

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero Mecánico**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y  
EXTINCIÓN AUTOMÁTICO DE INCENDIOS EN EL TERMINAL  
PASCUALES.**

**AUTORES:**

**WILMER GENARO ARMAS VILLACIS  
DANNY RIGOBERTO VALENCIA BARRAGÁN**

**DIRECTOR:**

**ING. ORLANDO PINEDA**

**Quito, Enero del 2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en forma total por los señores: Wilmer Genaro Armas Villacis y Danny Rigoberto Valencia Barragán.

**Atentamente:**

Ing. Orlando Pineda

**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

Deseo profundamente dedicar este trabajo a mis padres, Dilma Barragán y Rigoberto Valencia, que supieron forjar en mí el trabajo, la lucha, y la constancia, a mis hermanos por estar siempre conmigo en los momentos difíciles.

A mi novia Nataly Santacruz, mujer constante y llena de sabiduría que ha estado junto a mí en el proceso de mi formación profesional.

Danny Rigoberto Valencia Barragán

Quiero dedicar el presente trabajo a mi esposa, Ana Belén Alvear y a mi hijo, Alexis Armas, que me han acompañado durante la mayor parte de este largo camino y hoy son la fuente de inspiración y el motivo que me lleva a brindar lo mejor de mí para brindarles un mejor porvenir.

Wilmer Genaro Armas Villacis

## **AGRADECIMIENTO**

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la compañía Petroanaconda, a la Gerente, Ing. María Fernanda Montesdeoca, por permitirnos formar parte de este proyecto.

De manera especial agradecer al Ing. Orlando Pineda, Director de la presente Tesis, por colaborar con sus conocimientos, por su gran aporte para culminación de este trabajo, y por su constancia para encaminarnos hacia la excelencia.

Sinceramente.

Los Autores.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Empresa Nacional de Comercialización, Almacenamiento y Transporte de Petróleos del Ecuador, forma parte de un holding de empresas que llevan adelante la ejecución de políticas de la industria petrolera ecuatoriana. Dentro de esta estructura organizacional, se encarga de transportar, almacenar, comercializar y garantizar el oportuno y normal abastecimiento de los derivados del petróleo en todo el país.

El **Terminal de Productos Limpios de Pascuales**, ubicado en la ciudad de Guayaquil, ha funcionado desde hace más de veinte años y la mayor parte de su infraestructura se concibió y construyó dentro de un diferente escenario ambiental regulatorio, razón por la que en la actualidad, con el objeto de cumplir las leyes y reglamentos de protección ambiental y seguridad industrial que actualmente son mandatarías, tanto por formar parte del holding de la EP PETROECUADOR, como por establecerse dentro del límite urbano de la ciudad de Guayaquil, busca implementar un sistema de detección y extinción de incendios que cumpla con normativas internacionales para preservar los bienes de la empresa así como las vidas de las personas que operan dentro del Terminal.

## JUSTIFICACIÓN

Un sistema de protección contra incendios es un sistema que incluye dispositivos, equipos y controles para detectar fuego o calor, hacer actuar una señal y para suprimir el fuego.

La propuesta del sistema contra incendios del Terminal Pascuales consistirá en un sistema de extinción de flama que funcionará de la siguiente manera:

En áreas donde se almacenen o se despachen líquidos inflamables, el incendio provocado por estos agentes se extinguirá con una solución de agua-espuma.

La extinción de incendios provocados por líquidos inflamables en la zona de tanques de almacenamiento irá acompañada de un enfriamiento de las paredes externas de los tanques de almacenamientos tanto los incendiados como los adyacentes.

En áreas donde no se almacenen líquidos inflamables, el incendio se combatirá únicamente con agua, provista desde monitores.

## ALCANCE

La Empresa Nacional de Comercialización, Almacenamiento y Transporte de Petróleos del Ecuador desea implementar un sistema de detección y supresión automático de incendios en el Terminal Pascuales, en las siguientes áreas identificadas como de riesgo:

1. Cuarto de Bombas de Producto.
2. Área de tanques de almacenamiento de la estación reductora.
3. Área de tanques de almacenamiento de despacho y área de bombas de producto.
4. Área de islas de carga de combustibles.
5. Área de parqueaderos.

Dentro de cada una de las áreas se determinara el número y posición de todos los sensores necesarios para la detección de las condiciones de riesgo, incidentes y accidentes que se puedan generar, se desarrollará el análisis del equipamiento necesario para la automatización que mediante la utilización de lógica programable accionaran todos y cada uno de los elementos de supresión mencionados. Se determinará las cantidades de cada agente mediante estudios hidráulicos, software especial para cada una de las aplicaciones, estudiando la hidráulica, potencia de los motores, presiones requeridas, diámetro de tubería, accesorios de aspersion, equipo de suministro de los agentes, el diseño incluye cálculos para el dimensionamiento y selección de materiales de la tubería y accesorios del sistema de extinción de incendios.

El diseño se complementa con el análisis de costo – beneficio del proyecto, elaboración de planos de conjunto y detalle de cada una de las áreas protegidas.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Diseño y simulación de un sistema de detección y extinción automático de incendios en el terminal Pascuales, que permita alertar la presencia de flama y gas inflamable en las áreas identificadas como de riesgo, así como también permita la supresión del incendio de forma local o remota.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Emitir principios para la instalación, conexión y adecuación de sistemas contra incendios, con el propósito de obtener un nivel adecuado de protección para el personal y las instalaciones de la industria petrolera, frente a los riesgos potenciales de incendio y explosiones.
2. Facilitar la operación del sistema de extinción en base a la automatización de los sistemas de detección.
3. Determinar el número y posición de los sensores, necesarios para la detección de las condiciones de riesgo.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPITULO I

<b>1</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>COMPONENTES DEL FUEGO (EL TRIÁNGULO DEL FUEGO).....</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>COMBUSTIBLE.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>COMBURENTE.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4</b>	<b>ENERGÍA DE ACTIVACIÓN. ....</b>	<b>7</b>
<b>1.5</b>	<b>COMBUSTION.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6</b>	<b>CLASES DE FUEGO. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.7</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE RIESGO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.8</b>	<b>CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INCENDIOS.....</b>	<b>16</b>
<b>1.9</b>	<b>EXTINCIÓN DE INCENDIOS. ....</b>	<b>17</b>
<b>1.10</b>	<b>SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....</b>	<b>21</b>
<b>1.11</b>	<b>DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS. ....</b>	<b>30</b>

### CAPITULO II

<b>2</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO PARA SISTEMAS DE BOMBEO Y CÁLCULO HIDRÁULICO. ....</b>	<b>34</b>
<b>2.1</b>	<b>RED DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2</b>	<b>ECUACIONES FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN. ....</b>	<b>36</b>
<b>2.3</b>	<b>ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA RED. ....</b>	<b>38</b>

<b>2.4 PROCESO ANALÍTICO DE RESOLUCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>47</b>
--	-----------

### **CAPITULO III**

<b>3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y OPERACIÓN DEL TERMINAL PASCUALES.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1 UBICACIÓN, EXTENSIÓN Y LÍMITES.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>3.3 DESCRIPCIÓN OPERATIVA.....</b>	<b>63</b>
<b>3.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL.....</b>	<b>69</b>
<b>3.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS Y COMERCIALIZADOS.....</b>	<b>70</b>
<b>3.6 SERVICIOS BÁSICOS.....</b>	<b>74</b>

### **CAPITULO IV**

<b>4 DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN EL TERMINAL PASCUALES.....</b>	<b>76</b>
<b>4.1 ZONIFICACIÓN DE LAS AREAS DE RIESGO DEL TERMINAL PASCUALES.....</b>	<b>77</b>
<b>4.2 CAUDALES MÍNIMOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....</b>	<b>79</b>
<b>4.3 CANTIDAD REQUERIDA DE SOLUCIÓN AGUA-ESPUMA.....</b>	<b>96</b>
<b>4.4 CANTIDAD DE AGUA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.....</b>	<b>105</b>
<b>4.5 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PARED DE TUBERÍAS BAJO PRESION INTERNA.....</b>	<b>107</b>

<b>4.6</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS PARA SOLUCIÓN AGUA-ESPUMA Y AGUA PARA ENFRIAMIENTO.....</b>	<b>112</b>
<b>4.7</b>	<b>CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....</b>	<b>144</b>
<b>4.8</b>	<b>SIMULACIÓN HIDRÁULICA Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO. ....</b>	<b>159</b>

## **CAPITULO V**

<b>5</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.....</b>	<b>200</b>
<b>5.1</b>	<b>ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DETECCION DE INSENDIOS DEL TERMINAL PASCUALES.....</b>	<b>201</b>
<b>5.2</b>	<b>FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DEL TERMINAL PASCUALES.....</b>	<b>207</b>
<b>5.3</b>	<b>ZONIFICACION Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS EN EL TERMINAL PASCUALES.....</b>	<b>211</b>
<b>5.4</b>	<b>ESTÁNDARES DE PROTECCIÓN "IP" Y "NEMA" DE LOS DETECTORES Y ACTUADORES APLICADOS EN EL SISTEMA DE DETECCIÓN DEL TEMINAL PASCUALES. ....</b>	<b>225</b>
<b>5.5</b>	<b>SEGURIDAD FUNCIONAL EN LA INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS, SIL (Safety Integrity Level).....</b>	<b>226</b>

## **CAPITULO VI**

<b>6</b>	<b>PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN Y DETECCIÓN DE INCENDIOS.....</b>	<b>233</b>
<b>6.1</b>	<b>TÉCNICA EMPLEADA. ....</b>	<b>234</b>
<b>6.2</b>	<b>COSTOS DE MATERIALES REQUERIDOS PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS. ....</b>	<b>234</b>
<b>6.3</b>	<b>COSTOS DE EQUIPOS DE BOMBEO. ....</b>	<b>239</b>

<b>6.4</b>	<b>COSTOS SISTEMA DE DETECCIÓN.....</b>	<b>239</b>
<b>6.5</b>	<b>COSTOS DE INSTALACION, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS. ....</b>	<b>239</b>
<b>6.6</b>	<b>COSTO TOTAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS. ....</b>	<b>241</b>

## **CAPITULO VII**

<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>243</b>
<b>7.1</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>243</b>
<b>7.2</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>244</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>246</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Incendio Tanque de Almacenamiento .....	3
Fig. 1.2: Triángulo del Fuego.....	4
Fig. 1.3: Combustibles Sólidos .....	5
Fig. 1.4: Combustibles Líquidos .....	6
Fig. 1.5: Combustibles Gaseosos .....	6
Fig. 1.6: Esquema Molecular del Oxígeno.....	7
Fig. 1.7: Energía de Activación .....	7
Fig. 1.8: Combustión con Humo .....	9
Fig. 1.9: Combustión con Llama.....	10
Fig. 1.10: Combustión Generando Calor .....	11
Fig. 1.11: Clase de Fuegos y Elementos Extintores.....	14
Fig. 1.12: Skid Bomba Centrifuga Horizontal Sistema Contra Incendios. ....	23
Fig. 1.13: Curva Característica para Bombas Centrifugas Horizontales y Verticales.24	
Fig.1.14: Monitor. ....	25
Fig. 1.15: Sistema de Rociadores, para Casetas y Tanques .....	25
Fig. 1.16: Diagrama del Tanque Proporcionador Tipo Diafragma (Tanque Bladder).27	
Fig. 1.17: Diagrama del Proporcionador de Presión Balanceada .....	28
Fig. 1.18: Cámara de Espuma .....	29
Fig. 1.19: Aplicación Superficial de Espuma a Través de Cámaras en Tanques de Techo Fijo. ....	29
Fig. 2.1: Esquema Red Ramificada.....	35
Fig. 2.2: Esquema Red Mallada .....	35
Fig. 2.3: Esquema Principio de Bernoulli. ....	37
Fig. 2.4: Diagrama de Moody .....	40

Fig. 2.5: Esquema de Tres Tuberías.....	48
Fig. 2.6: Distribución Tubería Mallada.....	49
Fig. 3.1: Acceso Terminal Pascuales .....	54
Fig. 3.2: Terminal Pascuales .....	55
Fig. 3.3: Zona de Tanques de Almacenamiento.....	59
Fig. 3.4: Estación Reductora .....	64
Fig. 3.5: Islas de Despacho .....	69
Fig. 4.1: Plataforma de Almacenamiento Tanque Incendiado TP-17.....	88
Fig. 4.2: Esquema Tanque Techo Flotante.....	93
Fig. 4.3: Distribución Tubería Área de Parqueaderos.....	96
Fig. 4.4: Distribución Rociadores Agua-Espuma .....	114
Fig.4.5: Esquema Rociador Agua-Espuma .....	114
Fig.4.6: Velocidad Espuma vs Flujo de Espuma .....	116
Fig.4.7: Distribución Tuberías Cuarto de Bombas de Producto .....	116
Fig.4.8: Ubicación Anillos de Enfriamiento Tanque de Almacenamiento 55000 barriles.....	118
Fig.4.9: Ubicación Anillos de Enfriamiento Tanque de Almacenamiento de 80000 Barriles .....	118
Fig.4.10: Conexión Líneas de Alimentación y Anillos de Enfriamiento.....	120
Fig.4.11: Esquema Rociador de Agua.....	125
Fig.4.12: Dimensiones Líneas Principales Rociador. ....	126
Fig.4.13: Esquema Ubicación Rociador Tanque TP-17 .....	130
Fig.4.14: Esquema Rociador Agua-Espuma .....	139
Fig.4.15: Distribución Tuberías Islas de Carga.....	141
Fig.4.16: Distribución Tuberías Cuarto de Bombas de producto.....	145

