principal de la planta. Esta conexión será utilizada por los bomberos para inyectar agua a la red contra incendio desde una fuente externa.

La conexión para bomberos cuenta con válvula check ranurada de 4 pulgadas ubicada lo más cerca posible a la tubería a la que se le inyecta el agua.

Cada conexión del cuerpo de bomberos tiene dos accesorios giratorios de rosca hembra en bronce bruñido con rosca NHT, ubicada a una altura que está a 90 cm máximo del piso terminado hasta el eje de la siamesa; tales salidas son de 63.5 milímetros (2½") de diámetro cada una. (NFPA 14, 2007, pág. 22)

La boca de impulsión o siamesa está colocada con los respectivos tapones de protección señalizando el elemento conveniente con la leyenda "**USO EXCLUSIVO DE BOMBEROS**" o su equivalente en inglés.

El propósito de la válvula check incorporada en la línea es de evitar el retroceso del agua.

La ubicación de la Siamesa y detalle de instalación se muestra en el Plano No. 3 de la sección Planos.

4.8. SOPORTERÍA

Los soportes que se construyeron para el proyecto se apegan a los requerimientos de instalación normados por la NFPA 13. Esta norma dedica todo un capítulo para especificar la instalación de la Soportería.

4.8.1. TIPOS DE SOPORTE

Varios tipos de soportes son utilizados para sostener a la tubería de protección contra incendios, con una gran variedad de componentes utilizados para adherirse a la estructura de la edificación. Algunos tipos de soportes combinan el componente del edificio y el componente de sujeción de la tubería.

4.8.1.1. Soporte tipo ménsula

También conocidos como pie de amigo, se construyen con ángulo de acero de 1½" x 1/8" de espesor. Estos se sueldan a las columnas metálicas de la estructura para que en ellos se instale una abrazadera conocida en el mercado como "U-bolt" correspondiente al diámetro de la tubería. Esta U-bolt es de

material galvanizado y el diámetro de la varilla depende del diámetro del tubo que va a ser arriostrado.

Este tipo de soportes fueron utilizados para asegurar la tubería que bordea el perímetro interior de la nave industrial. La Figura 68 ilustra a un soporte de pie de amigo soldado a la columna de la estructura soportando a una tubería de 6 in.



Figura 68. Soporte instalado tipo ménsula

4.8.1.2. Soporte tipo pera

Los soportes de anillo giratorio ajustable, también conocidos comúnmente como soportes tipo pera, son los componentes de sujeción de tubería utilizados con mayor frecuencia para suspender una tubería horizontal de protección contra incendios.

Este tipo de soporte se compone de una grapa universal que se sujeta a las vigas de la estructura que soporta un techo por ejemplo, otro componente, es la varilla roscada galvanizada, que según el diámetro del tubo suspendido varía de 3/8" a 5/8" y finalmente se instala la pera como tal, que de la misma manera que los U-bolt depende del diámetro del tubo a soportar.

En la Figura 69 se muestra este tipo de soporte que fue utilizado para sostener a los ramales de 2" pertenecientes a la malla de rociadores.



Figura 69. Soportes tipo pera usados en la mallas de rociadores

4.9. PRUEBAS

La NFPA estipula que después de terminar con la instalación de toda la red hídrica, el representante del contratista deberá llevar la inspección y pruebas, las mismas que deben ser presenciadas por el propietario o su agente autorizado. Se deben corregir todos los defectos y el sistema quedará en servicio antes de que el personal del contratista finalmente abandone el sitio de trabajo.

Los dos representantes deben llenar un protocolo de pruebas, el mismo que se incluye en el Anexo No. 3 del presente trabajo.

4.9.1. PRUEBA HIDROSTÁTICA

Para asegurar la hermeticidad de la red contra incendios, la NFPA 24 indica que se debe probar hidrostáticamente todo el sistema contra incendios a una presión no menor a 200 psi durante 2 horas. Si durante éste tiempo la presión del sistema cae por debajo del límite establecido, significa que existe una o varias fugas en la red de tuberías, las mismas que se deben corregir y reiniciar el procedimiento.

La constancia de la ejecución de ésta prueba consta en el Anexo No. 3.

4.9.2. CURVA DE LA BOMBA

Esta prueba consiste en trazar la curva con la bomba en operación, considerando las variables de caudal y presión. Se evalúa a la bomba al 0, 50, 100 y 150 por ciento de la capacidad nominal, haciendo recircular el agua hacia el reservorio y tomando las mediciones del caudal mediante el Venturi instalado en la línea de pruebas.

El propósito de ésta prueba es el de asegurar que la bomba cumpla con los requerimientos expuestos por NFPA y corroborar la curva emitida por el fabricante de la bomba.

Así mismo, el protocolo de pruebas de la bomba se incluye en el Anexo No.3

4.9.3. PRUEBAS EN EQUIPOS INSTALADOS

Para la entrega del proyecto se probaron los equipos y accesorios instalados en todo el sistema. Estas pruebas consistieron en descargar agua haciendo funcionar la bomba diésel. Las siguientes imágenes muestran el flushing o lavado de la tubería y descarga hacia el exterior desde rociadores, gabinetes, monitor, hidrantes y boquillas pulverizadoras.

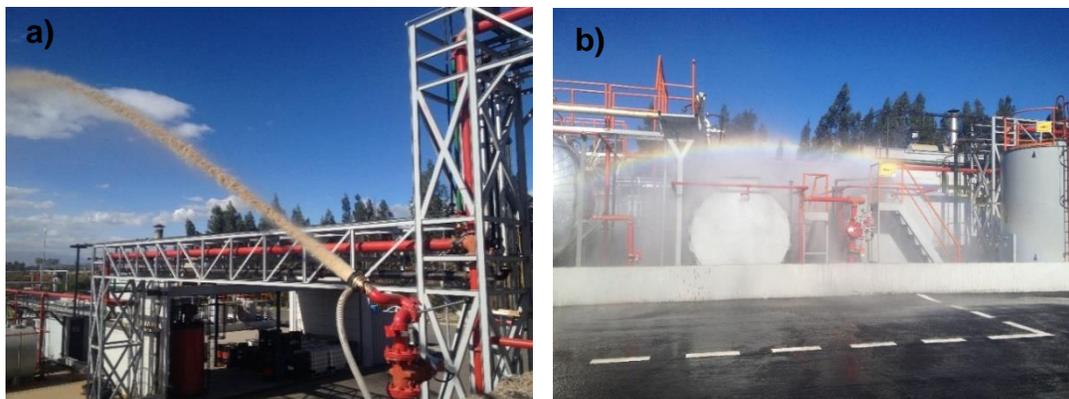


Figura 70. a) Flushing en monitor; b) Lavado de tubería en Hidrante de Anillos de Enfriamiento Tanques Diésel



Figura 71. Lavado de tubería en Hidrante de Parqueaderos

Para efectos de análisis del diseño elaborado, se realizaron varias mediciones de presión y caudal en los puntos más críticos de la red. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

La Tabla 69 muestra el caudal y presión residual en el rociador más distante a la descarga de la bomba.

Tabla 69

Medición de Caudal y Presión Residual en Rociador más lejano

Rociadores		
t [s]	Q [GPM]	Presión Residual [PSI]
10,06	29,82	60
6,04	49,67	60
6,69	44,84	60
7	42,86	60
7,69	39,01	60
PROMEDIO	7,50	40,02

Para ésta prueba se utilizaron los rociadores con las mismas características a los instalados, controlados por una válvula esférica para registrar los datos y se condujo el agua hacia un recipiente de 5 galones.

Así mismo se simuló un evento de incendio descargando dos rociadores simultáneamente en donde los datos obtenidos se incluyen en la Tabla 70.

Tabla 70

Medición de Caudal y Presión Residual en Rociadores más lejanos con gasto simultáneo

Rociadores (Simultáneo)		
t [s]	Q [GPM]	Presión Residual [PSI]
8,5	35,29	60
7,9	37,97	60
8	37,50	60
8,1	37,04	60
7,7	38,96	60
PROMEDIO	8,04	37,31
		60,00

De igual manera se realizaron mediciones de caudal para el área de tanques y gabinete más alejado. La Tabla 71 muestra los datos para las boquillas de los anillos de enfriamiento más distantes y la Tabla 72 muestra los datos para los Hidrantes.

Tabla 71

Medición de Caudal y Presión Residual en Boquillas de Tanques de Asfalto

BOQUILLAS		
t [s]	Q [GPM]	Presión Residual [PSI]
12	25,00	60
11,3	26,55	60
12,3	24,39	60
11,6	25,86	60
12,4	24,19	60
PROMEDIO	11,92	25,17
		60,00

Tabla 72

Medición de Caudal y Presión Residual en Hidrante

HIDRANTES		
t [s]	Q [GPM]	Presión Residual [PSI]
0,8	375,00	15
0,75	400,00	15
0,6	500,00	15
0,7	428,57	15
0,9	333,33	15
PROMEDIO	0,75	400,00

4.9.4. ANÁLISIS

En esta sección se analizan los valores calculados por el Método de Hazen-Williams, Método de Darcy-Weisbach y los Valores medidos en la ejecución de las pruebas.

Al comparar los métodos con respecto a los valores medidos se obtiene que el Método de Darcy-Weisbach tiene una menor desviación teórica – experimental, siendo el más preciso, con un valor de error mínimo de 1,62 % y máximo de 2.77% para las presiones, y un valor mínimo de 0,36% y máximo de 2,5% para los caudales. Por otra parte, el método de Hazen-Williams es el menos preciso con una desviación mínima de 1,57% y máxima de 4,67% para presiones, y un error mínimo de 2,33% y máximo de 4,8% para los caudales.

Los métodos de Darcy-Weisbach y Hazen-Williams son los más utilizados para el cálculo de pérdida de carga en tuberías, considerado el segundo método como el más usado en la protección de incendios y el primero con el que se obtienen valores más cercanos a los medidos en pruebas.

A continuación se muestran los gráficos comparativos para caudal y presión en los puntos más críticos de la red contra incendio.