Fig.4.17: Esquema de Funcionamiento Tanque Bladder .....	146
Fig.4.18: Conexiones Estándar en “T” .....	150
Fig.4.19: Conexiones Estándar Codos 45° .....	151
Fig.4.20: Conexiones Estándar Codos 90° .....	151
Fig.4.21: Coeficiente de Resistencia para Válvulas de Mariposa .....	153
Fig.4.22: Coeficiente de Resistencia para Válvulas de Compuerta .....	154
Fig.4.23: Cuarto Bombas de Producto Entorno Pipe Flow Expert .....	162
Fig.4.24: Distribución Caudal .....	163
Fig.4.25: Presión Rociador más lejano .....	164
Fig.4.26: Presión Inicial Proporcionador .....	165
Fig.4.27: Resultado de las Velocidades en Cada Línea .....	166
Fig.4.28: Distribución Tuberías Estación Reductora .....	169
Fig.4.29: Estación Reductora Entorno Pipe Flow Expert .....	171
Fig.4.30: Estación Reductora Distribución Caudal.....	172
Fig.4.31: Presión Inicial en Bombas y Presión en Rociador más Lejano .....	173
Fig.4.32: Ampliación Sala de Bombas de Agua Contra Incendios.....	173
Fig.4.33: Estación Reductora Resultados Velocidades en la Red.....	175
Fig.4.34: Curva Característica Bomba Eléctrica .....	177
Fig.4.35: Curva Característica Bomba Eléctrica Entorno Pipe Flow Expert. ....	178
Fig.4.36: Curva Característica Bomba Diesel.....	179
Fig.4.37: Curva Característica Bomba Diesel Entorno Pipe Flow Expert. ....	179
Fig.4.38: Esquema Bomba Contra Incendios Horizontal.....	180
Fig.4.39: Curva Característica Bomba Jockey.....	182
Fig.4.40: Instalación Bomba Jockey con la Bomba Contra Incendio.....	182
Fig.4.41: Distribución Tuberías de Agua-Espuma.....	183

Fig.4.42: Estación Reductora Tubería de Espuma Entorno Pipe Flow Expert .....	184
Fig.4.43: Estación Reductora Distribución Caudal.....	185
Fig.4.44: Estación Reductora Presión Inicial y Presión Final.....	186
Fig.4.45: Distribución Tuberías Islas de Carga.....	189
Fig.4.46: Islas de Carga Entorno Pipe Flow Expert.....	191
Fig.4.47: Distribución Caudal .....	191
Fig.4.48: Presión Rociador más lejano .....	192
Fig.4.49: Resultado de las Velocidades en Cada Línea .....	193
Fig.4.50: Distribución Tuberías Área de Parquaderos .....	195
Fig.4.51: Distribución Tuberías Área de Parquaderos Entorno Pipe Flow .....	196
Fig.4.52: Distribución Caudal .....	197
Fig.4.53: Presión Monitor más Lejano.....	197
Fig.4.54: Resultado de las Velocidades en Cada Línea .....	198
Fig. 5.1: Esquema Sistema de Detección .....	201
Fig. 5.2: PLC. Controlador Lógico Programable.....	202
Fig. 5.3: Esquema Detector de Flama.....	203
Fig. 5.4: Campo de Visión.....	204
Fig. 5.5: Sirena.....	205
Fig. 5.6: Luz Estroboscópica.....	205
Fig. 5.7: Botonera para Alarma de Incendio.....	206
Fig. 5.8: Detector de Flama FL4000.....	212
Fig. 5.9: Cobertura del Detector de Flama.....	213
Fig. 5.10: Disposición de los Sensores de Flama en el Cuarto de Bombas de Producto.....	213
Fig. 5.11: Elementos del Detector Lineal de Calor.....	214

Fig. 5.12: Espaciamiento de los Detectores de Calor (LHD).....	216
Fig. 5.13: Caja de Conexiones Eléctricas para Detectores LHD. ....	217
Fig. 5.14: Distribución de los Detectores de Flama en los Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.....	219
Fig. 5.15: Ubicación y Distribución de los Detectores LHD en los Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.....	220
Fig. 5.16: Estaciones Manuales de Alarma en los Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.....	221
Fig. 5.17: Distribución de los Detectores de Flama y LHD en los Tanques de Almacenamiento de la Estación de Despacho. ....	222
Fig. 5.18: Estación Manual de Alarma en los Tanques de Almacenamiento de la Estación de Despacho. ....	223
Fig. 5.19: Distribución de los Detectores de Flama en las Islas de Carga de Combustible. ....	224
Fig. 5.20: Normas IEC .....	226
Fig. 5.21: Determinación del índice SIL según la "metodología cualitativa" .....	228
Fig. 5.22: Determinación de SIL.....	230

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1: Tabulación de Datos – Primer Calculo .....	50
Tabla 2.2: Tabulación de Datos – Segundo Calculo.....	52
Tabla 2.3: Tabulación de Datos – Tercer Calculo.....	52
Tabla 3.1: Características Técnicas del Generador .....	57
Tabla 3.2: Características y Dimensiones de los Tanques de la Plataforma de Almacenamiento .....	59

Tabla 3.3: Dimensiones de los Cubetos de Tanques.....	60
Tabla 3.4: Características de los Tanques del Área de Despacho.....	61
Tabla 3.5: Características del Cubeto del Área de Despacho .....	61
Tabla 3.6: Distribución de las Islas de Carga.....	62
Tabla 3.7: Separadores API.....	63
Tabla 3.8: Sistema de Transporte Vía Poliductos .....	64
Tabla 3.9: Características del Diesel 1 .....	70
Tabla 3.10: Características de Jet fuel .....	71
Tabla 3.11: Características de la Gasolina Súper.....	72
Tabla 3.12: Características de la Gasolina de Avión.....	72
Tabla 3.13: Características del Diesel 2.....	73
Tabla 3.14: Requisitos de la Gasolina Extra .....	73
Tabla 4.1: Caudal de Agua de Enfriamiento en los Tanques de Almacenamiento Área 2 (Estación Reductora).....	83
Tabla 4.2: Caudal de Agua de Enfriamiento en los Tanques de Almacenamiento Área 3 (Estación Despacho).....	84
Tabla 4.3: Caudales de Solución Agua-Espuma para los Tanques de Techo Fijo en la Zona 2 y 3. ....	91
Tabla 4.4: Caudales de Solución de Agua-Espuma para los tanques de Techo Flotante en la Zona 2 y 3.....	93
Tabla 4.5: Dimensiones de las Zonas en las Islas de Carga.....	94
Tabla 4.6: Protección Adicional con Mangueras. ....	98
Tabla 4.7: Factor de Corrección (Y) .....	108
Tabla 4.8: Tolerancias de Fabricación (Tf).....	109
Tabla 4.9: Factores de Junta para Diferentes Materiales (E) .....	110

Tabla 4.10: Cantidad de Anillos de Enfriamiento.....	119
Tabla 4.11: Diámetro Líneas de Alimentación .....	121
Tabla 4.12: Diámetro Anillos de Enfriamiento.....	122
Tabla 4.13: Número de Cámaras de Espuma Fijas. ....	131
Tabla 4.14: Número de Cámaras de Solución Agua-Espuma, Tanques de Despacho	131
Tabla 4.15: Número de Cámaras de Solución Agua Espuma para Tanques de Diesel en la Estación Reductora.....	131
Tabla 4.16: Número de Cámaras de Solución Agua-Espuma, para Tanques Slop en la Estación Reductora.....	132
Tabla 4.17: Número de Cámaras de Solucion Agua-Espuma, para Tanques Jet Fuel en la Estación Reductora.....	132
Tabla 4.18: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, Tanques de Despacho .	133
Tabla 4.19: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, Para Tanques de Diesel en la Estación Reductora.....	133
Tabla 4.20: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, Para Tanques Slop en la Estación Reductora.....	134
Tabla 4.21: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, para Tanques Jet Fuel en la Estación Reductora.....	134
Tabla 4,22: Cantidad de Cámaras Agua-Espuma en los Tanques de Techo Flotante del Área de Despacho.....	135
Tabla 4.23: Cantidad de Cámaras de Espuma en los Tanques de Techo Flotante de Gasolina en la Estación Reductora.....	135
Tabla 4.24: Diámetros de Tubería de las Líneas Principales de Solución de Agua-Espuma en los Tanques de Techo Flotante del Área de Despacho.....	136

Tabla 4.25: Diámetros de Tubería de las Líneas Principales de Solución de Espuma en los Tanques de Techo Flotante de Gasolina en la Estación Reductora.....	136
Tabla 4.26: Dimensiones y Áreas de las Islas de Carga de Combustibles.....	137
Tabla 4.27: Número de Rociadores en Islas de Carga de Combustibles .....	137
Tabla 4.28: Número de Rociadores por Ramal.....	138
Tabla 4.29: Número de Ramales en Cada Zona.....	138
Tabla 4.30: Caudal de Operación en Cada Zona.....	141
Tabla 4.31: Diámetros Tuberías Principales Islas de Carga .....	142
Tabla 4.32: Caudal de Solución Agua-Espuma en Cada Tubería Secundaria .....	142
Tabla 4.33: Diámetros Tuberías Secundarias.....	143
Tabla 4.34: Factores de Fricción para Flujo Turbulento.....	150
Tabla 4.35: Hoja Técnica de Datos Proporcionador de Espuma .....	168
Tabla 4.36: Tamaños Mínimos de Tubería y Accesorios para Bombas Horizontales. (NFPA 20).....	180
Tabla 4.37: Hoja Técnica de Datos Proporcionador de Presión Balanceada.....	188
Tabla 5.1: Aplicación de los Sensores. ....	208
Tabla 5.2: Guía para la Selección de Detectores por Tipo de Instalación. ....	209
Tabla 5.3: Matriz Causa Efecto.....	210
Tabla 5.4: Estándares de Protección de los Detectores.....	225
Tabla 5.5: Cualidades del Riesgo.....	229
Tabla 6.1: Costos de Materiales en el Cuarto de Bombas de Producto. ....	234
Tabla 6.2: Costos de materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma.....	235
Tabla 6.3: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua de Enfriamiento.....	236



Tabla 6.4: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma.....	237
Tabla 6.5: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua de Enfriamiento.....	237
Tabla 6.6: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma en Islas de Carga. ....	238
Tabla 6.7: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua. ....	238
Tabla 6.8: Costos de Materiales de los Equipos de Bombeo .....	239
Tabla 6.9: Costos de Materiales de los Sistemas de Detección .....	239
Tabla 6.10: Costos de Instalación, Montaje y Puesta en Marcha de Equipos parte Mecánica .....	240
Tabla 6.11: Costo Total del Sistema Contra Incendios.....	241

# **CAPÍTULO I**

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

# **1 FUNDAMENTO TEÓRICO.**

## **INTRODUCCIÓN.**

Los incendios pueden llegar a presentarse, en la oficina, industria o en el hogar, para ello es necesario estar capacitados y además conocer las medidas de prevención y control de incendios. En algunas actividades industriales, debe ser considerado implementar un programa de prevención y control con mayor énfasis para una buena gestión de parte de las empresas en la prevención de riesgos, es de vital importancia la participación de sus trabajadores, a través de la constitución y funcionamiento de los comités participativos, la elaboración de los reglamentos internos con la participación de los trabajadores, la formación del departamento de prevención de riesgos y la asesoría permanente, con el fin de lograr que las actividades que se desarrollan en las industrias logren disminuir el riesgo de incendios teniendo en cuenta el control y la prevención de los incendios a fin de evitar daños a los equipos, materiales, medio ambiente y personas.

Actualmente en todo ámbito las personas están expuestas a este riesgo llamado fuego (incendios), los factores de riesgo que se generan en las empresas o industrias van desde una mala manipulación hasta factores técnicos, como mala manutención de insumos, mal almacenamiento, instalaciones eléctricas mal terminadas, etc. Ciertamente, los incendios constituyen una amenaza constante para la humanidad al tiempo que son innumerables las pérdidas que ellos ocasionan, la seguridad de la vida humana resulta un aspecto muy importante ya sea en las casas, vehículos y lugares de trabajo, donde existe un importante riesgo de muerte por incendio y en muchos casos son provocados por el hombre. Durante los últimos años los incendios han aumentado su frecuencia, y causado daños irreparables tanto en vidas humanas como en pérdidas materiales y medioambientales.

Dentro de este campo cabe destacar los Incendios en plantas industriales, plataformas petroleras, explosiones químicas, etc., que han producido accidentes industriales mayores, por falta de seguridad y de planes de emergencias adecuados lo que ha provocado situaciones de pérdidas irreparables, desde la imagen de la empresa hasta desastres cuantiosos y pérdidas humanas.