4.9.4.1. Malla de Rociadores

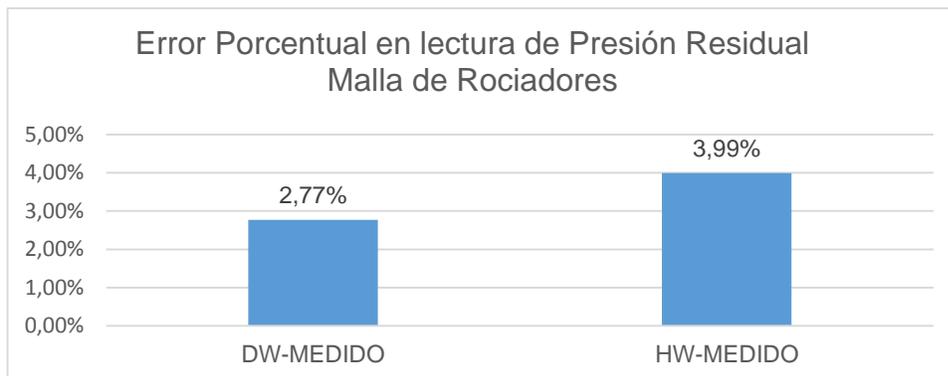


Figura 72. Cuadro comparativo de Presión entre métodos y valor real medido

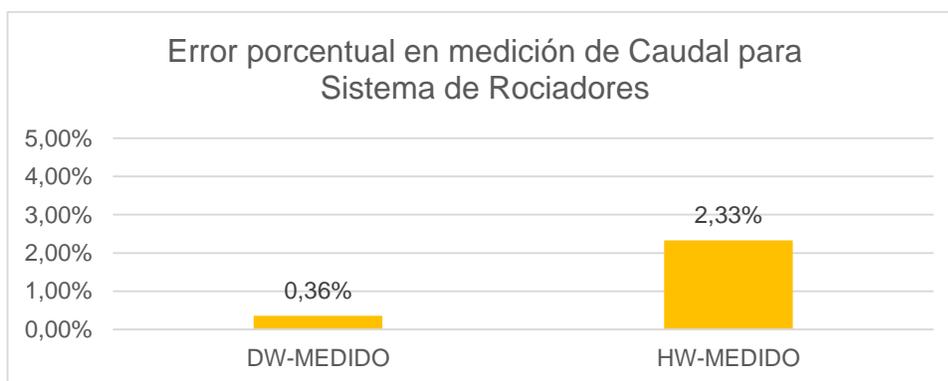


Figura 73. Cuadro comparativo de Caudal entre métodos y valor real medido

4.9.4.2. Anillos de Enfriamiento

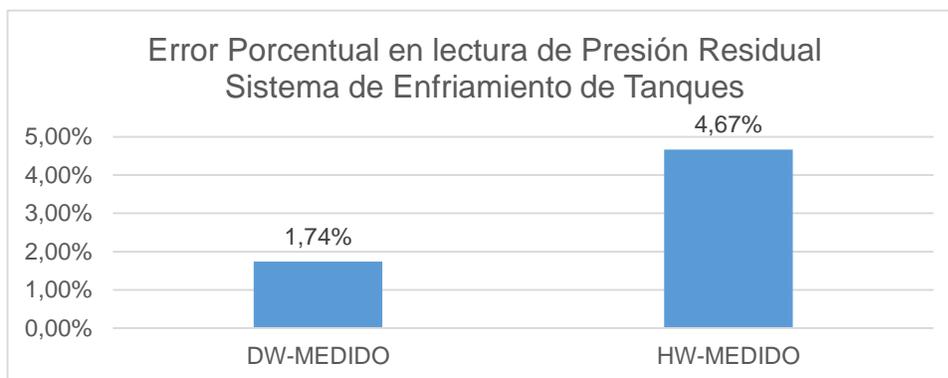


Figura 74. Cuadro comparativo de Presión entre métodos y valor real medido

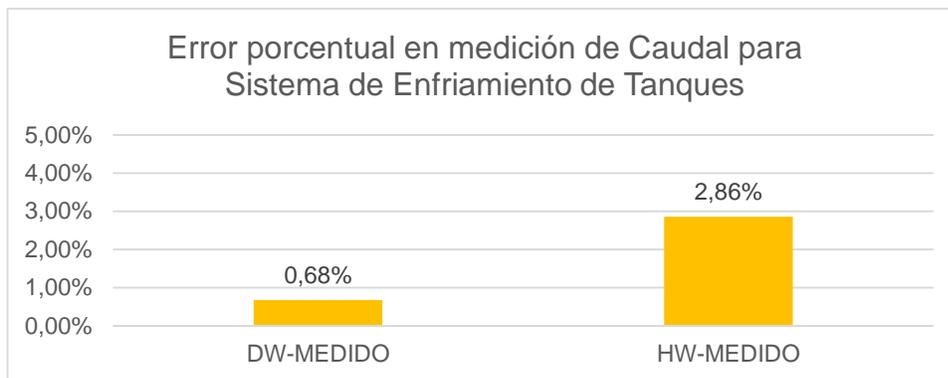


Figura 75. Cuadro comparativo de Caudal entre métodos y valor real medido

4.9.4.3. Hidrantes

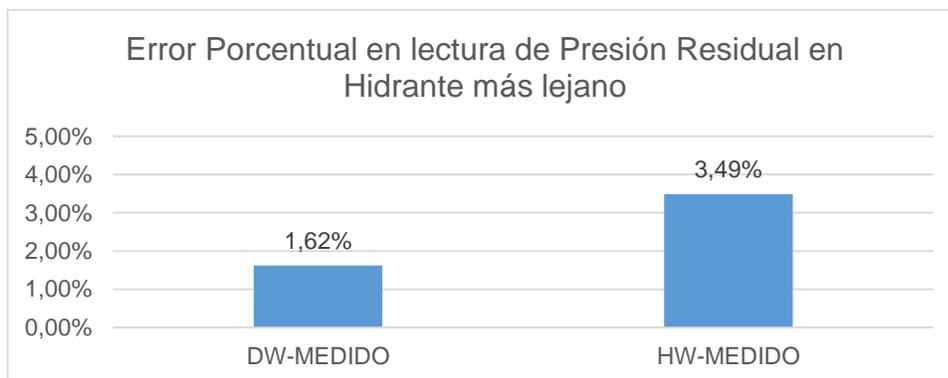


Figura 76. Cuadro comparativo de Presión entre métodos y valor real medido

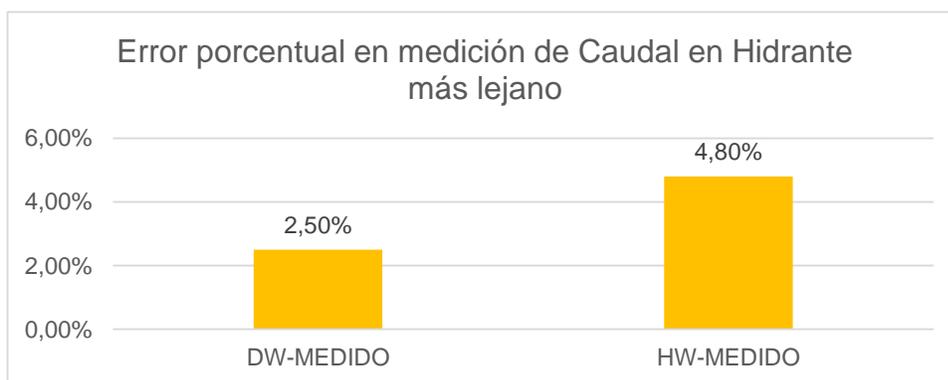


Figura 77. Cuadro comparativo de Caudal entre métodos y valor real medido

4.10. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS A BASE DE AGUA

El objeto de esta sección, es proporcionar los requisitos para garantizar un grado razonable de protección de la vida y propiedad contra incendios por medio de métodos mínimos de inspección, prueba y mantenimiento de los equipos, válvulas, accesorios que componen el sistema contra incendios, basándose en la NFPA 25, Norma para Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios a Base de Agua, y manuales de mantenimiento proporcionado por los fabricantes de los equipos instalados.

También estipula la frecuencia con que se requieren estas actividades y además se proveen los requisitos mínimos para procedimientos de desactivación, procesos de notificación, y restauración de sistemas.

El Anexo No. 4 contiene los procedimientos para ejecutar las inspecciones, pruebas y mantenimiento de los equipos instalados en el proyecto.

4.10.1. SISTEMAS DE ROCIADORES

4.10.1.1. INSPECCIÓN

Rociadores

Se deben realizar inspecciones anuales a los rociadores instalados verificando que:

- Los rociadores no deben mostrar señales de filtraciones; deben estar libres de corrosión, materias extrañas, pintura y daño físico; y deben estar instalados en la orientación correcta (MONTANTE)
- Cualquier rociador que muestre señales de filtraciones; esté oxidado, dañado, o cargado; o en orientación impropia debe reemplazarse.
- Si las ampollas de los rociadores se han vaciado, deberá reemplazarse el rociador (NFPA 25, 2010, pág. 17).

Tuberías y Accesorios

Las tuberías de rociadores y accesorios deben inspeccionarse anualmente desde el nivel del suelo.

Se debe verificar que la tubería junto con los accesorios, deben estar en buenas condiciones y libres de daños mecánicos, filtraciones y corrosión.

No debe someterse a cargas externas de materiales, ya sea apoyados sobre la tubería o colgados de la tubería.

Soportes Colgantes

Los soportes colgantes y abrazaderas sísmicas de tuberías de rociadores deben inspeccionarse anualmente desde el piso. Si los soportes están dañados o sueltos deben reemplazarse o reajustarse.

Manómetros

Los manómetros en sistemas de rociadores, deben inspeccionarse mensualmente para garantizar que estén en buen estado y marcando la presión correcta de la red hídrica del sistema.

Dispositivos de Alarma

Los dispositivos de alarma deben inspeccionarse trimestralmente para verificar que están libres de daño físico.

4.10.1.2. PRUEBAS

Rociadores

Cuando los rociadores cumplan en servicio por 50 años, deberán reemplazarse o se deben probar muestras representativas de una o más áreas. Los procedimientos de prueba deben repetirse a intervalos de 10 años.

Manómetros

Los manómetros deben reemplazarse cada 5 años o probarse cada 5 años por comparación con un indicador calibrado. Si los manómetros no son exactos

hasta dentro de 3 por ciento de la escala plena, deben recalibrarse o reemplazarse (NFPA 25, 2010, pág. 19).

Dispositivos de Alarma

Los dispositivos de flujo de agua incluyendo timbres de motor de agua mecánicos y de tipo de interruptor a presión deben probarse trimestralmente.

4.10.1.3. MANTENIMIENTO

Rociadores

Las pruebas de alarmas de flujo de agua o sistemas de tubería húmeda deben realizarse abriendo la conexión de prueba de inspección. (NFPA 25, 2010, pág. 20)

Se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Tipo
- Diámetro de orificio y factor K
- Margen nominal de temperatura
- Tipo de deflector (montante, suspendido, de pared lateral)
- Estipulaciones de diseño

Se deben usar solamente rociadores nuevos, listados, para reemplazar los rociadores existentes.

Los rociadores no se deben modificar en ninguna forma o tener aplicado ningún tipo de ornamento, pintura, o revestimiento después de que son despachados del lugar de fabricación.

Cuando se usan rociadores automáticos de tipo bulbo, ampolla o boquillas de pulverización y la revisión anual no muestra acumulación de grasa u otro material en los rociadores o boquillas, estos rociadores y boquillas no necesitan reemplazarse.

La Tabla 73 muestra un resumen de la frecuencia en la que se deben probar, inspeccionar y dar mantenimiento a los sistemas de rociadores.

Tabla 73

Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Rociadores

	ÍTEM	FRECUENCIA
INSPECCIÓN	Manómetros en Válvulas de Alarma	Mensual
	Válvulas de Control	Semanal / Mensual
	Abrazaderas / Soportería	Anual
	Tuberías y conexiones	Anual
	Rociadores	Anual
	Conexión Cuerpo de Bomberos	Trimestral
PRUEBA	Drenaje principal	Anual
	Dispositivos de flujo de agua	Trimestral/Semestral
	Manómetros	5 años
	Rociadores	Instalados a más de 50 años y después cada 10 años
MANTENIMIENTO	Válvulas (Todas)	Anual o cuando se necesite
	Investigación de Obstrucciones	5 años o cuando se necesite

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 16)

Alarma Hidromecánica

Examinarla y probarla a intervalos regulares con el fin de asegurarse de que la tobera y la línea de drenaje están limpias, libres de obstrucciones y que el conjunto funciona correctamente. Limpiar periódicamente el filtro situado a la salida de la cámara de retardo.

4.10.1.4. ACCIONES CORRECTIVAS PARA COMPONENTES INSTALADOS

Cada vez que se ajuste, repare, reacondicione o reemplace un componente de un sistema de rociadores, se deben implementar las acciones requeridas en la Tabla 74.

Tabla 74

Acciones correctivas para reemplazo de componentes instalados en el Sistema de Rociadores

COMPONENTE	ITEM	AJUSTAR	REPARAR / REACONDICIONAR	REEMPLAZAR	ACCIÓN REQUERIDA
COMPONENTES DE DESCARGA DE AGUA	TUBERÍA Y ACCESORIOS PARA MÁS DE 20 ROCIADORES	X	X	X	Prueba Hidrostática según NFPA 13
	INSTALACIÓN MÁS DE 20 ROCIADORES	X	X	X	Prueba Hidrostática según NFPA 13
	CONEXIÓN DE BOMBEROS	X	X	X	Ver sección 4.3
	VÁLVULAS				Ver sección 4.6
	BOMBAS CONTRA INCENDIO				Ver sección 4.4
COMPONENTES DE ALARMA Y DETECCIÓN	DISPOSITIVOS DE ALERTA	X	X	X	Prueba de operación con conexión de prueba para inspección
	CAMPANA DE MOTOR HIDRÁULICO	X	X	X	Prueba de operación con conexión de prueba para inspección
COMPONENTES INDICADORES DE ESTADO	MANÓMETROS			X	Verificar 0 psi y presión de trabajo del sistema

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 17)

4.10.2. SISTEMA DE COLUMNAS Y MANGUERAS

4.10.2.1. INSPECCIÓN

Los componentes de sistemas de columna y mangueras debe inspeccionarse de manera visual cada año o como se especifica en la Tabla 75.

Tabla 75

Acciones correctivas para reemplazo componentes instalados en el Sistema de Columnas y Mangueras

INSPECCIÓN	COMPONENTE / PUNTO DE VERIFICACIÓN	ACCIÓN CORRECTIVA
CONEXIÓN DE MANGUERAS	Tapa faltante	Reemplazar
	Conexión de Manguera de incendio dañada	Reparar / Reemplazar
	Volante o Manija de Válvula faltante	Reemplazar
	Empaques de las tapas faltantes o averiados	Reemplazar
	Válvula con filtración	Cerrar o reparar
	Obstrucciones Visibles	Retirar
	Válvula manual que no opera fácilmente	Lubricar / Reparar
TUBERÍA	Tubería dañada	Reparar
	Válvulas de control dañadas	Reparar / Reemplazar
	Soportería faltante o averiada	Reparar / Reemplazar
MANGUERAS	Moho, cortes, abrasiones y deterioros evidentes	Reemplazar con manguera listada, forrada y revestida
	Acople dañado	Reparar / Reemplazar
	Empaques faltantes o deteriorados	Reemplazar
	Manguera no conectada al niple del bastidor o válvula	Conectar
BOQUILLA DE MANGUERAS	Boquilla de manguera faltante	Reemplazar con boquilla listada
	Empaques faltantes o deteriorados	Reemplazar
	Boquilla no opera fácilmente	Reparar / Reemplazar
DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO DE MAGUERAS	Difícil de operar	Reparar / Reemplazar
	Dañado	Reparar / Reemplazar
	Obstrucción	Remove
	Manguera mal organizada	Arreglar
GABINETE	Revisar estado general para detectar partes corroídas o dañadas	Reparar / Reemplazar todo gabinete si es necesario
	Difícil de abrir	Reparar
	Puerta de gabinete no abre completamente	Reparar o mover obstrucciones
	Cerradura funciona correctamente	Reparar / Reemplazar

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 23)

4.10.2.2. PRUEBAS

Pruebas de Flujo

Debe realizarse una prueba de flujo cada 5 años en la conexión de mangueras hidráulicamente más remota de cada zona del sistema, para verificar que el suministro de agua continúa proporcionando la presión de diseño al flujo requerido.

Prueba Hidrostática

Se deben hacer pruebas hidrostáticas cada 5 años de los sistemas manuales de tubería vertical y sistemas de tubería seca, incluyendo la tubería en las conexiones del cuerpo de bomberos, a no menos de 13.8 bar, (200 psi) de presión por 2 horas, o a 3.4 bar, (50 psi) por encima de la presión máxima, cuando la presión máxima es mayor a 10.3 bar, (150 psi). (NFPA 25, 2010, pág. 26)

4.10.2.3. MANTENIMIENTO

Los equipos que no pasan las estipulaciones de inspección o prueba deben ser reparados y probados de nuevo o reemplazarse.

La Tabla 76 muestra un resumen de las tareas que se deben realizar en las Inspecciones y Pruebas del Sistema de Columnas y Mangueras.

Tabla 76

Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Columna y Mangueras

	ÍTEM	FRECUENCIA
INSPECCIÓN	Válvulas de Control	Semanal / Mensual
	Manómetros	Trimestral
	Conexión de Mangueras	Anual
	Tuberías	Anual
	Gabinetes	Anual
	Boquilla de Manguera	Anual y después de cada uso
	Mangueras	Anual y después de cada uso
PRUEBA	Drenaje principal	Anual
	Dispositivos de flujo de agua	Trimestral/Semestral
	Mangueras	5 años / 3 años
	Prueba de Flujo	5 años
	Prueba Hidrostática	5 años
MANTENIMIENTO	Conexión de Mangueras	Anual
	Válvulas de Control	Anual o cuando se requiera

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 22)

4.10.3. TUBERÍA DE SERVICIO PRIVADO DE INCENDIOS

4.10.3.1. INSPECCIÓN

Las tuberías principales de servicio privado de incendios y sus accesorios deben inspeccionarse a los intervalos especificados en la Tabla 77.

Tabla 77

Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tuberías Principales de Servicio Privado de Incendios

	ÍTEM	FRECUENCIA
INSPECCIÓN	Hidrantes	Anual y después de cada operación
	Monitores	Semestral
	Tuberías aéreas	Anual
	Tuberías enterradas	Si es posible
PRUEBA	Monitores	Fluir anualmente (alcance y operación)
	Hidrantes	Fluir anualmente
	Tuberías (aérea y enterrada)	5 años (Flujo)
MANTENIMIENTO	Monitores	Anual
	Hidrantes	Anual

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 26)

Tubería Aérea

Las tuberías expuestas deben inspeccionarse anualmente y tomarse la acción correctiva necesaria según la Tabla 78.

Tabla 78

Acciones correctivas para las tuberías expuestas

CONDICIÓN	ACCIÓN CORRECTIVA
Filtraciones	Reparar
Daño Físico	Reparar / Reemplazar
Corrosión	Limpiar / Reemplazar y dar revestimiento anticorrosivo
Sopotería	Reparar / Reemplazar

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 27)

Tubería Enterrada

Generalmente, las tuberías enterradas no pueden inspeccionarse en forma regular. Sin embargo, las pruebas de flujo pueden mostrar el estado de las tuberías enterradas y deben realizarse de acuerdo con la Sección 4.10.3.2 de Pruebas.

Hidrantes

Los hidrantes de cilindro húmedo deben inspeccionarse anualmente y después de cada operación, tomando la acción correctiva necesaria según la Tabla 79.

Tabla 79

Acciones correctivas para hidrantes instalados

CONDICIÓN	ACCIÓN CORRECTIVA
Filtraciones en salida o tope del hidrante	Reparar o Reemplazar las juntas, empaques o partes que sean necesarias
Grietas en el cilindro del hidrante	Reparar / Reemplazar
Roscas de las válvulas gastadas	Reparar / Reemplazar
Disponibilidad de llave de operación	Verificar que la llave esté disponible

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 27)

Monitores

Las boquillas monitoras deben inspeccionarse semestralmente, tomando la acción correctiva a según la Tabla 80.

Tabla 80

Acciones correctivas para monitor instalado

CONDICIÓN	ACCIÓN CORRECTIVA
Filtraciones	Reparar
Daño Físico	Reparar / Reemplazar
Corrosión	Limpiar / Reemplazar / Lubricar

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 27)

4.10.3.2. PRUEBAS

Pruebas de flujo de tuberías enterradas y expuestas

Deben probarse las tuberías enterradas y expuestas para verificar el estado interno de las tuberías a intervalos mínimos de 5 años.

Las pruebas de flujo deben hacerse con flujos representativos de los que se espera durante un incendio con objeto de comparar las características de pérdida por fricción de la tubería con aquellas esperadas del tipo particular de tubería, considerando la edad de la tubería y los resultados de las pruebas de flujo anteriores.

Cualquier prueba de flujo que muestre deterioro del flujo de agua y presión disponible debe investigarse a completa satisfacción de la autoridad competente para garantizar que el flujo y presión requeridos están disponibles para la protección de incendios.

Hidrantes

Los hidrantes deben probarse anualmente para garantizar el funcionamiento adecuado.

Cada hidrante se debe abrir completamente y dejar fluir el agua hasta que se haya limpiado de todas las materias extrañas.

El flujo debe mantenerse durante no menos de 1 minuto.

Monitores

Los monitores deben probarse anualmente para garantizar el funcionamiento adecuado.

Todas las boquillas monitoras deben hacerse oscilar y mover en todo su alcance total anualmente para garantizar su operatividad adecuada.

4.10.3.3. MANTENIMIENTO

Todos los equipos deben mantenerse en condiciones de funcionamiento adecuadas, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Hidrantes

Los hidrantes deben lubricarse anualmente para garantizar que todas las cañas, tapas, cierres y roscas estén en condiciones de funcionamiento adecuadas.

Monitores

Las boquillas monitoras deben lubricarse anualmente para asegurar su funcionamiento adecuado.

Tabla 81

Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tuberías Principales de Servicio Privado de Incendios

	ÍTEM	FRECUENCIA
INSPECCIÓN	Hidrantes	Anual y después de cada operación
	Monitores	Semestral
	Tuberías aéreas	Anual
	Tuberías enterradas	Si es posible
PRUEBA	Monitores	Fluir anualmente (alcance y operación)
	Hidrantes	Fluir anualmente
	Tuberías (aérea y enterrada)	5 años (Flujo)
MANTENIMIENTO	Monitores	Anual
	Hidrantes	Anual

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 26)

4.10.4. BOMBAS DE INCENDIO

4.10.4.1. INSPECCIÓN

El objeto de la inspección será verificar que el equipo de la bomba aparece en condiciones de operación y está libre de daño físico.