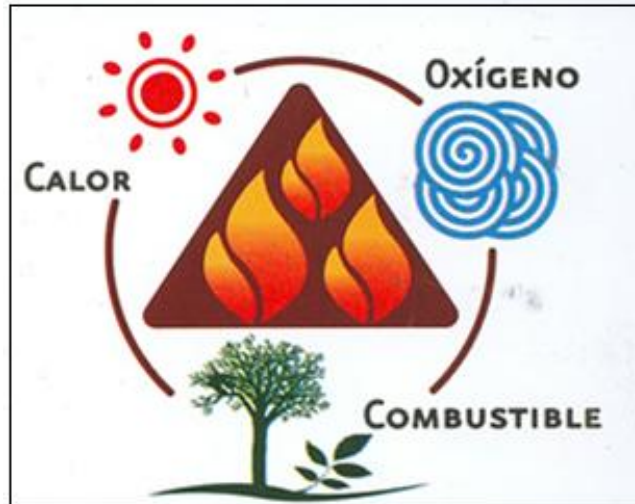
El hombre ha logrado, a través de la historia, un creciente dominio sobre las fuerzas de la naturaleza, sin embargo, éstas pueden escapar a su control, con devastadoras consecuencias. Para evitar un incendio, o controlarlo, si se produce, es necesario saber primero, qué es y cómo se origina el fuego, luego es importante conocer cómo se transmite el calor, también debemos informarnos sobre la clasificación de los fuegos para referirse a los métodos de extinción ya que no todos los fuegos son iguales y se combaten de distinta manera de acuerdo a su naturaleza.

**Fig. 1.1: Incendio Tanque de Almacenamiento**



## 1.1 COMPONENTES DEL FUEGO (EL TRIÁNGULO DEL FUEGO).

**Fig. 1.2: Triángulo del Fuego**



Si se deja un trozo de acero al carbono (SA-36) a la intemperie, su color cambia y pierde sus características originales, porque se oxida, esto significa que el oxígeno del aire se combina con el metal para producir óxido de hierro, un fuego es un fenómeno similar, el oxígeno del aire se combina con los materiales que arden pero en forma violenta, a esta oxidación rápida la llamamos combustión.

Para que un material entre en combustión se necesitan ciertas condiciones, una de ellas es contar con suficiente oxígeno, normalmente esto no es problema porque el aire que nos rodea lo contiene, una segunda condición es que exista material combustible, la tercera condición es que tengamos suficiente calor para que la combustión se inicie. Estas tres condiciones, en conjunto, forman lo que se conoce como el Triángulo del fuego: oxígeno, combustible y calor, en proporciones adecuadas, si falta uno de estos elementos o no está en la proporción conveniente, no tendremos fuego.

Por otra parte, para que se inicie la combustión, es necesario que los materiales se encuentren en forma de gases o vapores. La gasolina, que desprende vapores a temperatura ambiente, se inflama con mucha facilidad, pero los materiales sólidos deben primero calentarse para que desprendan vapores que puedan inflamarse. Sin embargo, esto no quiere decir que se vayan a inflamar por sí solos, sino requieren

una mayor temperatura para que se inflamen. En consecuencia, podemos diferenciar, para cada material:

- Una temperatura a la cual el material se gasifica (temperatura de gasificación).
- Una temperatura a la cual el material ya gasificado se enciende (temperatura de ignición).

Cuando se ha logrado encender un fuego, con frecuencia puede mantenerse por sí solo, sin apagarse, hasta que sólo quedan cenizas, para explicar este aspecto del fuego, la ciencia actual agrega un cuarto elemento a los tres que ya hemos visto: **la reacción en cadena**. Cuando el fuego es suficientemente intenso, aparecen llamas y se libera mucho calor, esto facilita que el oxígeno y los combustibles se combinen, con lo cual hay nuevas llamas y más calor. Esta reacción en cadena se repite mientras quede oxígeno y combustible, a menos que algo interrumpa este circuito.

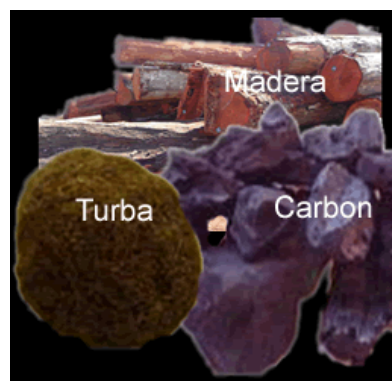
## 1.2 COMBUSTIBLE.

Son las sustancias que en presencia de oxígeno y aportándole una cierta energía de activación, es capaz de arder. Los combustibles pueden clasificarse, según su naturaleza:

### ➤ Combustibles Sólidos.

Los materiales sólidos más combustibles son de naturaleza celulósica, cuando el material se halla subdividido, el peligro de iniciación y/o propagación de un incendio es mucho más grande, como ejemplo de combustibles sólidos tenemos: Carbón mineral (Antracita, carbón de Coque, etc.), madera, plástico, textiles, etc.

**Fig. 1.3: Combustibles Sólidos**



➤ **Combustibles Líquidos.**

Productos de destilación del petróleo como gasolina, gas-oíl, fuel-oíl, aceites, alcoholes, disolventes, etc. y de destilación orgánica que están en estado líquido.

**Fig. 1.4: Combustibles Líquidos**



➤ **Combustibles Gaseosos.**

Los gases inflamables arden en una atmósfera de aire o de oxígeno. Sin embargo, un gas no inflamable como el cloro puede entrar en ignición en un ambiente de hidrógeno. Un gas inflamable no arde en medio de una atmósfera de anhídrido carbónico o de nitrógeno. Existen dos clases de gases no combustibles: los que actúan como comburentes (que posibilitan la combustión) como gas natural, gas ciudad, metano, propano, butano, etileno, hidrógeno, etc. y los que tienden a suprimirla. Los gases comburentes contienen distintas proporciones de oxígeno, y los que suprimen la combustión reciben el nombre de gases inertes.

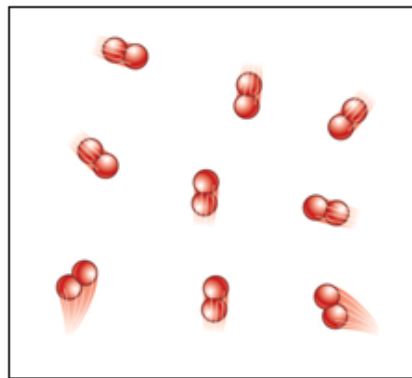
**Fig. 1.5: Combustibles Gaseosos**



### 1.3 COMBURENTE.

Sustancia en cuya presencia el combustible puede arder, facilitan la combustión, de forma general se considera al **oxígeno** como el comburente típico, se encuentra en el aire en una concentración del 21% en volumen. Existen otros, tales como el ácido perclórico, el ozono, el peróxido de hidrógeno, etc. Los combustibles que presentan un alto número de átomos de oxígeno en su molécula no necesitan comburente para arder (peróxidos orgánicos).

**Fig. 1.6: Esquema Molecular del Oxígeno**



### 1.4 ENERGÍA DE ACTIVACIÓN.

Es la energía necesaria para que la reacción se inicie. Las fuentes de ignición que proporcionan esta energía pueden ser: sobrecargas o cortocircuitos eléctricos, rozamientos entre partes metálicas, equipos de soldadura, estufas, reacciones químicas, chispas, etc.

**Fig. 1.7: Energía de Activación**





## **1.5 COMBUSTION.**

La combustión es una reacción de oxidación entre un combustible y un comburente, iniciada por una cierta energía de activación y con desprendimiento de calor (reacción exotérmica), el proceso de combustión transcurre esencialmente en fase de vapor. Los sólidos se someten primero a un proceso de descomposición de su estructura molecular, a elevada temperatura, hasta llegar a la formación de gases que pueden ser oxidados. Los líquidos primero se vaporizan, luego se mezclan con el comburente y se someten a la acción de la llama para iniciar la reacción.

### **Tipos de Combustión.**

En función de la velocidad en la que se desarrollan, se clasifican en:

#### **➤ Combustiones Lentas.**

Se producen sin emisión de luz y con poca emisión de calor, se dan en lugares con escasez de aire, combustibles muy compactos o cuando la generación de humo opaca la atmósfera, como ocurre en sótanos y habitaciones cerradas, son muy peligrosas, ya que en el caso de que entre aire fresco puede generarse una súbita aceleración del incendio, e incluso una explosión.

#### **➤ Combustiones Rápidas.**

Son las que se producen con fuerte emisión de luz y calor, con llamas, cuando las combustiones son muy rápidas o instantáneas, se producen las explosiones, las atmósferas de polvo combustible en suspensión son potencialmente explosivas. Cuando la velocidad de propagación del frente en llamas es menor que la velocidad del sonido (340 m/s), a la explosión se le llama deflagración, cuando la velocidad de propagación del frente de llamas es mayor que la velocidad del sonido, a la explosión se le llama detonación.

### **Resultados de la Combustión.**

Los resultados de la combustión son humo, llama, calor y gases:

➤ **Humo.**

Aparece por una combustión incompleta, en la que pequeñas partículas se hacen visibles, pudiendo impedir el paso de la luz, el humo puede ser también inflamable, cuando la proporción de oxígeno y calor es la adecuada, es irritante, provoca lagrimeo, tos, estornudos, etc., y además daña el aparato respiratorio, su color depende de los materiales que estén quemándose, el color blanco o gris pálido, indica que arde libremente, el negro o gris oscuro indica normalmente fuego caliente y falta de oxígeno, el amarillo, rojo o violeta: generalmente indica la presencia de gases tóxicos.

**Fig. 1.8: Combustión con Humo**



➤ **Gases.**

Los gases son el producto resultante de la combustión, pueden ser tóxicos, constituyendo uno de los factores más peligrosos de un incendio. El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico, incoloro, inodoro e insípido, que se produce en combustiones incompletas, reacciona con la hemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno a través de la sangre, su inhalación puede ser mortal. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas típico de la combustión. No es venenoso, aunque desplaza el oxígeno del aire pudiendo producir la muerte por asfixia, se utiliza en muchos sistemas de protección para extinguir incendios en espacios cerrados o semicerrados, debido a su capacidad de desplazar el oxígeno. El cianuro de hidrógeno (HCN) se produce como resultado de la combustión de materiales que contienen nitrógeno

como la lana y las fibras sintéticas. El ácido clorhídrico (HCl) se desprende cuando se calientan algunos materiales plásticos como el PVC.

➤ **Llama.**

La llama es un gas incandescente, arderán siempre con llama los combustibles líquidos y gaseosos. Los combustibles líquidos se volatilizan, debido al calor y la elevada temperatura de la combustión, inflamándose y ardiendo como los gases, los combustibles sólidos arderán con llama cuando se produzcan, por descomposición, suficientes compuestos volátiles, como sucede con las hullas grasas, las maderas, etc., el coque arde prácticamente sin llama, debido a la total ausencia de compuestos volátiles.

Como norma general diremos que, el fuego, en una atmósfera rica en oxígeno, es acompañado de una luminosidad llamada llama, que se manifiesta como el factor destructivo de la combustión, raramente separado de ella.

**Fig. 1.9: Combustión con Llama**



➤ **Calor.**

El calor es sumamente importante ya que es el culpable de numerosos incendios, la definición más aproximada de calor es la siguiente: "es el efecto del movimiento rápido de las partículas, conocidas como moléculas, que forman la materia".

**Fig. 1.10: Combustión Generando Calor**



### **Diferencia Entre Calor y Temperatura.**

Calor es el flujo de energía entre dos cuerpos con diferente temperatura, la temperatura nos indica el nivel de energía interna de cada cuerpo.

### **Transmisión del calor:**

En el estudio del fuego, es muy importante saber cómo actúa el calor y como se transmite, ya que es la causa más común de los incendios y de la expansión de los mismos. Las principales formas de propagación son:

#### **➤ Conducción.**

Intercambio de calor que se produce de un punto a otro por contacto directo a través de un medio conductor. Ejemplo: Si se calienta el extremo de una barra metálica, al cabo de un rato el otro extremo también se habrá calentado.

#### **➤ Convección.**

Es el proceso de transmisión del calor a través de movimientos del aire. Estas corrientes de aire se producen debido a que el aire caliente pesa menos, y por lo tanto se encontrará en los niveles más altos, y el aire frío pesa más, encontrándose en los niveles más bajos. La expansión de un fuego por convección tiene más influencia que los otros métodos a la hora de definir la posición de ataque a un fuego. Por

ejemplo: El calor producido por un edificio o una planta ardiendo se expandirá y elevará pasando de unos niveles a otros.

➤ **Radiación.**

Es el proceso de transmisión de calor de un cuerpo a otro a través de un espacio. El calor radiado no es absorbido por el aire, por lo que viajará en el espacio hasta encontrar un cuerpo opaco que sí lo absorba, el calor radiado es una de las fuentes por las cuales el fuego puede extenderse, hay que prestar mucha atención, a la hora del ataque, a aquellos elementos que puedan transmitir el calor por este método, el calor del sol es el ejemplo más significativo de radiación térmica.

➤ **Contacto Directo de la Llama.**

Cuando una sustancia es calentada hasta el punto en que emite vapores inflamables. Estos vapores, al entrar en combustión, hacen que ardan las sustancias de su alrededor y así sucesivamente.

## **1.6 CLASES DE FUEGO.**

Según la naturaleza del combustible, los fuegos se clasifican en cuatro clases, que se corresponden con las cuatro primeras letras del alfabeto:

➤ **Fuegos de Clase A.**

Son los producidos o generados por combustibles sólidos, tales como madera, carbón, paja, tejidos, etc. Retienen el oxígeno en su interior, formando brasas.

➤ **Fuegos de Clase B.**

Son los producidos o generados por combustibles líquidos, tales como gasolinas, aceites, pinturas, grasas, etc., o aquellos sólidos que a la temperatura de ignición se encuentran en estado líquido, como asfaltos, parafinas, etc. Solamente arden en su superficie, ya que está en contacto con el oxígeno del aire.

➤ **Fuegos de Clase C.**

Son los producidos por equipos energizados eléctricamente. Es frecuente que se desarrolle en presencia de corriente eléctrica, como en el caso de incendios de aparatos electrodomésticos, cables eléctricos, etc. En estos casos, al peligro que representa el fuego, se añade el riesgo de electrocución, por lo que al intentar apagar el fuego debe considerarse esta posibilidad y, si existe, tomar las oportunas medidas protectoras, tales como desconectar la electricidad, utilizar extintores adecuados, etc.

➤ **Fuegos de Clase D.**

Son los producidos o generados por metales combustibles, tales como magnesio, aluminio en polvo, sodio, circonio, etc.

La tabla que se presenta a continuación plantea una clase de fuego adicional que es el clase k que se origina de aceites y grasas de origen vegetal y animal.

Fig. 1.11: Clase de Fuegos y Elementos Extintores

		<b>ELEMENTOS EXTINTORES</b>								
<b>CLASES DE FUEGOS</b>		<b>AGUA</b>	<b>AFFF</b>	<b>ANHIDRIDO CARBONICO</b>	<b>POLVO ABC</b>	<b>POLVO BC</b>	<b>HCFC 123</b>	<b>POLVO SECO</b>	<b>WATER MIST</b>	<b>WET CHEMICAL</b>
	<b>Materiales que producen brasas (madera, papel, cartón y otros).</b>	<b>SI</b> <i>Acción de enfriamiento</i>	<b>SI</b> <i>Enfría y sofoca</i>	<b>NO</b> <i>No apaga fuegos profundos</i>	<b>SI</b> <i>Se funde sobre los elementos</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>SI</b> <i>Absorbe el calor</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>SI</b> <i>Absorbe el calor</i>	<b>SI</b> <i>Absorbe el calor</i>
	<b>Líquidos inflamables (naftas, alcoholes y otros).</b>	<b>NO</b> <i>Esparce el combustible</i>	<b>SI</b> <i>Sofoca por medio de película de espumígeno</i>	<b>SI</b> <i>Sofoca por desplazar el oxígeno</i>	<b>SI</b> <i>Rompe la cadena de combustión</i>	<b>SI</b> <i>Rompe la cadena de combustión</i>	<b>SI</b> <i>Rompe la cadena de combustión</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>Rompe la cadena de combustión</i>
	<b>Equipos energizados eléctricamente.</b>	<b>NO</b> <i>Conduce la electricidad</i>	<b>NO</b> <i>Conduce la electricidad</i>	<b>SI</b> <i>No es conductor de la electricidad</i>	<b>SI</b> <i>No es conductor de la electricidad</i>	<b>SI</b> <i>No es conductor de la electricidad</i>	<b>SI</b> <i>No es conductor de la electricidad</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>SI</b> <i>No es conductor de la electricidad</i>	<b>NO</b> <i>No es conductor de la electricidad</i>
	<b>Metales combustibles (aluminio, magnesio y otros).</b>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>SI</b> <i>Es necesario utilizar el polvo adecuado para cada riesgo</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>
	<b>Elementos que involucran aceites y grasas de origen vegetal y mineral.</b>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>NO</b> <i>No es específico para este uso</i>	<b>SI</b> <i>Actúa por saponificación</i>

**REFERENCIAS:** SI NO ES RECOMENDABLE NO - PELIGRO

## **1.7 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE RIESGO.**

Casi todos los materiales que rodean al hombre son combustibles, un reducido número de materiales incombustibles es de origen inorgánico, los gases y vapores inflamables son los más peligrosos, seguidos de los líquidos inflamables y combustibles, y de algunos sólidos finamente pulverizados. Los sólidos ordinarios no son tan peligrosos, excepto en casos excepcionales.

### **1.7.1 Materiales de Riesgo Sólidos.**

La madera y sus derivados, tales como el papel, materiales fibrosos de celulosa, etc., son materiales combustibles que pueden arder de muy variada forma: carbonización, combustión acompañada de llamas y combustión con emisión de humo. El polvo de aserrín, en suspensión en el aire, puede producir explosiones con detonación, la combustión de la leña es realmente rápida, mientras que los troncos de madera, para arder, necesitan una prolongada exposición de calor (la reacción es más rápida cuanto mayor superficie esté expuesta). Cuanto mayor es la humedad, mayor es la dificultad para hacer arder la madera.

A excepción del monóxido de carbono (reacción incompleta) no se observan gases tóxicos, o lo están en concentraciones mínimas, como resultado de la combustión de la madera.

### **1.7.2 Materiales de Riesgo Líquidos.**

Los materiales más peligrosos en un incendio son los líquidos inflamables y combustibles, cuando arde un líquido, no arde propiamente éste, sino los vapores que emite por la elevación de la temperatura. Se definen tres puntos que caracterizan la peligrosidad de los líquidos:

#### **➤ Punto de Ignición.**

Es la temperatura a la cual el líquido emite una cantidad suficiente de vapores capaces de inflamarse en contacto con una llama, pero incapaces de mantenerse ardiendo.



➤ **Punto de Inflamación.**

Es la temperatura a la cual el líquido emite una cantidad suficiente de vapores, capaces de inflamarse en contacto con una llama y de mantenerse ardiendo hasta que se consuma la totalidad del combustible.

➤ **Punto de Autoinflamación.**

Es la temperatura a la cual el líquido emite vapores que se inflaman espontáneamente bajo la acción del calor, sin necesitar el contacto de una llama.

### **1.7.3 Materiales de Riesgo Gaseosos.**

El riesgo de incendio y explosión en los gases es muy similar al de los líquidos, ya que su peligrosidad radica en la fase vapor y no en la fase líquida. Básicamente la peligrosidad de todos los gases y vapores, independientemente de su composición química, se debe a que la presión del gas es función de la temperatura.

## **1.8 CAUSAS MÁS FRECUENTES DE INCENDIOS.**

Las causas de incendios son variadas y pueden agruparse de la siguiente forma:

➤ **Causas naturales.**

Se producen por sí solas, sin la intervención del hombre, como por ejemplo el efecto de lupas, vidrios rotos, rayos, material piropástico, etc.

➤ **Causas Humanas.**

Imprudencias, mala vigilancia, fogatas mal apagadas, trabajos mediante calor (soplete, soldadura de arco), atentados, etc.

➤ **Corriente Eléctrica.**

Instalaciones sobrecargadas, cortocircuitos, etc.

➤ **Aparatos de Calefacción de Llama Viva.**

Chimeneas, estufas, etc.

➤ **Líquidos Inflamables.**

Los vapores que emiten son inflamables y forman con el aire mezclas explosivas.

➤ **Gases Inflamables.**

Mezclados con el aire pueden explotar al entrar en contacto con un punto de ignición.

➤ **Electricidad Estática.**

Debida al frotamiento de dos cuerpos pueden producirse chispas (transvase de hidrocarburos, fricción de correas de transmisión, utilización de fibras y tejidos artificiales, aparatos a muy alta tensión, etc.).

## **1.9 EXTINCION DE INCENDIOS.**

### **1.9.1 Mecanismos de Extinción.**

La falta o eliminación de uno de los elementos que intervienen en la combustión (combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena), daría lugar a la extinción del fuego. Según el elemento que se elimine, aparecerán distintos mecanismos de extinción:

➤ **Dilución o Desalimentación.**

Retirada o eliminación del elemento combustible.

➤ **Sofocación o Inertización.**

Se llama así al hecho de eliminar el oxígeno de la combustión o más técnicamente, "impedir" que los vapores que se desprenden a una determinada temperatura para cada materia, se pongan en contacto con el oxígeno del aire. Este efecto se consigue

desplazando el oxígeno por medio de una determinada concentración de gas inerte, o bien cubriendo la superficie en llamas con alguna sustancia o elemento incombustible.

➤ **Enfriamiento.**

Este mecanismo consiste en reducir la temperatura del combustible, el fuego se apagará cuando la superficie del material incendiado se enfríe a un punto en que no deje escapar suficientes vapores para mantener una mezcla o rango de combustión en la zona del fuego. Por lo tanto, para apagar un fuego por enfriamiento, se necesita un agente extintor que tenga una gran capacidad para absorber el calor, el agua es el mejor, más barato y más abundante de todos los existentes. La ventilación ayuda a combatir el incendio, porque elimina el calor y humo de la atmósfera, especialmente en los niveles bajos, reduciendo al mismo tiempo las oportunidades de una explosión por acumulación de vapores.

➤ **Inhibición o Rotura de la Reacción en Cadena.**

Consiste en impedir la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, interponiendo elementos catalizadores entre ellas, compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles neutralizándolos, como por ejemplo polvos químicos y halones.

### **1.9.2 Agentes Extintores.**

Los productos destinados a apagar un fuego se llaman agentes extintores, actúan sobre el fuego mediante los mecanismos descritos anteriormente. Vamos a enumerarlos describiendo sus características y propiedades más elementales.

### **1.9.3 Agentes Extintores Líquidos.**

Entre los agentes extintores líquidos encontramos:

➤ **Agente Extintor Agua.**

Es el agente extintor más antiguo, apaga por enfriamiento, absorbiendo calor del fuego para evaporarse, la cantidad de calor que absorbe es muy grande, en general es

más eficaz si se emplea pulverizada, ya que se evapora más rápidamente, con lo que absorbe más calor. El agua cuando se vaporiza aumenta su volumen 1600 veces, es especialmente eficaz para apagar fuegos de clase A (sólidos), ya que apaga y enfría las brasas, no debe emplearse en fuegos de clase B, a no ser que esté debidamente pulverizada, pues al ser más densa que la mayoría de los combustibles líquidos, éstos sobrenadan. Es conductora de electricidad, por lo que no debe emplearse donde pueda haber corriente eléctrica, salvo que se emplee debidamente pulverizada, en tensiones bajas y respetando las debidas distancias.

➤ **Agente Extintor Espuma.**

Es una emulsión de un producto espumógeno en agua, básicamente apaga por sofocación, al aislar el combustible del ambiente que lo rodea, ejerciendo también una cierta acción refrigerante, debido al agua que contiene. Se utiliza en fuegos de clase A y B (sólidos y líquidos). Es conductora de la electricidad, por lo que no debe emplearse en presencia de corriente eléctrica.

• **Tipos de concentrados de espuma.**

- **Espuma de película acuosa (AFFF):** Espuma lograda a partir de un concentrado sintético de surfactantes fluorados y aditivos estabilizadores, que permite formar una película acuosa sobre la superficie del combustible, la cual suprime la generación de vapores.

- **Espumas especiales:** Desarrolladas para el combate de incendios en líquidos que son solubles en agua, o que atacan químicamente a las espumas mencionadas previamente. Estos tipos de espumas son generalmente denominados “Espuma Tipo Alcohol” o “Espuma Tipo Solvente Polar”, y su composición química es muy variable.

- **Espuma fluoroproteínica:** Espuma lograda a partir de un concentrado de proteínas hidrolizadas, modificadas con aditivos surfactantes fluorados.

- **Espuma universal:** Espuma lograda a partir de un concentrado especialmente formulado, que permite su aplicación tanto en incendios de hidrocarburos líquidos ordinarios, como en líquidos solubles en agua o solventes polares.

#### **1.9.4 Agentes Extintores Sólidos.**

Los **polvos químicos secos** son sales químicas de diferente composición, capaces de combinarse con los productos de descomposición del combustible, paralizando la reacción en cadena. Pueden ser de dos clases:

➤ **Polvos Químicos Secos Normales.**

Son sales de sodio o potasio, perfectamente secas, combinados con otros compuestos para darles fluidez y estabilidad, son apropiados para fuegos de líquidos (clase B) y de gases (clase C).

➤ **Polvos Químicos Secos Polivalentes.**

Tienen como base fosfatos de amonio, con aditivos similares a los de los anteriores, además de ser apropiados para fuegos de líquidos y de gases, lo son para los sólidos, ya que funden recubriendo las llamas con una película que las sella, aislándolas del aire. No son tóxicos ni conducen la electricidad a tensiones normales, por lo que pueden emplearse en fuegos en presencia de tensión eléctrica. Su composición química hace que contaminen los alimentos. Pueden dañar por abrasión en mecanismos delicados.

#### **1.9.5 Agentes Extintores Gaseosos.**

➤ **Agente Extintor Gaseoso Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).**

Es un gas inerte que se almacena en estado líquido a presión elevada, al descargarse se solidifica parcialmente, en forma de copos blancos, por lo que a los extintores que lo contienen se les llama de "Nieve Carbónica", apaga principalmente por sofocación, desplazando al oxígeno del aire, aunque también produce un cierto enfriamiento. No conduce la electricidad, se emplea para apagar fuegos de sólidos (clase A, superficiales), de líquidos (clase B), y de gases (clase C), al no ser conductor de la electricidad, es especialmente adecuado para apagar fuegos en los que haya presencia de corriente eléctrica. Al ser asfixiante, los locales deben ventilarse después de su uso, hay que tener especial cuidado con no utilizarlo, en cantidades que puedan resultar peligrosas, en presencia de personas.