Las siguientes observaciones visuales pertinentes deben hacerse semanalmente:

1. Condición de la caseta de bombas:
 - a. Las rejillas de ventilación están libres para operación.
2. Condición del sistema de bombas:
 - a. La succión y descarga de las bombas y válvulas de paso están totalmente abiertas.
 - b. La tubería está libre de filtraciones.
 - c. La lectura del indicador de presión en la línea de succión es normal.
 - d. La lectura del manómetro, indicador de presión de la línea del sistema es normal.
 - e. El depósito de succión está lleno.
 - f. Los filtros de succión del foso húmedo están sin obstrucciones y en su lugar.
3. Condición del motor diésel:
 - a. Tanque de combustible lleno a dos tercios.
 - b. Selector del regulador en posición automática.
 - c. Lecturas de voltaje de las dos baterías dentro de lo normal
 - d. Lecturas de carga de corriente de las dos baterías dentro de lo normal
 - e. Luces pilotos de las dos baterías encendidas o las luces piloto de falla de las dos baterías apagadas
 - f. Todas las luces pilotos de alarma apagadas
 - g. Totalizador de tiempo de funcionamiento de las máquinas dando lectura

- h. Nivel de aceite en el cárter dentro de lo normal
- i. Nivel de agua de enfriamiento dentro del límite aceptable
- j. Nivel de electrolitos en baterías dentro del límite normal
- k. Terminales de baterías libres de corrosión
- l. Calentador de camisa de agua operando

4.10.4.2. PRUEBAS

Debe realizarse una prueba semanal o quincenal de los equipos de bombas de incendio mediante la línea de pruebas.

La bomba diésel debe funcionar por un mínimo de 30 minutos.

Pruebas Semanales

Las pruebas semanales deberán estar a cargo del personal capacitado por parte del proveedor del Sistema Contra Incendios.

Deben hacerse las observaciones visuales o ajustes pertinentes especificados en la siguiente lista de verificación mientras la bomba está funcionando:

1. Procedimiento para el sistema de las bombas:
 - a. Registrar las lecturas del indicador de presión de succión y descarga del sistema
 - b. Revisar los sellos, empaquetadura de la bomba para detectar descargas leves (goteo).
 - c. Ajustar las tuercas de los sellos de empaquetadura si es necesario
 - d. Detectar ruido o vibración inusual
 - e. Revisar las cajas de empaquetadura, cojinetes, o la caja de la bomba para detectar sobrecalentamiento
 - f. Registrar la presión inicial de la bomba
2. Procedimiento para motor diésel:
 - a. Observar el tiempo que toma el motor para arrancar
 - b. Observar el tiempo que toma el motor para alcanzar velocidad total

- c. Observar periódicamente el indicador de presión del aceite del motor, el indicador de velocidad, indicadores de temperatura de agua y aceite mientras el motor está funcionando.
- d. Registrar cualquier anomalía.
- e. Revisar el flujo de agua de enfriamiento en el intercambiador de calor.

Pruebas Anuales

Debe hacerse una prueba anual de cada equipo de bomba a flujo mínimo, nominal, y máximo de la bomba de incendio, controlando la cantidad de agua descargada por medio de dispositivos de prueba aprobados.

LÍNEA DE PRUEBAS

Las presiones de succión y descarga de la bomba y las medidas del indicador de flujo deben determinar el gasto total de la bomba. Se debe trabajar a válvula cerrada 0% de la capacidad de la bomba, luego al 50%, 100% y 150% para comparar con la curva dotada por el fabricante de la misma.

Las observaciones visuales pertinentes, medidas y ajustes especificados en las siguientes listas de comprobación deben realizarse anualmente con la bomba en funcionamiento y flujo de agua bajo la condición de salida especificada:

1. Sin flujo (válvula cerrada):
 - a. Verificar si la válvula de alivio de circulación está operando y descarga agua.
 - b. Verificar si la válvula de alivio de presión está operando adecuadamente
 - c. Continuar la prueba por media hora
2. En cada condición de flujo:
 - a. Registrar la velocidad de la bomba en rpm
 - b. Registrar las lecturas simultánea de las presiones de succión y descarga de la bomba y flujo de descarga de la bomba

FILTRO EN LA SUCCIÓN

Después de la activación del flujo de agua durante la prueba anual o de activaciones del sistema de protección de incendios, los filtros de succión deben inspeccionarse y limpiarse de cualquier desecho u obstrucción.

Resultado y Evaluación de las Pruebas

La interpretación de los resultados de las pruebas debe ser la base para determinar el desempeño del conjunto de la bomba.

El conjunto de la bomba de incendio se considera aceptable si cualquiera de las siguientes condiciones se muestra durante la prueba:

- La prueba no es a menos de 95 por ciento de la presión a flujo y velocidad nominales de la curva de prueba de aceptación de campo inicial no ajustada, siempre y cuando la curva de prueba de aceptación original sea igual a la curva original certificada de la bomba usando factores teóricos.

Una desviación mayor de 5 por ciento de la presión de la curva de la prueba de aceptación inicial no ajustada o de la placa de identificación debe investigarse para descubrir la causa de la desmejora del desempeño.

4.10.4.3. MANTENIMIENTO

Se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo para todos los componentes del equipo de bombas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Se deben llevar registros de todos los trabajos realizados en la bomba, impulsor, regulador y equipo auxiliar.

En ausencia de recomendaciones para mantenimiento preventivo, debe usarse la Tabla 82 para requisitos alternativos. El programa de mantenimiento preventivo debe iniciarse inmediatamente después de que el conjunto de bombas haya pasado las pruebas de aceptación.

Tabla 82

Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Tuberías Principales de Servicio Privado de Incendios

TIPO DE SISTEMA	EVENTO	INSPECCION VISUAL	REVISIÓN	CAMBIO	LIMPIEZA	PRUEBA	FRECUENCIA
EQUIPO DE BOMBAS	Lubricar cojinetes			X			ANUAL
	Revisar el juego de la extremidad del eje		X				ANUAL
	Verificar exactitud de manómetros		X	X			ANUAL (Cambiar o recalibrar cuando estén descalibrados 5%)
	Revisar alineación de acoples		X				ANUAL
	Filtros de succión de foso húmedo		X		X		DESPUES DE CAADA OPERACIÓN DE LA BOMBA
TRANSMISIÓN MECÁNICA	Lubricar acoples			X			ANUAL
	Lubricar engranajes en ángulo recto			X			ANUAL
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Nivel de tanque diesel	X	X				SEMANAL
	Interruptor de flotador del tanque	X				X	SEMANAL
	Tamiz, filtro, o canal de sedimentos					X	TRIMESTRAL
	Agua y materias extrañas en el tanque				X		ANUAL
	Agua en el equipo		X		X		SEMANAL
	Mangueras y conectores flexibles	X					SEMANAL
	Tuberías	X					ANUAL
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Nivel de aceite	X	X				SEMANAL
	Cambio de aceite			X			50 horas o ANUAL
	Filtro de aceite			X			50 horas o ANUAL
	Lubricar calentador de aceite		X				SEMANAL
	Tubo de ventilación de cárter	X		X	X		TRIMESTRAL
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Nivel	X	X				SEMANAL
	Agua suficiente para intercambiador de calor		X				SEMANAL
	Limpieza interior del IC				X		ANUAL
	Bomba de agua	X					SEMANAL
	Estado de mangueras y conexiones flexibles	X	X				SEMANAL
	Camisa del calentador de agua		X				SEMANAL
	Filtro de agua				X		TRIMESTRAL
SISTEMA DE ESCAPE	Filtraciones						SEMANAL
	Contrapresión excesiva					X	ANUAL
	Soportes del sistema de escape	X					ANUAL
	Sección flexible del escape	X					SEMESTRAL
SISTEMA DE BATERÍAS	Nivel de electrolitos		X				SEMANAL
	Terminales limpios y ajustados	X	X				TRIMESTRAL
	Exterior de caja limpio y seco	X	X				MENSUAL
	Estado de carga					X	MENSUAL
	Cargador y régimen de carga	X					MENSUAL
	Limpiar terminales				X		ANUAL
SISTEMA ELÉCTRICO	Inspección general	X					SEMANAL
	Apretar conexiones de cables de control y energía		X				ANUAL
	Desgaste de cables por rozamiento cuando están sujetos a movimiento	X	X				TRIMESTRAL
	Cajas, paneles y gabinetes				X		SEMESTRAL

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 34)

4.10.5. SISTEMAS FIJOS DE PULVERIZACIÓN DE AGUA

Los componentes descritos en esta sección se deben inspeccionar y mantener con la frecuencia especificada en la Tabla 83 y las instrucciones del fabricante.

Las tuberías, accesorios, soportes y suspensiones del sistema deben inspeccionarse y mantenerse para garantizar la continuidad de suministro de agua a flujo pleno a las boquillas de pulverización.

Tabla 83

Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Pulverización de Agua

	ÍTEM	FRECUENCIA
INSPECCIÓN	Válvulas de Control	Mensual
	Válvula de Diluvio	Trimestral
	Accesorios	Trimestral
	Soportes	Anual / Después de cada activación del Sistema
	Tuberías	Anual / Después de cada activación del Sistema
PRUEBA	Válvulas de Control	Anual
	Válvula de Diluvio	Anual
	Boquillas	Anual
MANTENIMIENTO	Válvulas de Control	Anual
	Válvula de Diluvio	Anual
	Boquillas	Anual

Fuente: (NFPA 25, 2010, pág. 38)

4.10.5.1. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

Tuberías y Accesorios

Las tuberías y accesorios del sistema se deben inspeccionar para lo siguiente:

1. Daño mecánico (tubos rotos o accesorios agrietados)
2. Condiciones externas (pintura o revestimientos faltantes o dañados, moho y corrosión)

3. Secciones desalineación o atrapadas
4. Desagües
5. Localización de los accesorios de empaques de goma

Soportes Metálicos

Los soportes se deben inspeccionar para lo siguiente y repararse cuando sea necesario:

1. Estado (pintura o revestimiento faltante o dañado, moho y corrosión)
2. Fijación segura a los soportes estructurales y tubería
3. Soportes dañados o faltantes

Boquillas de Pulverización de Agua

Las boquillas de pulverización de agua deben inspeccionarse y mantenerse para asegurarse que estén en su lugar, continúan dirigidas o apuntadas en la dirección deseada en el diseño del sistema, y que están libres de cargas externas y corrosión.

Las boquillas de rociadores de agua que están desalineadas se deben direccionar por medios visuales, y los patrones de descarga se deben revisar en la prueba de flujo próxima programada.

4.10.5.2. PRUEBAS

Deben hacerse pruebas de operación para verificar que los sistemas fijos de pulverización de agua respondan como están diseñados, tanto automática como manualmente.

Patrones de Descarga

Se deben observar los patrones de descarga de agua de todas las boquillas de pulverización abiertas para verificar que los patrones no estén afectados por boquillas taponadas, que las boquillas estén correctamente colocadas y que las obstrucciones no impiden que los patrones de descarga mojen las superficies que se van a proteger.

Cuando se presentan obstrucciones, deben limpiarse las tuberías, boquillas y probarse el sistema de nuevo.