➤ **Agentes Extintores Gaseosos Derivados Halogenados.**

Son productos químicos resultantes de la halogenación de hidrocarburos, antiguamente se empleaban el tetra cloruro de carbono y el bromuro de metilo, hoy prohibidos en todo el mundo debido a su gran toxicidad. Todos estos compuestos se comportan frente al fuego de forma semejante a los polvos químicos secos, apagando por rotura de la reacción en cadena. Pueden emplearse en fuegos de sólidos (clase A), de líquidos (clase B) y gases (clase C), no son conductores de la corriente eléctrica, no dejan residuo alguno, pero al ser ligeramente tóxicos deben ventilarse los locales después de su uso.

## **1.10 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

Son sistemas que permiten, mediante una acción coordinada, reducir la magnitud de un incendio y sus efectos a través de la inhibición química de la llama, enfriamiento, sofocación o retiro del material combustible hasta que se logre la extinción.

### **1.10.1 Componentes de un Sistema Contra Incendios.**

➤ **Fuentes de Suministro de Agua.**

Siempre que sea posible, la fuente de suministro de agua se especificará, como un suministro ilimitado de agua proveniente de fuentes naturales, tales como lagos, mares o ríos, cuando el suministro de agua sea limitado, deberá disponerse de facilidades de almacenamiento (tanque o piscina) de donde se obtiene la cantidad de agua requerida hacia el punto emergente de la red de distribución.

No deberán existir conexiones permanentes entre el sistema de almacenamiento de agua contra incendios y otros sistemas o procesos, que permitan la utilización del agua contra incendios para otros propósitos.

➤ **Capacidad.**

Cuando la fuente de suministro de agua sea limitada, se requiere una capacidad de almacenamiento mínima de seis (6) horas, a la demanda máxima de diseño de la instalación. Esta se determinará para el incendio único mayor en la sección o bloque que requiera el máximo consumo de agua.

Aquellas instalaciones de producción en donde se haya determinado la necesidad de un sistema de agua contra incendios y que estén ubicadas en zonas remotas donde no exista una fuente ilimitada de agua, podrán tener una capacidad de almacenamiento mínimo de tres (3) horas a la demanda máxima de diseño. Esta condición aplicará solamente a las instalaciones individuales de producción ubicadas en tierra firme.

➤ **Requerimientos de Agua.**

Los requerimientos o caudales de agua contra incendios para las diferentes secciones de una instalación, se determinan normalmente en función de tasas mínimas de aplicación. Estas tasas han sido establecidas tomando en cuenta, entre otros factores: la separación entre equipos, el tipo de riesgo presente y la naturaleza de los productos involucrados.

El requerimiento total de agua para una instalación estará dado por la suma de los requerimientos de agua para los sistemas fijos o semifijos de espuma, agua pulverizada y/o rociadores, etc. requeridos para la protección de equipos y control de emergencias de una determinada sección.

La aplicación de agua contra incendios en una instalación podrá realizarse a partir de hidrantes, monitores, sistemas automáticos de rociadores y/o sistemas de agua pulverizada.

➤ **Red de Distribución.**

Conjunto de tuberías, válvulas y accesorios, que permiten la conducción del agua desde las fuentes de alimentación hasta los puntos de conexión de cada sistema de protección contra incendios.

➤ **Sistema de Bombeo.**

Dispositivos empleados para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases, en definitiva son máquinas que realizan un trabajo para mantener un líquido en movimiento. Consiguiendo así aumentar la presión o energía cinética del fluido.

- **Capacidad del Sistema de Bombeo.**

La capacidad de las bombas para el sistema de agua contra incendios de una instalación, se determinará en base a las siguientes premisas:

a) Deberá disponerse de un mínimo de dos grupos de bombeo accionados por sistemas motrices diferentes. Cada grupo con capacidad para suministrar un cincuenta por ciento (50%) del caudal de diseño a la presión de descarga requerida por el sistema. Este requerimiento podrá ser cubierto con grupos de bombeo accionados por motores eléctricos, motores diesel o turbinas a vapor. Por lo general un grupo de bombeo deberá accionarse con motor diesel.

b) Adicionalmente, deberá disponerse de una capacidad de bombeo accionada por motor diesel, tal que en caso de mantenimiento de alguna de las bombas del arreglo típico mencionado en (a), o de falla eléctrica, se garantice el cien por ciento (100%) de la capacidad de diseño.

- **Tipos de Bombas**

La característica principal que deberán satisfacer las bombas centrífugas para uso contra incendios, es la de presentar una curva de presión vs. caudal, relativamente plana. Esto garantizará un nivel de presión estable para diferentes caudales de operación, facilitando la operación de varias bombas en paralelo.

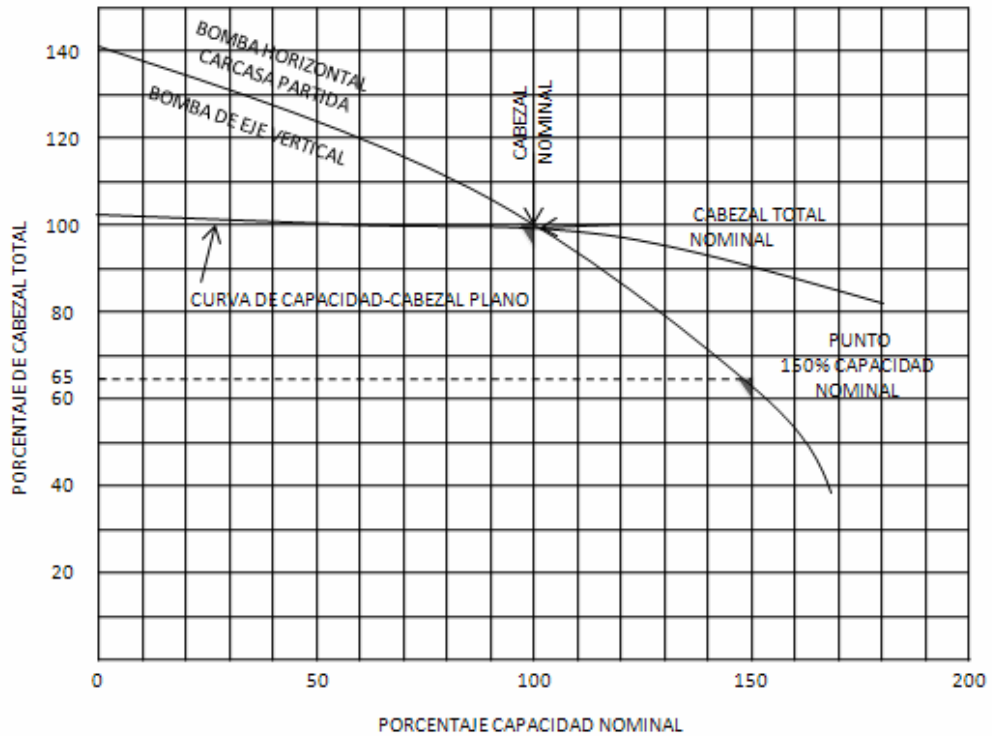
a) **Bombas Principales:** Se usarán bombas centrífugas horizontales tipo carcasa partida y verticales tipo turbina, dependiendo de la altura de succión disponible desde la fuente de abastecimiento.

**Fig. 1.12: Skid Bomba Centrifuga Horizontal Sistema Contra Incendios.**





**Fig. 1.13: Curva Característica para Bombas Centrifugas Horizontales y Verticales.**



**b) Bombas de Presurización:** La red de distribución de los sistemas de agua contra incendios, se mantendrá presurizada con el objeto de disminuir el tiempo de respuesta en la actuación del sistema y para detectar rápidamente la existencia de fugas y obstrucciones en las tuberías. La capacidad de la bomba presurizadora dependerá de la complejidad de la red de distribución, cuyo caudal se encuentra normalmente entre 50 y 100 gpm. La presión máxima de presurización deberá establecerse lo más cercana posible a la presión de operación de la bomba principal contra incendios, a fin de evitar la ocurrencia de un eventual golpe de ariete.

➤ **Monitor.**

Dispositivo fijo, portátil o móvil, de accionamiento manual, remoto o automático, diseñado para descargar un caudal de agua o espuma en forma de chorro directo o niebla. En la figura 1.14 se muestra un monitor.

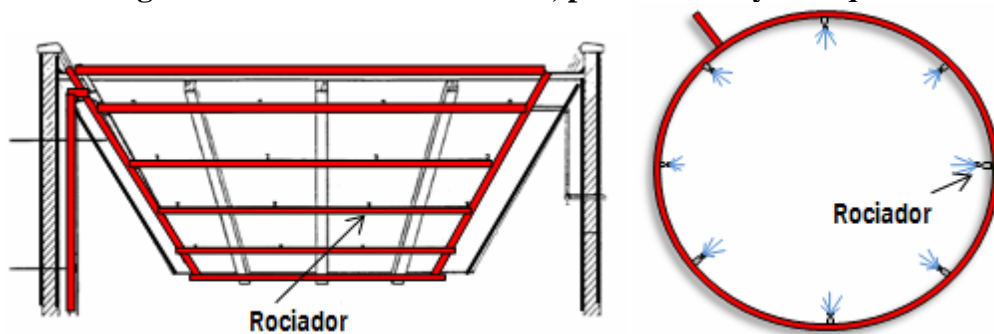
**Fig.1.14: Monitor.**



➤ **Sistemas de Rociadores Automáticos:**

Constituyen sistemas fijos de extinción a base de agua, que facilitan una adecuada y eficaz protección a los riesgos de incendios, que involucren básicamente materiales combustibles sólidos ordinarios. En la figura 1.15 se observan dos tipos de sistemas rociadores.

**Fig. 1.15: Sistema de Rociadores, para Casetas y Tanques**



**1.10.2 Sistemas de Extinción con Espumas.**

Por su base acuosa son similares a las de agua, pueden ser de tipo fijo o semifijo en función del riesgo, de su ubicación, etc., para incendios en ciertos locales con acceso difícil por su ubicación, como los sótanos, se utiliza el método de extinción por inundación total mediante generadores de espuma de alta expansión.

La red de distribución puede contener o no el generador de espuma. El concentrado de espuma y los equipos necesarios para su dosificación requieren ser transportados al lugar cuando se desea operar el sistema.

Existen dos formas para la aplicación de espuma en tanques de almacenamiento a través de un sistema fijo o semifijo:

➤ **Proporcionador de Concentrado de Espuma.**

Equipo diseñado para dosificar en forma continua la cantidad de concentrado requerida en una corriente de agua, para formar la solución Agua-Espuma.

• **Tipos de Proporcionadores de Concentrado de Espuma.**

Para dosificar la solución Agua-Espuma a los valores requeridos, se podrán emplear los siguientes tipos de Proporcionadores:

a) **Tanque Proporcionador a Presión Tipo Diafragma (Tanque Bladder).**

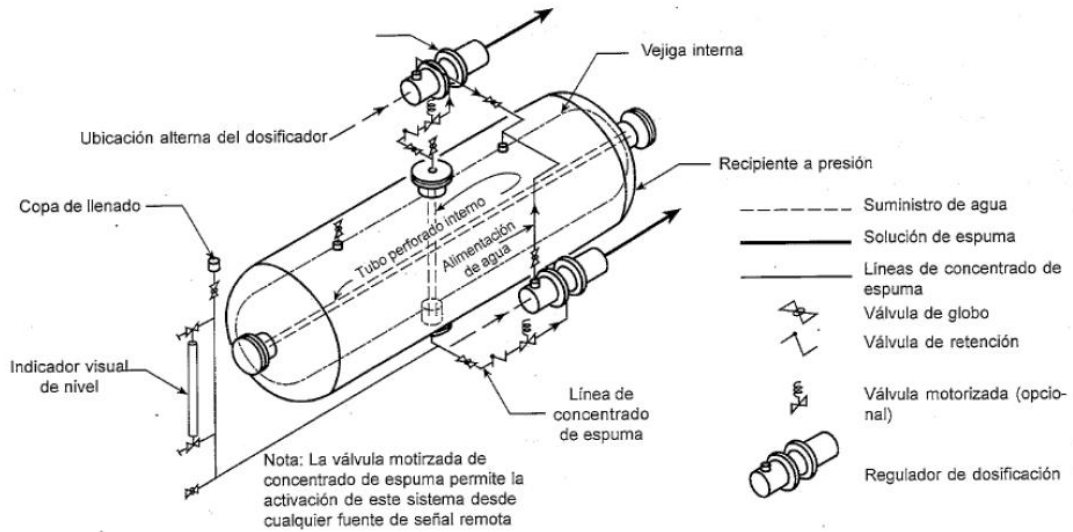
Este método de dosificación, utiliza la presión del agua como energía impulsora, para desplazar el concentrado que se encuentra en un tanque provisto de un diafragma flexible, que separa el agua del concentrado.

Una derivación en la línea principal de agua penetra al tanque de concentrado y presuriza el diafragma, produciendo la salida del concentrado, hacia la toma de baja presión de un eductor tipo venturi instalado en la línea principal

Este método de dosificación puede ajustarse a un amplio rango de caudales y presiones en la línea de alimentación de agua y no requiere otra fuente de energía que la propia presión de la red de agua. Su limitación principal es que el tanque de concentrado, no puede ser rellenado durante la operación del sistema.

Cuando el concentrado se agota, se requiere interrumpir la operación para recargar el tanque.

**Fig. 1.16: Diagrama del Tanque Proporcionador Tipo Diafragma (Tanque Bladder).**



### b) Proporcionador de Presión Balanceada.

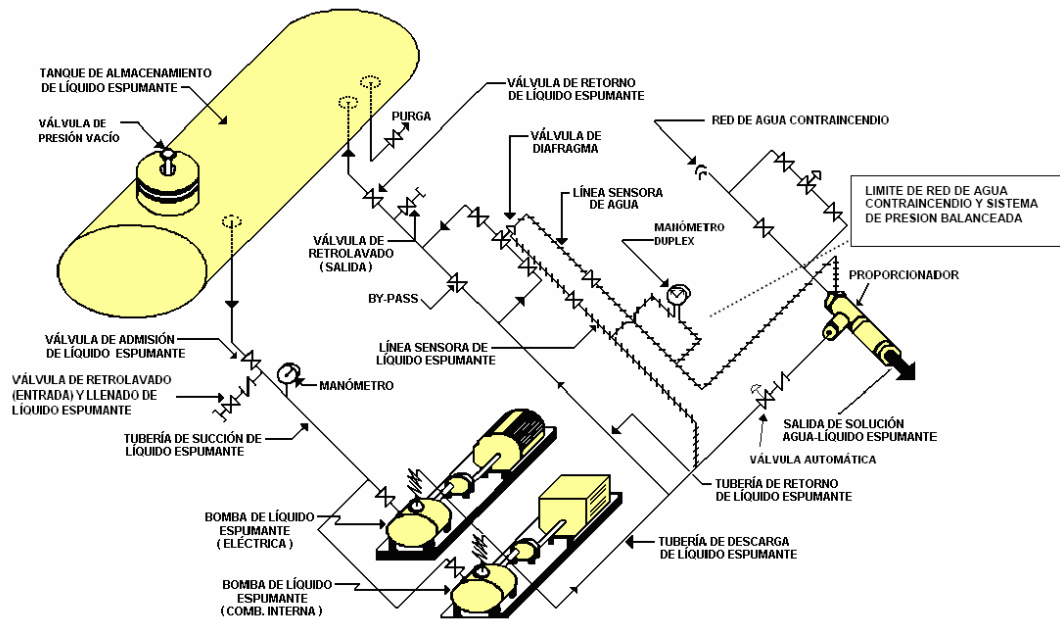
Este método de dosificación, utiliza la energía de una bomba auxiliar eléctrica y otra mecánica como respaldo, para inyectar el concentrado en la línea de agua, a través de un educor.

El ajuste de la dosificación se realiza automáticamente mediante una válvula de diafragma, controlada por la presión diferencial entre la línea de agua y la línea de descarga de la bomba de concentrado.

Es el método más conveniente en sistemas fijos de espuma, y permite ajustarse a un amplio rango de caudales. Su desventaja principal se encuentra en la mayor complejidad del sistema (bomba auxiliar, válvula de control, instrumentación).

En la figura 1.17 se presenta un esquema del Proporcionador de Presión Balanceada y los elementos que conforman este dispositivo.

**Fig. 1.17: Diagrama del Proporcionador de Presión Balanceada**

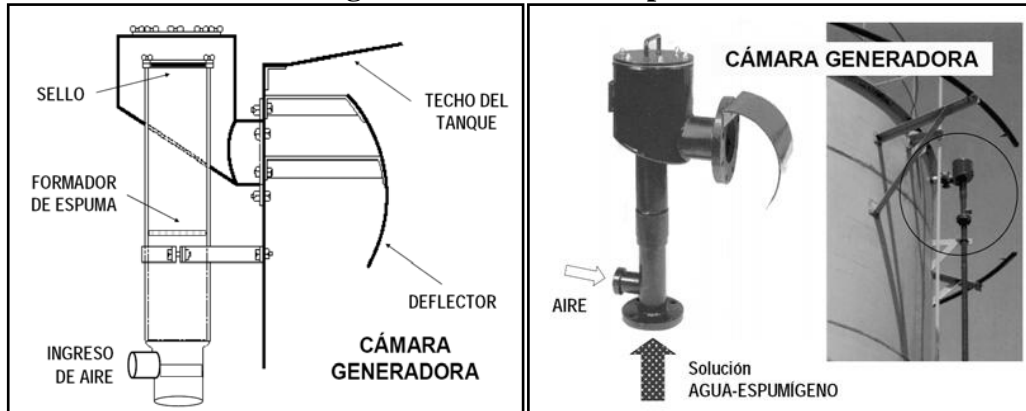


➤ **Inyección Superficial:**

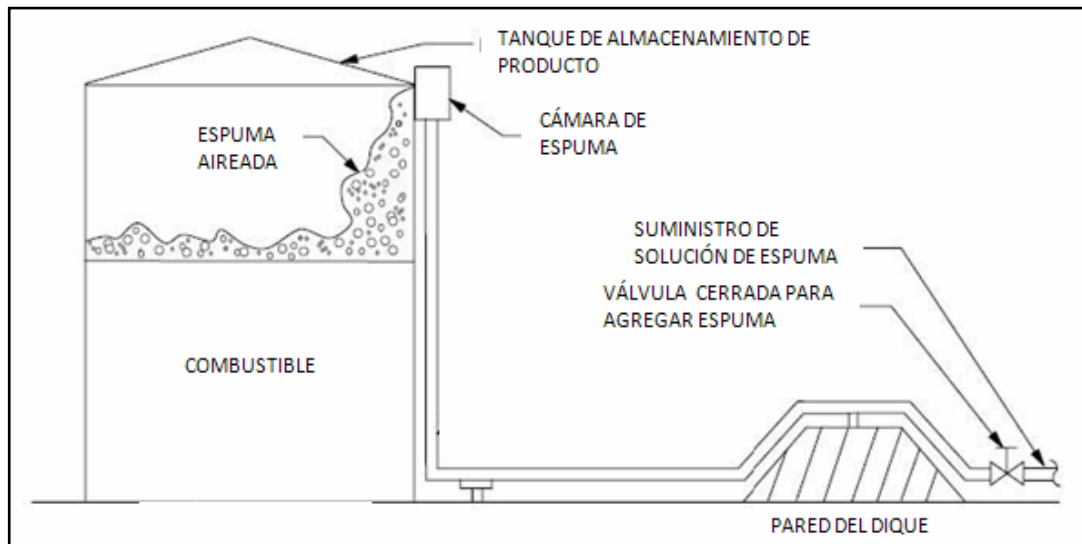
Este método de aplicación consiste básicamente en una o más cámaras de espuma instaladas en las paredes del tanque, por debajo de la unión techo-pared, tal como se muestra en la figura 1.18.

Las cámaras de espuma deben tener en su interior un sello de vidrio de 1,5 milímetros de espesor, para evitar la salida de vapores del tanque hacia las tuberías del sistema de espuma. Las cámaras se interconectan mediante una o más tuberías de distribución de solución agua-espuma, la cual es suministrada por una estación central de espuma, (Sistema Fijo), o por camiones de bomberos que se conectan a las tuberías de distribución mediante un múltiple (Sistema Semi-Fijo).

**Fig. 1.18: Cámara de Espuma**



**Fig. 1.19: Aplicación Superficial de Espuma a Través de Cámaras en Tanques de Techo Fijo.**



### 1.10.3 Sistemas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

Las instalaciones de CO<sub>2</sub> pueden ser fijas o semifijas, en todos los casos la sustancia extintora está almacenada en botellas de 30 a 50 kg. o en depósitos de gran capacidad a alta presión.

En caso de riesgos localizados con presencia de personal, se recurre más a instalaciones fijas de descarga local y accionamiento manual, en caso de una previsible rápida propagación del incendio, o donde no exista presencia de personal, se recurre a instalaciones fijas por inundación total con porcentajes de CO<sub>2</sub> del orden del 30% en volumen, ésta descarga en locales con presencia de personal provocaría

su muerte, por lo que debe programarse una alarma y un cierto retardo antes de la descarga, especialmente en sistemas automáticos.

#### **1.10.4 Sistemas de Polvo.**

El polvo seco, a pesar de ser un agente extintor excelente, es menos utilizado en instalaciones fijas de extinción, debido a las dificultades de conseguir una correcta vehiculación y una descarga uniforme. Cuando exista presencia constante de personal, puede recurrirse a un sistema semifijo con un depósito de polvo con presión auxiliar por botella de gas, al cual se adosa una manguera y boquilla especial.

### **1.11 DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS.**

Los sistemas de detección y alarma tienen por objeto descubrir rápidamente el incendio y transmitir la noticia para iniciar la extinción y la evacuación.

La detección de un incendio puede realizarse mediante estos sistemas:

- Detección humana.
- Instalaciones automáticas de detección de incendios.
- Sistemas mixtos.

#### **1.11.1 Detección Humana ó Manual.**

La detección queda confiada a las personas, es imprescindible una correcta formación en materia de incendios, el plan de emergencia debe establecer detalladamente, las acciones a seguir en caso de incendio:

- Localización del incendio y evaluación del mismo.
- Aviso al servicio interno y/o externo de extinción y alarma para evacuación de personas, todo según plan preestablecido.
- Extinción del fuego.

El desarrollo de estas funciones exige la existencia de un Plan de Emergencia y de una formación correcta, que debe incluir:

- Conocimiento y entrenamiento exhaustivo de sus cometidos dentro del plan de emergencia.

- Zonas de riesgo críticas.
- Emplazamiento de pulsadores de alarma y forma de aviso rápido al coordinador de la empresa y a los bomberos.

### **1.11.2 Detección Automática.**

Las instalaciones fijas de detección de incendios permiten la detección y localización automática o semiautomática, accionando los sistemas fijos de extinción de incendios.

La detección automática puede vigilar permanentemente zonas inaccesibles a la detección humana.

Las funciones del sistema de detección automática de incendios son:

- Detectar la presencia de contacto con un incendio con rapidez, dando una alarma preestablecida (señalización óptica-acústica en un panel o central de señalización).
- La detección ha de ser fiable, antes de sonar la alarma principal, se debe comprobar la realidad del fuego detectado.
- Localizar el incendio en el espacio.
- Ejecutar el plan de alarma, con o sin intervención humana.
- Realizar funciones auxiliares: Transmitir automáticamente la alarma a distancia, disparar una instalación de extinción fija, parar máquinas (aire acondicionado), cerrar puertas, etc.

Los componentes principales de una instalación fija de detección son:

- Detectores automáticos.
- Pulsadores automáticos.
- Central de señalización y mando a distancia.
- Aparatos auxiliares: Alarma general, teléfono de comunicación directa con los bomberos, accionamiento de sistemas de extinción, etc.

### **1.11.3 Tipos de Detectores Automáticos.**

Los detectores automáticos son elementos que detectan el fuego a través de algunos fenómenos que lo acompañan como: gases y humos, temperatura, radiación UV,



visible o infrarroja, etc., según el principio en que se basan, los detectores se denominan:

➤ **Detector de Gases o Iónico.**

Utilizan el principio de ionización y velocidad de los iones conseguida mediante sustancia radiactiva, inofensiva para el hombre.

➤ **Detector de Humos Visibles (Óptico de Humos).**

Mediante una captación de humos visibles que pasan a través de una célula fotoeléctrica se origina la correspondiente reacción del aparato.

➤ **Detector de Temperatura.**

Reaccionan a una temperatura fija para la que han sido preparados.

➤ **Detector de Llama.**

Reaccionan frente a las radiaciones, ultravioleta o infrarroja, propias del espectro. Existen tipos que comparan y analizan los fenómenos para tener una respuesta más confiable.

# **CAPÍTULO II**

## **FUNDAMENTO TEÓRICO PARA SISTEMAS DE BOMBEO Y CÁLCULO HIDRÁULICO.**

## **2 FUNDAMENTO TEÓRICO PARA SISTEMAS DE BOMBEO Y CÁLCULO HIDRÁULICO.**

### **INTRODUCCIÓN.**

Este trabajo de tesis se basa en los fundamentos de la mecánica de fluidos, hidráulica y su aplicación en Ingeniería, por lo que a continuación se definen los conceptos teóricos fundamentales, así como la formulación analítica, sobre los cuales se basa el desarrollo de este trabajo de tesis.

### **2.1 RED DE DISTRIBUCIÓN.**

Una red hidráulica de distribución a presión es un sistema encargado del transporte y distribución de un fluido, desde los puntos de producción y almacenamiento hasta los de consumo.

El flujo a presión se caracteriza por que el fluido llena completamente la sección de la tubería o conducción y no está en contacto con la presión atmosférica.

La red de distribución está constituida por una gran variedad de elementos, pero las tuberías son el componente principal. La tubería es el elemento de la red que permite el transporte del agua. Los componentes restantes actúan como factores de regulación, control, medida, forma, etc.

La red hidráulica de distribución a presión se divide en redes ramificadas o abiertas y redes malladas o cerradas.