Lecturas de Descarga

Deben registrarse las lecturas de presión en la boquilla más remota hidráulicamente para verificar que el flujo de agua no está impedido por válvulas parcialmente cerradas o por filtros o tuberías taponadas.

Debe registrarse una segunda lectura de presión en la válvula de diluvio para verificar que el suministro de agua es adecuado.

Las lecturas deben compararse con las presiones hidráulicas de diseño para garantizar que se cumplen los requisitos originales de diseño y que el suministro de agua es adecuado para llenar los requisitos de diseño.

Tiempo de Respuesta

Debe verificarse el tiempo de respuesta durante la prueba de operación.

El tiempo de respuesta debe ser de acuerdo con los requisitos del sistema pero no mayor de 100 milisegundos.

4.10.6. VÁLVULAS

Se debe notificar a todo el personal relacionado, departamentos, autoridades competentes, que se va a realizar la prueba o mantenimiento de la válvula y alarmas correspondientes.

Todas las válvulas del sistema deben protegerse de daño físico y deben estar accesibles.

Antes de abrir una válvula de prueba o drenaje, se debe verificar que se hayan tomado las medidas necesarias para el drenaje.

4.10.6.1. INSPECCIÓN

Todas las válvulas se deben inspeccionar semanalmente.

Se permite inspeccionar mensualmente las válvulas aseguradas con cierres o supervisadas de acuerdo con las normas aplicables de la NFPA.

Después de cualquier alteración o reparación, el propietario debe hacer una inspección para verificar que el sistema está en servicio y todas las válvulas están en posición normal y debidamente selladas, cerradas.

La inspección de la válvula debe verificar que las válvulas estén en la siguiente condición:

1. En la posición normal abierta o cerrada
2. Debidamente sellada, cerrada o supervisada
3. Accesibles
4. Equipadas con la correspondiente llave inglesa
5. Libre de filtraciones externas
6. Provistas de la identificación apropiada

4.10.6.2. PRUEBAS

Cada válvula de control debe operarse manualmente a lo largo de su campo total y puestas de nuevo en su posición normal.

Las válvulas de vástago ascendente exterior deben devolverse un cuarto de vuelta de la posición totalmente abierta para evitar atascamiento.

4.10.6.3. MANTENIMIENTO

Los vástagos de operación de las válvulas de vástago ascendente exterior se deben lubricar anualmente.

La válvula se debe entonces cerrar completamente y reabrirse para probar su operación y distribuir el lubricante.

4.10.6.4. VÁLVULAS DE ALARMA

Las válvulas de alarma y válvulas de retención de la tubería vertical del sistema se deben inspeccionar exteriormente cada mes y verificarse lo siguiente:

1. Los manómetros muestran que se mantiene una presión normal del suministro de agua.
2. La válvula está libre de daño físico.
3. Todas las válvulas están en posición correcta cerrada o abierta.
4. La cámara retardadora o los drenajes de las alarmas no tienen escapes.

Mantenimiento

Las partes internas se deben limpiar y reparar cuando sea necesario de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

El sistema se debe restaurar al servicio de acuerdo con las instrucciones del fabricante.



Figura 78. Válvula Check y Alarma VIKING Modelo J-1

Fuente: (VIKING GROUP, 2014)

4.10.6.5. VÁLVULAS DE RETENCIÓN

Inspección

Las válvulas se deben inspeccionar internamente cada cinco años para verificar que todas sus partes operan correctamente, se mueven libremente y están en buenas condiciones.

Mantenimiento

Las partes internas se deben limpiar, reparar o reemplazar si es necesario, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

4.10.6.6. VÁLVULAS DE DILUVIO

Los manómetros se deben inspeccionar semanalmente.

El indicador en el lado de suministro de la válvula de preacción o de inundación debe indicar que se mantiene una presión normal del suministro de agua.

La válvula de preacción o de diluvio se debe inspeccionar mensualmente para verificar lo siguiente:

1. La válvula está libre de daño físico.
2. Todos los accesorios (trim) de las válvulas están en la posición correcta, abierta o cerrada.
3. El asiento de la válvula no tiene escapes.

El interior de la válvula de preacción o diluvio y las condiciones de los dispositivos de detección se deben inspeccionar anualmente cuando se hace la prueba de desconexión.



Figura 79. Válvula de Diluvio VIKING Modelo F-1

Fuente: (VIKING GROUP, 2014)

Pruebas

Cada válvula de diluvio se debe someter a prueba de disparo anualmente a flujo total en clima cálido y de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se debe proveer protección para todos los dispositivos o equipos con riesgo de daño por las descargas del sistema durante las pruebas.

Se deben observar los patrones de descarga de agua de todos los rociadores abiertos o boquillas de pulverización para verificar que los patrones no están estorbados por taponamientos de boquillas, y que las boquillas están correctamente colocados y las obstrucciones no impiden que los patrones de descarga mojen las superficies que se van a proteger.

Cuando por algún motivo, no se puede descargar agua, se deben inspeccionar las boquillas o rociadores expuestos para orientación adecuada y probarse el sistema con aire para asegurarse que las boquillas no están obstruidas.

Cuando se presentan obstrucciones, se debe limpiar la tubería, rociadores o boquillas y volver a probar el sistema.

Lecturas de Presión

Deben registrarse las lecturas de presión en la boquilla o rociador hidráulicamente más remoto.

Debe registrarse una segunda lectura de presión en la válvula de diluvio.

Estas lecturas deben compararse con las presiones de diseño hidráulico para asegurarse que el suministro de agua cumple los requisitos originales de diseño del sistema.

Restauración al Servicio

Después de la prueba a flujo total, el sistema debe restaurarse al servicio de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

No se debe aplicar grasa u otros materiales selladores a las superficies del asiento de las válvulas de preacción o diluvio.

Mantenimiento

Se deben localizar y reparar las filtraciones que causen caídas en la presión de supervisión suficientes para activar las alarmas y las fallas de funcionamiento que hagan sonar las alarmas.

Durante la prueba anual de desconexión, se debe limpiar completamente el interior de la válvula de preacción o diluvio y reemplazar o reparar las partes que sea necesario.

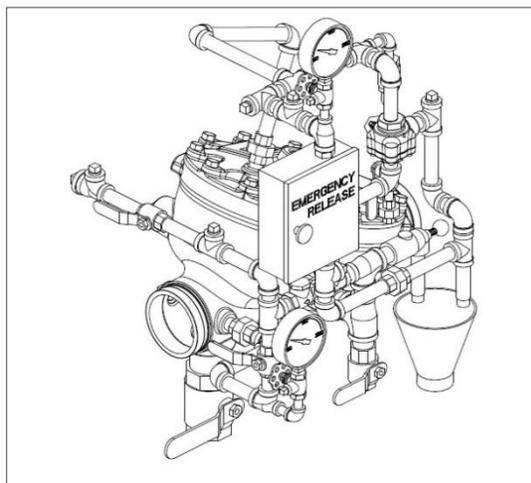


Figura 80. Válvula de Diluvio junto con el trim de accionamiento

Fuente: (VIKING GROUP, 2014)

CAPITULO 5

COSTOS DEL PROYECTO

Este capítulo abarca todos los costos que demandó la ejecución del presente proyecto. En ellos se detalla los costos directos que comprenden la mano de obra directa, equipos instalados, herramientas adquiridas para la construcción, materiales consumibles, y demás insumos necesarios para la ejecución e implementación del Sistema Contra Incendios.

Los costos indirectos se detallarán los valores de transporte de materiales y movilización de personal, salarios de personal de ejecución, entre otros.

5.1. COSTOS DIRECTOS

Tabla 84

Equipos, Accesorios y Mano de Obra

Item	Descripción	Unidad	Cant	P Unitario M/O	P Unitario Material	Precio Unit.	Precio Total
CUARTO DE BOMBAS							
1	Equipo de bombeo DIESEL centrifuga horizontal UL/FM, Carcaza partida 750GPM @ 130psi	GLO	1	\$ 4.282,40	\$ 54.520,00	\$ 58.802,40	\$ 58.802,40
	INCLUYE:						
	Bomba de carcaza partida AMERICAN MARSH 6X 8 / USA UL/FM 750GPM @ 133PSI						
	Motor diesel CLARKE / USA / UL/FM						
	Bomba Jockey electrica 230V / 3ph /60Hz						
	Tablero de control BOMBA DIESEL TORNATECH/USA UL/FM						
	Tablero de control BOMBA JOCKEY TORNATECH/USA UL						
	Tanque de combustible 300gal con accesorios de armado						
	Medidor de caudal tipo venturi de 5"						
	Valvula de alivio SINGER/USA 4" UL/FM						
	Rack porta baterias con dos baterias.						
	Valvula de aire 1/2"						
	Cono de desperdicios de 6" x 4"						
	Sistema de escape para motor diesel						
	Conexionado electrico dentro del cuarto de bombas						
	NO INCLUYE:						
	Estructuras de cuarto de bombas ni obras civiles.						
	Trabajos de obra civil, escavaciones ni perforacion en cisterna.						