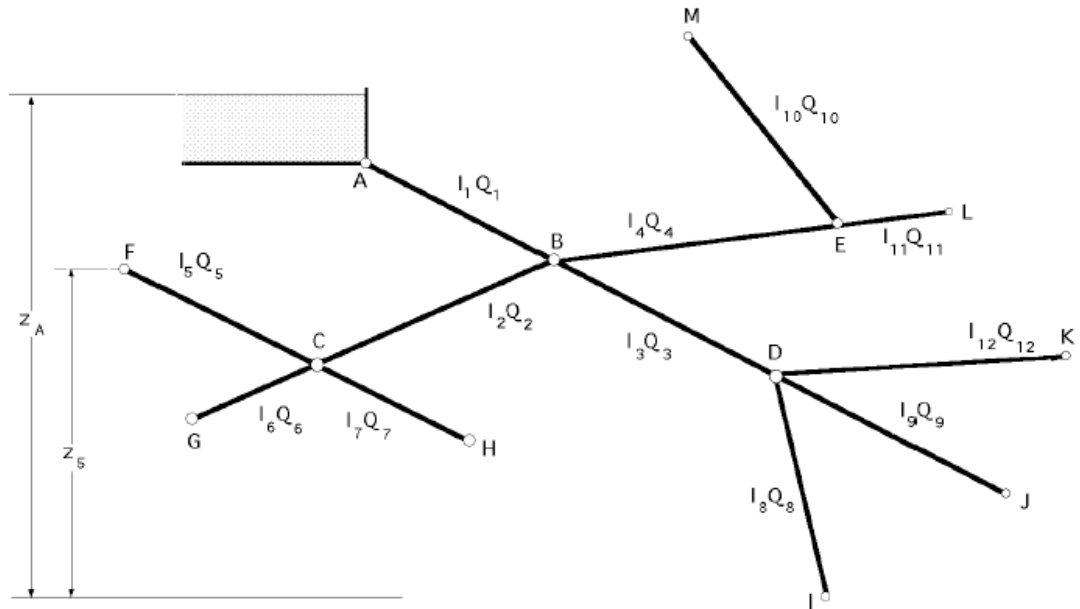
#### **2.1.1 Redes Ramificadas.**

Se caracteriza por tener forma arborescente, cuyas líneas se subdividen formando ramificaciones. Una red ramificada no posee mallas y dos nodos cualesquiera sólo pueden ser conectados mediante un único trayecto.

Es el caso de las redes de regadío. Para conocer el caudal que circula por una línea sólo es necesario aplicar la ecuación de continuidad en cada nudo, junto con la ecuación de la energía.

Éstas pueden resultar poco compensadas, obteniéndose la solución a través de un cálculo directo, ya que en los puntos más alejados de la red las presiones son menores.

**Fig. 2.1: Esquema Red Ramificada**

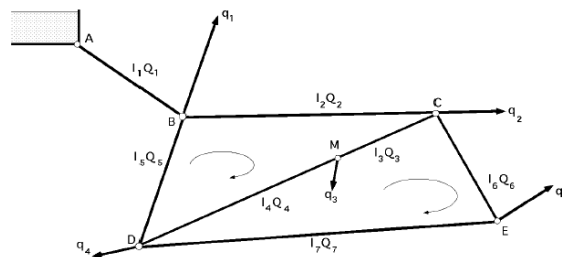


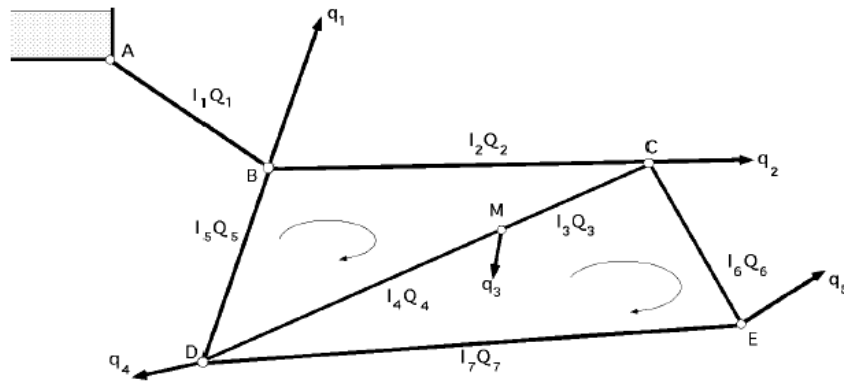
### 2.1.2 Redes Malladas.

Se caracterizan por la existencia de mallas; en una red cerrada puede existir un conjunto de mallas que incluyan a todas y cada una de las líneas de la red, por lo que cualquier par de nodos de ésta puede ser unido por al menos dos trayectos diferentes.

No pueden calcularse únicamente mediante la ecuación de continuidad, de modo que la determinación de caudales es más compleja, lo que hace imprescindible utilizar software especializado para su desarrollo.

**Fig. 2.2: Esquema Red Mallada**





## 2.2 ECUACIONES FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.

### 2.2.1 Ecuación de Continuidad.

La conservación de la masa de fluido a través de dos secciones (sean éstas S1 y S2) de un conducto (tubería) o tubo de corriente establece que: la masa que entra es igual a la masa que sale. La ecuación de continuidad se puede expresar como:

$$\rho_1 \cdot S_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot S_2 \cdot v_2 \text{ (Ecuación 2.1)}$$

Cuando  $\rho_1 = \rho_2$ , que es el caso general tratándose de agua, y flujo en régimen permanente, se tiene:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \text{ (Ecuación 2.2)}$$

Donde:

$v$  = velocidad

$S$  = sección de la tubería

### 2.2.2 Ecuación de Bernoulli.

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli, de la Ley de conservación de la energía. Véase Figura 2.3.

El esquema del Principio de Bernoulli., describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente, para un fluido ideal, sin rozamiento.

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes: 1.- Cinético: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido. 2.- Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posee. 3.- Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

$$h + \left( \frac{v^2}{2g} \right) + \left( \frac{P}{\rho g} \right) = \text{const.} \quad \text{(Ecuación 2.3)}$$

Donde:

$h$  = altura

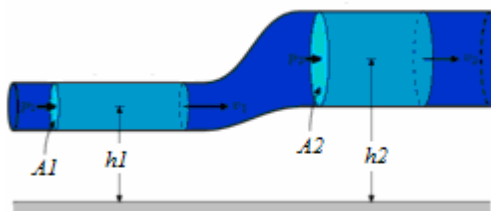
$v$  = velocidad

$g$  = Aceleración de la gravedad

$\rho$  = Peso específico del fluido

$P$  = Presión

**Fig. 2.3: Esquema Principio de Bernoulli.**



Se aprecia que los tres sumandos son dimensionalmente una longitud (o altura), por lo que el principio normalmente se expresa enunciando que, a lo largo de una línea de corriente la suma de la altura geométrica, la altura de velocidad y la altura de presión se mantiene constante.

Cuando el fluido es real, para circular entre dos secciones de la conducción, deberá vencer las resistencias debidas al rozamiento con las paredes interiores de la tubería, así como las que puedan producirse al atravesar zonas especiales como válvulas, ensanchamientos, codos, etc. para vencer estas resistencias, deberá emplear o perder

una cierta cantidad de energía o con la terminología derivada del Principio de Bernoulli de altura, que ahora se puede formular, entre las secciones 1 y 2:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} \text{ (Ecuación 2.4)}$$

Donde pérdidas (1,2) representa el sumando de las pérdidas continuas (por rozamiento contra las paredes) y las localizadas (al atravesar secciones especiales).

### **2.3 ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA RED.**

Son aquellas que establecen una relación entre la diferencia de alturas piezométricas entre los extremos del elemento y el caudal circulante.

#### **2.3.1 Tuberías.**

Las pérdidas en una red de tuberías son ocasionadas por la tubería misma, accesorios, la succión y la descarga. Las pérdidas en la tubería son consideradas pérdidas de superficie, provocadas por el contacto del fluido con la tubería (capa límite) y por el rozamiento de una capas de fluido con otras (régimen laminar), o bien, de las partículas del fluido entre sí (régimen turbulento). Las pérdidas en tuberías se calculan con la siguiente ecuación:

$$Hr = f \frac{Lv^2}{D2g} \text{ (Ecuación de Darcy Weisbach) (Ecuación 2.5)}$$

Donde:

$Hr$  = Pérdida por rozamiento en tubería

$f$  = Coeficiente de pérdida (adimensional)

$L$  = longitud de la tubería

$D$  = Diámetro de la tubería

$v$  = Velocidad media del líquido

$g$  = Aceleración de la gravedad

El coeficiente de pérdidas  $f$  depende del número de Reynolds y de la rugosidad de la tubería ( $\varepsilon/D$ ).

### 2.3.1.1 Número de Reynolds.

Este número es adimensional y puede utilizarse para definir las características del flujo dentro de una tubería. Proporciona una indicación de la pérdida de energía causada por efectos viscosos.

Cuando las fuerzas viscosas tienen un efecto dominante en la pérdida de energía, el número de Reynolds es pequeño y el flujo se encuentra en el régimen laminar. Es decir si el Número de Reynolds es 2000 ó menor el flujo será laminar.

Un número de Reynolds mayor de 4000 indica que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía y el flujo es turbulento. Este número recibe su nombre en honor de *Osborne Reynolds (1842-1912)*, quien lo describió en 1883. Está dado por siguiente fórmula:

$$\text{Re} = \frac{\rho v_s D}{\mu} \quad \text{(Ecuación 2.6)}$$

Donde:

$\rho$ : densidad del fluido

$v_s$  : Velocidad característica del fluido

$D$ : diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido

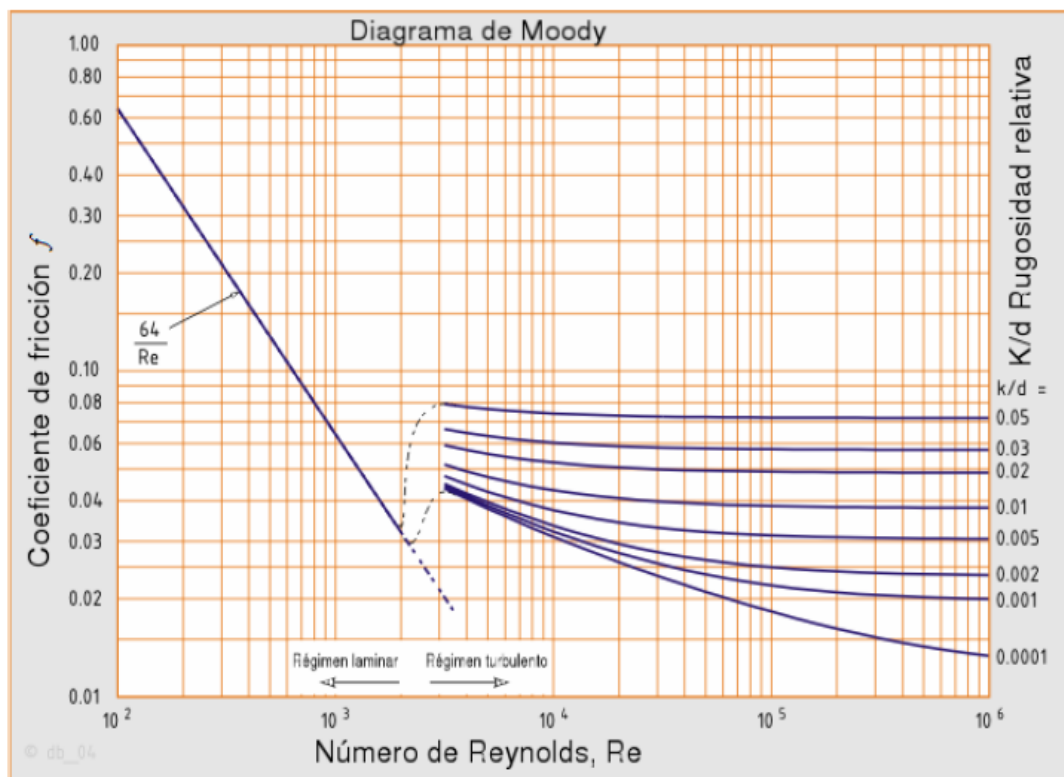
$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido



### 2.3.1.2 Diagrama de Moody.

El diagrama de Moody es la representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de una tubería. En la ecuación de Darcy-Weisbach aparece el término  $f$  que representa el factor de fricción de Darcy conocido también como coeficiente de fricción. El cálculo de este coeficiente no es inmediato y no existe una única fórmula para calcularlo en todas las situaciones posibles. La Figura 2.4, muestra el diagrama de Moody.

**Fig. 2.4: Diagrama de Moody**



Se pueden distinguir dos situaciones diferentes, el caso en que el flujo sea laminar y el caso en que el flujo sea turbulento. En el caso de flujo laminar se usa una de las expresiones de la ecuación de Poiseuille; en el caso de flujo turbulento se usa la ecuación de Colebrook-White.

En el caso de flujo laminar el factor de fricción depende únicamente del número de Reynolds.

Para flujo turbulento, el factor de fricción depende tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa de la tubería, por eso en este caso se representa, mediante una familia de curvas, una para cada valor del parámetro  $k / D$ , donde  $k$  es el valor de la rugosidad absoluta, es decir la longitud (habitualmente en milímetros) de la rugosidad directamente medible en la tubería.

### 2.3.1.3 Rugosidad Relativa.

La rugosidad relativa se puede definir como el grado de finura del interior de un tubo en relación al diámetro.