Continúa 

SUCCION DE LA BOMBA							
2	VALVULA TIPO COMPUERTA VASTAGO SALIENTE OS&Y UL/ FM MARCA KENNEDY / USA BRIDADA CLASE 150 8" 250PSI	u	1	\$ 66,13	\$ 862,50	\$ 928,63	\$ 928,63
3	BRIDAS DE ACERO AL CARBON CLASE 150 8"	u	3	\$ 33,07	\$ 42,18	\$ 75,24	\$ 225,73
4	BRIDAS DE ACERO AL CARBON CLASE 150 5"	u	5	\$ 20,67	\$ 25,52	\$ 46,19	\$ 230,94
5	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 8"	m	6	\$ 33,07	\$ 49,08	\$ 82,15	\$ 492,89
6	EMPAQUES DE NEOPRENO 5x150	u	3	\$ -	\$ 8,89	\$ 8,89	\$ 26,67
7	EMPAQUES DE NEOPRENO 8x150	u	3	\$ -	\$ 8,89	\$ 8,89	\$ 26,67
8	ESPARRAGOS DE ACERO NEGRO 3/4" x 4 1/2" A105	u	24	\$ -	\$ 5,33	\$ 5,33	\$ 128,00
9	REDUCCION EXCENTRICA ACERO SOLDAR 6" X 5"	u	3	\$ 45,47	\$ 21,11	\$ 66,58	\$ 199,73
DESCARGA DE LA BOMBA							
10	VALVULA CHECK TIPO WAFER 6" MARCA: NIBCO / USA MODELO: KD900W o similar UL/FM CLASE 150 / 250PSI	u	1	\$ 49,60	\$ 750,00	\$ 799,60	\$ 799,60
11	VALVULA MARIPOSA TIPO WAFER 6" MARCA: SMITH COOPER / USA o similar UL/FM CLASE 150	u	2	\$ 49,60	\$ 547,00	\$ 596,60	\$ 1.193,20
12	REDUCCION CONCENTRICA ACERO SOLDAR 6" X 4"	u	2	\$ 41,33	\$ 17,78	\$ 59,11	\$ 118,22
13	TEE DE ACERO DE 6" CED40	u	3	\$ 74,40	\$ 29,57	\$ 103,97	\$ 311,90
14	CODO DE ACERO AL CARBONO CED 40 6"	u	7	\$ 49,60	\$ 24,89	\$ 74,49	\$ 521,42
15	BRIDAS DE ACERO AL CARBON CLASE 150 6"	u	3	\$ 24,80	\$ 25,52	\$ 50,32	\$ 150,97
16	BRIDAS DE ACERO AL CARBON CLASE 150 4"	u	1	\$ 16,53	\$ 20,00	\$ 36,53	\$ 36,53
17	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 6"	m	16	\$ 24,80	\$ -	\$ 24,80	\$ 387,62
18	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 4"	m	1	\$ 16,53	\$ -	\$ 16,53	\$ 21,99
19	THREADOLET 1/2"	u	1	\$ 2,07	\$ 8,89	\$ 10,96	\$ 10,96
20	EMPAQUES DE NEOPRENO 4x150	u	1	\$ -	\$ 8,89	\$ 8,89	\$ 8,89
21	EMPAQUES DE NEOPRENO 6x150	u	3	\$ -	\$ 8,89	\$ 8,89	\$ 26,67
22	ESPARRAGOS DE ACERO NEGRO 3/4" x 4 1/2" A105	u	24	\$ -	\$ 5,33	\$ 5,33	\$ 128,00
23	ESPARRAGOS DE ACERO NEGRO 5/8" x 4" A105	u	8	\$ -	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ 40,00
ARMADO DE BOMBA JOCKEY							
24	VALVULA CHECK BRONCE 1 1/4"	u	1	\$ 10,33	\$ 260,00	\$ 270,33	\$ 270,33
25	VALVULA DE COMPUERTA VASTAGO ASCENDENTE DE 1 1/4"	u	2	\$ 10,33	\$ 270,00	\$ 280,33	\$ 560,67
26	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 1 1/4"	m	4	\$ 5,17	\$ 5,06	\$ 10,23	\$ 42,95
27	CODOS ROSCADOS HN 1 1/4"	u	4	\$ 10,33	\$ 2,78	\$ 13,11	\$ 52,44
28	TEE ROSCADA HN 1 1/4"	u	2	\$ 15,50	\$ 3,33	\$ 18,83	\$ 37,67
29	MANOMETRO 0-300PSI 4"	u	3	\$ 4,13	\$ 85,00	\$ 89,13	\$ 267,40
30	BRIDAS DE ACERO AL CARBON CLASE 150 1 1/4"	u	2	\$ 5,17	\$ 5,56	\$ 10,72	\$ 21,44
31	EMPAQUES DE NEOPRENO 1 1/4x150	u	2	\$ -	\$ 2,78	\$ 2,78	\$ 5,56
32	ESPARRAGOS DE ACERO NEGRO 1/2" x 3 1/2" A105	u	8	\$ -	\$ 3,89	\$ 3,89	\$ 31,11
33	BUSHING HN DE 1 1/4" X 1/2"	u	2	\$ 5,17	\$ 2,78	\$ 7,94	\$ 15,89
34	NEPOS ROSCADOS HN CED 40 1 1/4" x 4"	u	4	\$ 5,17	\$ 3,89	\$ 9,06	\$ 36,22
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y DRENAJES							
35	MONTAJE Y ARMADO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE CON ACCESORIOS	glo	1	\$ 166,67	\$ 133,33	\$ 300,00	\$ 300,00
36	LINEA DE ENFRIAMIENTO MOTOR DE DIESEL	glo	1	\$ 88,89	\$ 111,11	\$ 200,00	\$ 200,00
37	LINEAS SENSORAS DE PRESION	glo	2	\$ 244,44	\$ 166,67	\$ 411,11	\$ 822,22
38	LINEAS DE ALIMENTACION Y RETORNO COMBUSTIBLE	glo	1	\$ 122,22	\$ 100,00	\$ 222,22	\$ 222,22
39	DRENAJES DE PRENSAS ESTOPA DE BOMBA	glo	1	\$ 88,89	\$ 55,56	\$ 144,44	\$ 144,44
REDES DE DISTRIBUCION							
40	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 6"	m	456	\$ 24,80	\$ -	\$ 24,80	\$ 11.302,35
41	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 4"	m	265	\$ 16,53	\$ -	\$ 16,53	\$ 4.373,07
42	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 3"	m	55	\$ 12,40	\$ 15,07	\$ 27,47	\$ 1.508,68
43	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 2 1/2"	m	55	\$ 10,33	\$ 11,18	\$ 21,51	\$ 1.182,18
44	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 2"	m	576	\$ 8,27	\$ 6,59	\$ 14,85	\$ 8.560,43
45	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 1 1/2"	m	200	\$ 6,20	\$ 5,29	\$ 11,49	\$ 2.295,84
46	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 1"	m	30	\$ 4,13	\$ 3,61	\$ 7,75	\$ 230,18
47	GABINETE CONTRA INCENDIOS CLASE II, EQUIPADO:	u	6	\$ 49,60	\$ 487,30	\$ 536,90	\$ 3.221,41
	Gabinete metalico 0,8x0,8x0,20					\$ -	\$ -
	Valvula angular de 1 1/2"					\$ -	\$ -
	Manguera contra incendio de 1 1/2" x 15m 250psi					\$ -	\$ -
	Rack porta manguera					\$ -	\$ -
	Boquilla de 1 1/2" para manguera					\$ -	\$ -
	Llave spaner					\$ -	\$ -
	Hacha de 5 libras					\$ -	\$ -
48	HIDRANTES DE 4" CON 2 TOMAS DE 2 1/2", INCLUYE:	u				\$ -	\$ -
	TUBERIA DE ACERO NEGRO CED 40 4"	m	20	\$ 16,53	\$ 19,85	\$ 36,38	\$ 710,15
	BRIDAS DE ACERO AL CARBON CLASE 150 4"	u	15	\$ 16,53	\$ 20,00	\$ 36,53	\$ 548,00
	TAPON DE 4" CED 40	u	7	\$ 16,53	\$ 8,89	\$ 25,42	\$ 177,96
	EMPAQUES DE NEOPRENO 4x150	u	8	\$ -	\$ 8,89	\$ 8,89	\$ 71,11

Continúa 

	ESPARRAGOS DE ACERO NEGRO 5/8" x 4" A105	u	64	\$ -	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ 320,00
	NEPLOS ROSCADOS DE 2 1/2" X 6"	u	14	\$ 10,33	\$ 11,11	\$ 21,44	\$ 300,22
	VALVULAS ANGULARES DE 2 1/2"	u	14	\$ 10,33	\$ 120,00	\$ 130,33	\$ 1.824,67
49	MONITOR DE ESPUMA 3" DESCARGA DE 2 1/2", 360o, 135o	u	1	\$ 12,40	\$ 1.500,00	\$ 1.512,40	\$ 1.512,40
50	BOQUILLA AUTOEDUCTORA DE ESPUMA 2 1/2" 3%.	u	1	\$ 10,33	\$ 1.665,00	\$ 1.675,33	\$ 1.675,33
51	TANQUE DE CONCENTRADO DE ESPUMA 55GAL 3%AFFF	u	1	\$ 20,67	\$ 486,00	\$ 506,67	\$ 506,67
52	CODOS RANURADOS DE 6" X 90o UL/FM	u	17	\$ 49,60	\$ 30,64	\$ 80,24	\$ 1.364,08
53	CODOS RANURADOS DE 4" X 90o UL/FM	u	9	\$ 33,07	\$ 12,07	\$ 45,14	\$ 406,23
54	CODOS RANURADOS DE 3" X 90o UL/FM	u	17	\$ 24,80	\$ 9,44	\$ 34,24	\$ 582,08
55	CODOS RANURADOS DE 2 1/2" X 90o UL/FM	u	21	\$ 20,67	\$ 6,92	\$ 27,59	\$ 579,32
56	CODOS ROSCADOS HIERRO NEGRO 1 1/2" x 90o	u	42	\$ 12,40	\$ 2,64	\$ 15,04	\$ 631,87
57	CODOS ROSCADOS HIERRO NEGRO 1" x 90o	u	80	\$ 8,27	\$ 2,22	\$ 10,49	\$ 839,11
58	CODO DE ACERO AL CARBONO CED 40 6"	u	6	\$ 49,60	\$ 24,89	\$ 74,49	\$ 446,93
59	CODO DE ACERO AL CARBONO CED 40 4"	u	13	\$ 49,60	\$ 9,16	\$ 58,76	\$ 763,82
60	TEE RANURADAS DE 6" UL/FM	u	5	\$ 74,40	\$ 52,45	\$ 126,85	\$ 634,25
61	TEE RANURADAS DE 4" UL/FM	u	1	\$ 49,60	\$ 20,43	\$ 70,03	\$ 70,03
62	TEES DE ACERO AL CARBONO CED 40 4"	u	1	\$ 49,60	\$ 13,01	\$ 62,61	\$ 62,61
63	TEE RANURADAS DE 3" UL/FM	u	15	\$ 37,20	\$ 14,85	\$ 52,05	\$ 780,75
64	TEE RANURADAS DE 6"x3" UL/FM	u	2	\$ 62,00	\$ 23,37	\$ 85,37	\$ 170,74
65	UNIONES RANURADAS DE 6" UL/FM	u	134	\$ 12,40	\$ 11,26	\$ 23,66	\$ 3.170,44
66	UNIONES RANURADAS DE 4" UL/FM	u	66	\$ 8,27	\$ 6,55	\$ 14,82	\$ 977,90
67	UNIONES RANURADAS DE 3" UL/FM	u	86	\$ 6,20	\$ 4,98	\$ 11,18	\$ 961,48
68	UNIONES RANURADAS DE 2 1/2" UL/FM	u	49	\$ 5,17	\$ 4,24	\$ 9,41	\$ 460,93
69	UNIONES RANURADAS DE 2" UL/FM	u	133	\$ 4,13	\$ 3,62	\$ 7,75	\$ 1.031,19
70	ACOPLES REDUCIDOS RANURADOS DE 4"x3" UL/FM	u	2	\$ 8,27	\$ 14,66	\$ 22,93	\$ 45,85
71	ACOPLES REDUCIDOS RANURADOS DE 4"x2 1/2" UL/FM	u	4	\$ 8,27	\$ 14,72	\$ 22,99	\$ 91,95
72	REDUCCIONES HIERRO NEGRO ROSCADO DE 1" X 1/2"	u	190	\$ 6,20	\$ 2,67	\$ 8,87	\$ 1.684,67
73	NEPLOS ROSCADOS EN HIERRO NEGRO 1 1/2" X 4"	u	6	\$ 6,20	\$ 4,67	\$ 10,87	\$ 65,20
74	NEPLOS ROSCADOS EN HIERRO NEGRO 1" X 4"	u	300	\$ 4,13	\$ 3,11	\$ 7,24	\$ 2.173,33
75	UNIVERSALES HIERRO NEGRO ROSCADAS DE 1 1/2"	u	26	\$ 6,20	\$ 5,56	\$ 11,76	\$ 305,64
76	UNIVERSALES HIERRO NEGRO ROSCADAS DE 1"	u	1	\$ 4,13	\$ 3,11	\$ 7,24	\$ 7,24
77	Rociadores con orificio nominal 1/2" conexión roscada NPT, bulbo de vidrio rojo 155°F, factor de descarga k=5.6	u	190	\$ 4,13	\$ 10,00	\$ 14,13	\$ 2.685,33
78	Boquillas aspersoras con orificio nominal 1/2", presión máxima de trabajo de 170 psi, ángulo de descarga 140°, conexión roscada NPT, factor de descarga k=5.6	u	56	\$ 4,13	\$ 18,00	\$ 22,13	\$ 1.239,47
79	RECUBRIMIENTO CON DOS CAPAS DE POLIKEN TUBERIA ENTERRADA DE 6"	u	78	\$ 6,20	\$ 6,67	\$ 12,87	\$ 1.004,37
80	RECUBRIMIENTO CON DOS CAPAS DE POLIKEN TUBERIA ENTERRADA DE 4"	u	116	\$ 4,96	\$ 5,56	\$ 10,52	\$ 1.217,91
81	SOPORTES METALICOS TIPO MENSULA EN ANGULO Y ABRAZADERA UBOLT	u	246	\$ 16,67	\$ 13,33	\$ 30,00	\$ 7.380,00
82	VALVULA MARIPOSA TIPO RANURADA 6" MARCA: SMITH COOPER / USA o similar UL/FM CLASE 150	u	7	\$ 49,60	\$ 547,00	\$ 596,60	\$ 4.176,20
83	VALVULA MARIPOSA TIPO RANURADA 4" MARCA: SMITH COOPER / USA o similar UL/FM CLASE 150	u	1	\$ 49,60	\$ 500,00	\$ 549,60	\$ 549,60
84	VALVULA CHECK Y ALARMA DE 6" UL/FM	u	2	\$ 49,60	\$ 2.400,00	\$ 2.449,60	\$ 4.899,20
85	VALVULA TIPO COMPUERTA VASTAGO SALIENTE OS&Y UL/ FM MARCA KENNEDY / USA BRIDADA CLASE 150 6" 250PSI	u	2	\$ 49,60	\$ 750,00	\$ 799,60	\$ 1.599,20
86	BRIDAS DE ACERO AL CARBON CLASE 150 6"	u	4	\$ 24,80	\$ 25,52	\$ 50,32	\$ 201,29
87	EMPAQUES DE NEOPRENO 6x150	u	4	\$ -	\$ 8,89	\$ 8,89	\$ 35,56
88	ESPARRAGOS DE ACERO NEGRO 3/4" x 4 1/2" A105	u	32	\$ -	\$ 5,33	\$ 5,33	\$ 170,67
89	TOMA SIAMESA EN BRONCE DE 4" - 2 x 2 1/2"	u	1	\$ 16,53	\$ 350,00	\$ 366,53	\$ 366,53
90	Valvula check de 4" ranurada UL/FM	u	1	\$ 33,07	\$ 500,00	\$ 533,07	\$ 533,07
91	TEE RANURADA REDUCIDA 6" X 4"	u	7	\$ 66,13	\$ 154,00	\$ 220,13	\$ 1.540,93
92	TEE MECÁNICA RANURADA 6" X 2,5"	u	6	\$ 24,80	\$ 42,40	\$ 67,20	\$ 403,20
93	RED. CONCENTRICA RANURADA-ROSCADA 2,5" X 1,5"	u	6	\$ 16,53	\$ 52,00	\$ 68,53	\$ 411,20
94	ACOPLES REDUCIDOS RANURADOS - ROSCADO DE 3" x 1 1/2" UL/FM	u	20	\$ 16,53	\$ 19,00	\$ 35,53	\$ 710,67
95	VALVULA DE DILUVIO 4" CLASE 150 VIKING DELUGE VALVE F-1 STRAIGHT THROUGH STYLE P/N:11513, 4" G-G, VERTICAL TRIM P/N:14639-1, TRIM ELECTRICO PARA VAL VULA DE DILUVIO P/N:10830, SOLENOIDE: 11601 NEMA 4	u	1	\$ 66,13	\$ 5.998,00	\$ 6.064,13	\$ 6.064,13
96	TEE MECÁNICA ROSCADA 1 1/2" X 1"	u	56	\$ 6,20	\$ 18,00	\$ 24,20	\$ 1.355,20
97	TEE MECÁNICA RANURADA 4" X 2"	u	38	\$ 16,53	\$ 40,40	\$ 56,93	\$ 2.163,47
98	TEE MECÁNICA ROSCADA 2" X 1"	u	190	\$ 8,27	\$ 16,00	\$ 24,27	\$ 4.610,67
99	CODO REDUCIDO 1" X 1/2"	u	56	\$ 6,20	\$ 3,65	\$ 9,85	\$ 551,64
100	VALVULA TIPO COMPUERTA VASTAGO SALIENTE OS&Y UL/ FM MARCA KENNEDY / USA BRIDADA CLASE 150 4" 250PSI	u	1	\$ 33,07	\$ 590,00	\$ 623,07	\$ 623,07

Continúa 

101	VÁLVULA DE PRUEBAS 1" UL/FM	u	2	\$ 8,27	\$ 242,00	\$ 250,27	\$ 500,53
102	TEE MECÁNICA ROSCADA 4" X 1"		2	\$ 16,53	\$ 29,90	\$ 46,43	\$ 92,87
103	CAP RANURADO 4" UL/FM	u	8	\$ 16,53	\$ 12,60	\$ 29,13	\$ 233,07
104	ACOPLES REDUCIDOS RANURADOS DE 6"x3" UL/FM	u	1	\$ 24,80	\$ 36,00	\$ 60,80	\$ 60,80
105	CODO RANURADO 6" X 45	u	1	\$ 8,27	\$ 58,00	\$ 66,27	\$ 66,27
106	VISOR 1" ROSCADO	U	1	\$ 8,27	\$ 107,00	\$ 115,27	\$ 115,27
107	VALVULA MARIPOSA TIPO RANURADA 3" MARCA: SMITH COOPER / USA o similar UL/FM CLASE 150	u	3	\$ 34,67	\$ 450,00	\$ 484,67	\$ 1.454,01
108	SOPORTE TIPO PERA PARA TUBERÍA 2" MALLA ROCIADORES	u	190	\$ 10,00	\$ 13,00	\$ 23,00	\$ 4.370,00
109	SOPORTE NORMADO NFPA 15 PARA ANILLOS DE ENFRIAMIENTO						
	TUBERÍA DE ACERO 2" NEGRO CED 40	m	59	\$ 11,56	\$ 6,59	\$ 18,14	\$ 1.064,68
	BRIDA ACERO AL CARBÓN SLIP ON 2" CLASE 150	u	40	\$ 8,27	\$ 13,08	\$ 21,35	\$ 853,84
	TAPÓN DE ACERO NEGRO ROSCADO 2" HEMBRA	u	20	\$ 8,27	\$ 5,56	\$ 13,82	\$ 276,44
110	RECUBRIMIENTO CON DOS CAPAS DE POLIKEN TUBERIA ENTERRADA DE 8"	m	6	\$ 7,87	\$ 8,89	\$ 16,76	\$ 100,58
111	FILTRO TIPO Y 8" CLASE 125 BRIDADO UL	U	1	\$ 66,13	\$ 1.664,44	\$ 1.730,57	\$ 1.730,57
112	CODOS ACERO P/S 6" X 45	u		\$ 49,60	\$ 24,89	\$ 74,49	\$ -
113	CAP RANURADO 6" UL/FM	U	1	\$ 24,80	\$ 30,00	\$ 54,80	\$ 54,80
114	UNION RANURADA 3" x 1½" UL/FM	U	20	\$ 6,20	\$ 12,00	\$ 18,20	\$ 364,00
115	UNION ROSCADA 1" HG	U	2	\$ 8,27	\$ 3,33	\$ 11,60	\$ 23,20
116	TAPON ROSCADO MACHO 1" HG	U	2	\$ 4,13	\$ 2,22	\$ 6,36	\$ 12,71
SUBTOTAL							\$ 182.342,72

Tabla 85

Costos de Ingeniería

INGENIERIA, IMPREVISTOS Y VARIOS							
117	Ingenieria, pruebas y puesta en marcha	glb	1	1.666,67	0,00	1.666,67	1.666,67
118	Documentacion, planos y certificados	glb	1	1.333,33	0,00	1.333,33	1.333,33
119	Imprevistos	glb	1	1.666,67	1.666,67	3.333,33	3.333,33
SUBTOTAL							\$ 6.333,33

Tabla 86

Total Costos Directos

Tabla No.	DESCRIPCIÓN	COSTO
84	EQUIPOS, ACCESORIOS Y MANO DE OBRA	\$ 182.342,72
85	COSTOS DE INGENIERÍA	\$ 6.333,33
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$ 188.676,05

5.2. COSTOS INDIRECTOS

Tabla 87

Ejecución Tesis

Item	Descripción	Unidad	Cant	P Unitario M/O	P Unitario Material	Precio Unit.	Precio Total
1	Cartuchos de Impresora	u	2		\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 50,00
2	Impresiones planos plotter	u	30		\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 15,00
3	Resma de papel	u	1		\$ 4,75	\$ 4,75	\$ 4,75
4	Internet	glb	1		\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00
5	Útiles de Oficina	glb	1		\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00
6	Copias	u	1000		\$ 0,03	\$ 0,03	\$ 30,00
SUBTOTAL							\$ 229,75

Tabla 88

Ejecución Pruebas Tesis

Item	Descripción	Unidad	Cant	P Unitario M/O	P Unitario Material	Precio Unit.	Precio Total
1	Niple de Bronce 1½" NPT X NHS	u	1		\$ 12,50	\$ 12,50	\$ 12,50
2	Reducción Bronce 2½"x 1½"	u	1		\$ 65,00	\$ 65,00	\$ 65,00
3	Válvula Bola Bronce	u	2		\$ 5,08	\$ 5,08	\$ 10,16
4	Accesorios	glb	1		\$ 29,43	\$ 29,43	\$ 29,43
5	Tubos PVC	u	4		\$ 4,50		
6	Rociadores	u	2		\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 19,00
7	Mano de Obra	glb	1	\$ 50,00		\$ 50,00	\$ 50,00
SUBTOTAL							\$ 186,09

Tabla 89

Movilización, Varios

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE MATERIALES	\$ 1.110,07
2	ALIMENTACIÓN PERSONAL	\$ 6.834,73
3	ALQUILER DE HERRAMIENTAS VARIOS	\$ 10.252,10
SUBTOTAL		\$ 18.196,90

Tabla 90

Total Costos Indirectos

Tabla No.	DESCRIPCIÓN	COSTO
87	EJECUCIÓN TESIS	\$ 229,75
88	EJECUCIÓN PRUEBAS TESIS	\$ 186,09
89	MOVILIZACIÓN, VARIOS	\$ 18.196,90
	TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$ 18.612,74

5.3. TOTAL COSTO PROYECTO

Tabla 91

Total Costos Proyecto

Tabla No.	DESCRIPCIÓN	COSTO
86	TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$ 188.676,05
90	TOTAL COSTOS INDIRECTOS	\$ 18.612,74
	TOTAL COSTOS PROYECTO	\$ 207.288,79

5.4. ANÁLISIS DE DEPRECIACIÓN

Para la ejecución de éste análisis se consideraron, los costos de mano de obra y costos de materiales del proyecto. El método lineal sin valor residual se utilizó para realizar éste estudio, el cual se encuentra avalado por la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno. Imptek-Chova del Ecuador puede deducirlo de sus gastos.

El tiempo de devaluación de los equipos instalados en este Sistema Contra Incendios es de 10 años, por lo tanto se considera un porcentaje igual al 10% para la elaboración de éste análisis. Es decir que a partir del 2024 el equipamiento implementado dejará de tener un valor contable para la empresa.

La Tabla 92 desglosa el valor anual en el que se deprecia el proyecto instalado.

Tabla 92

Tabla de Depreciación

Periodo	Depreciación anual	Depreciación acumulada	Costo menos Depreciación Acumulada
2014			\$ 182.342,72
2015	\$ 18.234,27	\$ 18.234,27	\$ 164.108,45
2016	\$ 18.234,27	\$ 36.468,54	\$ 145.874,18
2017	\$ 18.234,27	\$ 54.702,82	\$ 127.639,90
2018	\$ 18.234,27	\$ 72.937,09	\$ 109.405,63
2019	\$ 18.234,27	\$ 91.171,36	\$ 91.171,36
2020	\$ 18.234,27	\$ 109.405,63	\$ 72.937,09
2021	\$ 18.234,27	\$ 127.639,90	\$ 54.702,82
2022	\$ 18.234,27	\$ 145.874,18	\$ 36.468,54
2023	\$ 18.234,27	\$ 164.108,45	\$ 18.234,27
2024	\$ 18.234,27	\$ 182.342,72	\$ -

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La implementación del Sistema de Extinción Contra Incendios de la nueva planta industrial de Imptek-Chova del Ecuador cumple con la Reglamentación Nacional de acuerdo a la Ordenanza 470 del Distrito Metropolitano de Quito y las normas NFPA.
- Acorde al Análisis de Riesgos de Incendio se determinó según NFPA 13, que el riesgo general de la planta es ORDINARIO II. Los incendios tipo A predominaron dentro del análisis, por lo que se seleccionó al agua como agente extintor para combatir fuegos en el interior y exterior de la nave industrial, y la mezcla agua-espuma para proteger el área de Tanques Diésel y Calderos por tratarse de fuegos tipo B.
- El Sistema de Extinción de Incendios implementado en la Planta está compuesto por un Sistema de Rociadores Automáticos que protegen la Bodega de Producto Terminado, un Sistema de Anillos de Enfriamiento con boquillas pulverizadoras de agua los cuales protegen a los Tanques de Almacenamiento de Asfalto, Aceite Térmico y Diésel, una red de Gabinetes Tipo II e Hidrantes de Piso y Pared para cobertura de interiores y exteriores y un Monitor de Espuma AFFF para la extinción de incendios en los Tanques de Diésel y Calderos.
- Realizados los cálculos hidráulicos en los puntos más críticos de la planta, se determina que el Sistema de Rociadores Automáticos son los que

generan mayor consumo de agua, con una demanda de 680 gpm. La capacidad de bombeo de toda la red se seleccionó en base a éste parámetro, por otra parte el hidrante más lejano es quien determina el TDH de la bomba con una caída de presión igual a 117 psi. Se optó por una bomba horizontal de carcasa partida cuya capacidad nominal es de 750gpm@130psi normada UL/FM, impulsada por un motor diésel de 173 HP.

- A pesar que la norma NFPA indica que las pérdidas por fricción deben calcularse por el método de Hazen-Williams, en el presente trabajo de titulación se compararon los cálculos con el método de Darcy-Weisbach. La desviación en porcentaje obtenida entre los métodos y el valor real medido varía desde el 0.36% al 4.8%, teniendo como resultado mayor precisión con el Método de Darcy-Weisbach. El Método de Hazen-Williams es más práctico en su uso y es el que actualmente la NFPA incluye en sus publicaciones para la ejecución de los cálculos hidráulicos, pero al comparar con el Método de Darcy-Weisbach se concluye que el de Hazen-Williams es muy conservador con un porcentaje de error de hasta 4.27% con respecto al valor medido.
- Se elaboraron los protocolos de pruebas y los procedimientos de Inspección, Prueba y Mantenimiento de los equipos instalados según lo estipulado por la NFPA 25 y un manual de operación del Sistema Contra Incendios.
- Se facilitaron los planos de la parte constructiva del Sistema Contra Incendios, en donde consta información técnica y ubicación de los equipos instalados.

6.2. RECOMENDACIONES

- El agua utilizada para el SCI es proveniente de una acequia, por esta razón esta agua tiene varias sustancias como lodo, paja, hojas, ramas entre otros objetos los cuales se estancan en el reservorio y ayudan a la formación de algas. Como parte de la solución al tema de las impurezas y basura por tratarse de un reservorio abierto, se instaló un filtro tipo “Y” en la succión de la Bomba Diésel. Se recomienda que después de cada operación de la bomba, realizar una limpieza de la canastilla del Strainer, para evitar que éstos objetos ingresen al imple de la bomba y a los rociadores.

- Se recomienda la instalación de un sistema de detección, el cual se debe complementar con el sistema de extinción instalado. Es decir se deben supervisar las válvulas de control para indicar su posición de abierto o cerrado, además se deben instalar detectores de flujo en las alimentaciones de las mallas de rociadores, sensores de humo en la nave y oficinas, sensores de temperatura para los tanques de Asfalto y Diésel.

- Según la NFPA 20, se recomienda implementar un Sistema de Rociadores Automáticos para la protección del cuarto de bombas, el cual se encuentra a menos de 15 metros de un probable incendio en la Nave Industrial.

- Finalmente, la implementación de un sistema contra incendios, construido bajo la Ordenanza Municipal 470 que rige en el Distrito Metropolitano de Quito y las normas americanas NFPA, lejos de ser un gasto económico para las empresas, representa más bien una medida de prevención primordial para la protección de la vida humana y de la propiedad.

BIBLIOGRAFÍA

- AMSTRONG. (2008). End Suction Fire Pumps. *End Suction Fire Pumps Series 47MF*.
- Armstrong Fluid Technology. (2013). Obtenido de http://armstrongpumps.com/Data/pdfbrochures/Links/01_01_007/43d.12SP_dualArm_brochure.pdf
- Botta, A. (2011). Sistemas Fijos de Protección en Base a Rociadores. *Sistemas Fijos de Protección en Base a Rociadores*.
- Botta, N. (2010). *Los Agentes Extintores, los Halones y Agentes Limpios*. Rosario: Red Proteger.
- CLARKE. (2014). Obtenido de <http://www.clarkefire.com/products/engines/USAPurchased/ulfm/DQ6H/DQ6H-FAA88.aspx>
- Clases de Fuegos. (2008). Obtenido de <http://www.misextintores.com/lci/clases-de-fuegos>
- CRANE. (1990). *Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías*. México: McGraw-Hill.
- El Método de Hardy Cross. (2008). Obtenido de <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoentuberias/metodohardycross/elmetododehardycross.html>
- EXPOWER. (2013). Obtenido de <http://www.expower.es/hidrante-incendios.htm>
- FLOWTEK VALVES & CONTROLS. (2013). *UL Listed Deluge Valves Range*. Obtenido de http://www.delugecontrolvalve.com/Deluge_Valve.htm
- Hall, R., & Adams, B. (1998). *Fundamentos de la lucha contra incendios*. Oklahoma: Oklahoma State University.
- Hydraulic Institute. (2010). Obtenido de <http://www.pumps.org>

- MARTIN, B. (2009). Extinción a Base de Espuma. *Manual del Bombero Profesional*.
- MOTORS, U. (2013). Obtenido de www.usmotors.com/
- NFPA . (2009). *Manual de Protección Contra Incendios* (Quinta ed., Vol. II). Massachusetts, USA.
- NFPA 11. (2005). Norma para Espumas de Baja, Mediana y Alta Expansión.
- NFPA 13. (2007). NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.
- NFPA 14. (2007). Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras.
- NFPA 15. (2001). Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios.
- NFPA 20. (2007). Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios.
- NFPA. (2009). *Manual de Protección Contra Incendios* (Quinta ed., Vol. I). Massachusetts.
- NFPA 24. (2007). Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.
- NFPA 25. (2010). Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas Hidráulicos Contra Incendios.
- POTTER. (2013). *Wet Pipe Sprinkler Presentation*. Obtenido de <http://www.pottersignal.com/training/presentations/wetpipesprinkler.html>
- Protek Fire Equipment. (2014). Obtenido de <http://www.protek.com.py/>
- PUMPFLO. (2014). *Engineered Software, Inc*. Obtenido de <http://pump-flo.com/>
- SALDARRIAGA, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías Abastecimiento de Agua, Redes, Riego*. Bogotá: Alfaomega Colombiana S.A.

- Station, F. (2009). *Cavitación en Bombas*. Obtenido de <http://firestation.wordpress.com/2009/07/08/cavitacion-en-bombas-centrifugas/>
- TYCO INTERNATIONAL. (2014). Obtenido de <http://www.tyco.com/>
- VICTAULIC COMPANY. (2014). *Grooved Couplings*. Obtenido de <http://www.victaulic.com/en/businesses-solutions/solutions/grooved-end-technology/>
- VIKING GROUP. (2013). Boquillas Pulverizadoras. *Modelo E*.
- VIKING GROUP. (2014). *Deluge Systems*. Obtenido de http://www.vikinggroupinc.com/databook/wetsystems/062293_es.pdf
- VIKING GROUP. (2014). *VIKING*. Obtenido de http://www.vikinggroupinc.com/databook/sprinklers/standard/sr/stcov/080106_es.pdf

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS		
CÓDIGO	CONTIENE	FORMATO
PR-ME-78-LAM1	PLANO CONJUNTO SCI	A1
PR-ME-78-LAM2	IMPLANTACIÓN Y COBERTURA DE EQUIPOS DEL SCI	A1
PR-ME-78-LAM3	ANILLO PRINCIPAL 6"	A1
PR-ME-78-LAM4	LÍNEA ENTERRADA HACIA PARQUEADEROS	A1
PR-ME-78-LAM5	INSTALACIÓN MALLA DE ROCIADORES	A1
PR-ME-78-LAM6	SIST. DE PULVERIZACIÓN DE AGUA EN TANQUES	A1
PR-ME-78-LAM7	DETALLE CASA DE BOMBAS	A1
PR-ME-78-LAM8	DETALLE DE EQUIPOS INSTALADOS	A1

ANEXOS

ANEXO 1
HOJAS TÉCNICAS

ANEXO 2
HOJAS Y DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO

ANEXO 3
PROTOCOLOS DE PRUEBAS

ANEXO 4
PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN, PRUEBAS Y
MANTENIMIENTO SEGÚN NFPA 25

ANEXO 5
MANUAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS INSTALADOS

ANEXO 6
CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PROYECTO