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{D} \quad \text{(Ecuación 2.7)}$$

### 2.3.2 Válvulas y Accesorios.

Las pérdidas llamadas de forma, que bien tienen lugar en transiciones, codos, válvulas, y en cualquier accesorio, se pueden calcular con la siguiente ecuación.

$$Hr = k \frac{v^2}{2g} \quad \text{(Ecuación 2.8)}$$

Siendo  $k$  el coeficiente adimensional de pérdidas, este depende del número de Reynolds, de la rugosidad y hasta de la configuración de la corriente antes del accesorio, pero existen tablas que permiten calcular este valor en base al diámetro de la tubería. Otro método para el cálculo de las pérdidas de carga es el de longitud equivalente. La cuál es la longitud representada en metros lineales de una tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que el accesorio en cuestión. Estas longitudes equivalentes ( $Le$ ) se obtienen por medio de nomogramas (diagrama utilizado para determinar longitudes equivalentes en accesorios y válvulas) y tablas de accesorios. Su ecuación es:

$$Hr = f \frac{\sum Le \times v^2}{D \times 2g} \quad \text{(Ecuación 2.9)}$$

### 2.3.3 Bombas.

Una bomba hidráulica es una máquina que transforma la potencia (mecánica) de entrada en una potencia (hidráulica) útil de salida, en forma de suministro o caudal. Una bomba convierte la energía que proviene de una primera máquina que puede ser un motor eléctrico, una turbina a gas o a vapor, a otra energía que permite que un líquido sea bombeado por el aumento de presión y la velocidad.

#### 2.3.3.1 Bombas de Desplazamiento Positivo.

Son aquellas que muestran una relación directa entre los movimientos de los elementos bombeados y la cantidad de líquido movilizado. Existen diferentes tipos de bombas de desplazamiento positivo, por ejemplo: de paletas, pistones, émbolos, diafragma, engranes.

#### 2.3.3.2 Carga Dinámica Total.

La carga total normalmente llamada carga dinámica total, es la medida del incremento de energía impartida por el líquido y que se adquiere por la bomba, como se observó en la ecuación de Bernulli. Es igual a la carga total de descarga ( $H_d$ ) menos la carga total de succión ( $H_s$ ) o más la elevación total de succión.

$$H = H_d - H_s \text{ (cuando se tiene carga de succión) (Ecuación 2.10)}$$

$$H = H_d + H_s \text{ (cuando se tiene elevación de succión)(Ecuación 2.11)}$$

##### ➤ Carga de succión ( $H_s$ ).

Existe cuando el nivel de líquido de abastecimiento está arriba de la línea de centros de la bomba o del ojo del impulsor.

##### ➤ Carga total de succión ( $H_s$ ).

Obedeciendo al método de las cargas separadas, es igual a la altura estática que tiene el nivel del líquido por arriba de la línea de centros de la bomba, menos todas las

pérdidas en la línea de succión, más cualquier presión existente en la fuente de abastecimiento.

➤ **Elevación de succión (Hs).**

Existe cuando el nivel de suministro está debajo de la línea de centros de la bomba.

### 2.3.3.3 NPSH.

Altura Neta Positiva de Aspiración (Net Positive Suction Head). Es la diferencia entre la presión del líquido a bombear, referida al eje del impulsor y la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, referida en metros.

➤ **NPSH Disponible.**

Depende del conjunto de la instalación elegida para la bomba y es una particularidad indispensable de la bomba. Este NPSH es por tanto calculable. Esta es una particularidad de la instalación y se define también como la energía que tiene un líquido en la toma de aspiración de la bomba (independientemente del tipo de esta), por encima de la energía del líquido, debido a supresión de vapor.

$$NPSH_D = \frac{Pa}{\rho \cdot g} - Ha - H_{rz-succión} - \frac{Pv}{P \cdot g} \quad (\text{Con elevación de Succión}) \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

$$NPSH_D = \frac{Pa}{\rho \cdot g} + Ha - H_{rz-succión} - \frac{Pv}{P \cdot g} \quad (\text{Con carga de Succión}) \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

Donde:

$Pa$  = Presión atmosférica o presión en la superficie libre en el depósito de aspiración

$Ha$  = Altura geométrica de aspiración

$H_{rz-succión}$  = Pérdidas de carga en la aspiración

$Pv$  = Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

➤ **NPSH Requerido.**

Es un dato básico peculiar de cada tipo de bomba, variable según modelo, tamaño y condiciones de servicio, que se determina por prueba o cálculo, siendo un dato a facilitar por el fabricante el cual lo ha obtenido a través de ensayos. Para que una bomba funcione correctamente sin cavitación, ha de cumplirse que el NPSH disponible en la instalación sea mayor o igual que el NPSH requerido por la bomba.

### **2.3.3.4 Pérdidas en el Interior de la Bomba.**

Las pérdidas se clasifican en tres grupos:

- a) Pérdidas hidráulicas
- b) Pérdidas volumétricas
- c) Pérdidas mecánicas

➤ **Pérdidas Hidráulicas.**

Las pérdidas hidráulicas disminuyen la energía específica útil que la bomba comunica al fluido y consiguientemente la altura útil. Son de dos clases: pérdidas de superficie y pérdidas de forma.

Las pérdidas de superficie se producen por el rozamiento del fluido con las paredes de la bomba (rodete, corona directriz) o de las partículas entre sí. Las pérdidas de forma se producen por el desprendimiento de la capa límite en los cambios de dirección y en toda forma difícil al flujo, en particular a la entrada del rodete si la tangente del álabe no coincide con la dirección de la velocidad relativa a la entrada, o a la salida del rodete si la tangente del álabe de la corona directriz no coincide exactamente con la velocidad absoluta a la salida.

Las pérdidas hidráulicas se originan:

- En la entrada del rodete.
- En el rodete.
- En la corona directriz, si existe.
- En la caja espiral.
- Desde la salida de la caja espiral hasta la salida de la bomba.

### ➤ **Pérdidas Volumétricas.**

Estas pérdidas, que se denominan también pérdidas intersticiales, son pérdidas de caudal y se dividen en dos clases. Pérdidas volumétricas exteriores ( $q_e$ ), constituyen una salpicadura de fluido al exterior, que se escapa por el juego entre la carcasa y el eje de la bomba, que la atraviesa. Para reducirla se utiliza la caja de empaquetadura, que se llena de estopa o material de cierre, provista de su correspondiente tapa o prensaestopas con pernos, que permiten comprimiendo el prensaestopas contra el eje de la máquina para mejorar el cierre. Esta presión sin embargo, no puede ser excesiva para no aumentar las pérdidas mecánicas. Como material de cierre se utiliza mucho el amianto grafitado. Si la máquina ha de bombear líquidos calientes, o las presiones son grandes, o los líquidos corrosivos, radioactivos, etc. existen multitud de soluciones a base de anillos de cierre, resortes que reducen las pérdidas a un mínimo y hasta cero, si es necesario. El cierre de la bomba evidentemente se encarece.

Pérdidas volumétricas interiores  $q_i$ , son las importantes y reducen mucho el rendimiento volumétrico de algunas bombas; aunque  $q_e$  se haya reducido prácticamente a cero por un prensa estopas de alta calidad. La explicación de estas pérdidas es la siguiente: a la salida del rodete de una bomba o de un ventilador hay más presión que a la entrada, luego parte del fluido en vez de seguir a la caja espiral retrocederá, por el conducto que forma el juego del rodete con la carcasa, a la entrada del rodete, para volver a ser impulsado por la bomba. Este caudal, llamado caudal de cortocircuito, absorbe energía del rodete.

### ➤ **Pérdidas Mecánicas.**

Estas incluyen las pérdidas por rozamiento del prensa estopas con el eje de la máquina, rozamiento del eje con los cojinetes y el rozamiento de la pared exterior del rodete con la atmósfera del fluido que lo rodea.

#### **2.3.3.5 Rendimientos.**

Se denomina rendimiento a la relación entre energía utilizada y la energía disponible:

$$\eta_{tot} = \frac{P}{P_a} = \frac{P}{P_i} \frac{P_i}{P_a} = \eta_i \eta_m = \eta_v \eta_h \eta_m \text{ (Ecuación 2.14)}$$

➤ **Rendimiento Hidráulico ( $\eta_h$ ).**

Es la relación entre la altura útil y la altura teórica.

$$\eta_h = \frac{H}{H_u} \text{ (Ecuación 2.15)}$$

➤ **Rendimiento Volumétrico ( $\eta_v$ ).**

Es aquel que representa la pérdida de caudal debido a las pérdidas volumétricas.

$$\eta_v = \frac{Q}{(Q + q_e + q_i)} = \frac{\text{Caudal efectivo}}{\text{Caudal teórico}} \text{ (Ecuación 2.16)}$$

➤ **Rendimiento Interno ( $\eta_i$ ).**

Engloba los dos anteriores: ( $\eta_v$ ), ( $\eta_h$ )

$$\eta_i = \eta_h \cdot \eta_v \text{ (Ecuación 2.17)}$$

➤ **Rendimiento Mecánico ( $\eta_m$ ).**

Es aquel que toma en cuenta todas las pérdidas mecánicas.

➤ **Rendimiento Total o Rendimiento de la Bomba ( $\eta_b$ ).**

Es aquel que toma en cuenta todas las pérdidas de la bomba.

$$\eta_b = \eta_h \cdot \eta_m = \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m \text{ (Ecuación 2.18)}$$

### 2.3.3.6 Potencias.

➤ **Potencia Interna  $iP$ .**

Potencia suministrada al rodete, igual a la potencia de accionamiento menos las pérdidas mecánicas.

➤ **Potencia Útil o Potencia Hidráulica  $Ph$ .**

Incremento de potencia que experimenta el fluido en la bomba.

Se conoce también como potencia de líquido o potencia útil y se define como el trabajo cedido al líquido por la bomba.

$$Ph = Q \cdot \delta \cdot g \cdot h \text{ (Ecuación 2.19)}$$

➤ **Potencia al Freno o Potencia de Accionamiento ( $P_a$ ).**

Potencia de accionamiento, potencia absorbida, potencia al freno, potencia en el eje. Los cuatro nombres se utilizan en la práctica. Así, en un grupo moto–bomba (motor eléctrico–bomba) no es la potencia absorbida en la red, sino la potencia libre en el eje (potencia absorbida de la red multiplicada por el rendimiento del motor eléctrico).

Es la potencia a la entrada de la flecha de la bomba:

$$P_a = \frac{Ph}{\eta_b} = (Q \cdot \delta \cdot g \cdot h) \cdot 10^{-3} / \eta_b \text{ (kw) (Ecuación 2.20)}$$

$$P_a = \left( \frac{Q \cdot h \cdot \delta}{76 \eta_b} \right) \text{ (HP) (Ecuación 2.21)}$$

## 2.4 PROCESO ANALÍTICO DE RESOLUCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.

Las redes de distribución son indeterminadas porque hay más factores desconocidos que ecuaciones independientes que los relacionen.

Hardy Cross desarrollo un enfoque racional para analizar un sistema, por medio del empleo de un procedimiento iterativo.

Dicho procedimiento converge muy rápido hacia los caudales correctos. Aun así requieren muchos cálculos, pero pueden plantearse en forma ordenada para realizarlos en un computador.

La técnica de Cross requiere que se exprese los términos de pérdidas de carga para cada tubería del sistema en la forma:

$$h = kQ^n \text{ (Ecuación 2.22)}$$



Donde:

$h$  = Pérdida de carga

$k$  = Resistencia equivalente al flujo para toda la tubería

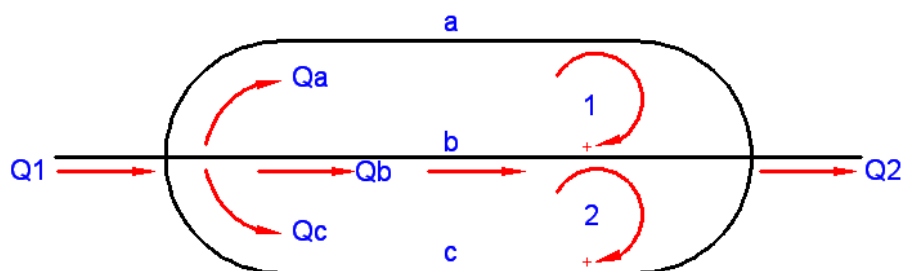
$Q$  = Caudal en la tubería

Para comenzar el proceso de iteraciones la red debe dividirse en un conjunto de circuitos cerrados. La Figura 2.5 muestra de manera esquemática un sistema de tres tuberías, las flechas punteadas dibujadas en sentido del movimiento de las manecillas del reloj ayudan a definir los signos de los caudales  $Q$  y las pérdidas de carga  $h$  de las tuberías diferentes de cada circuito.

Si el flujo en la tubería de un circuito va en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj,  $Q$  y  $h$  son positivos, si el flujo va en sentido contrario del movimiento de las manecillas del reloj,  $Q$  y  $h$  son negativos.

Entonces, para el circuito 1 de la figura 2.5,  $h_a$  y  $Q_a$  son positivas en cambio  $h_b$  y  $Q_b$  son negativas. Los signos tienen importancia crítica para hacer el cálculo correcto de los ajustes del caudal que se denota como  $\Delta Q$ , y que se realiza al final de cada iteración.

**Fig. 2.5: Esquema de Tres Tuberías**



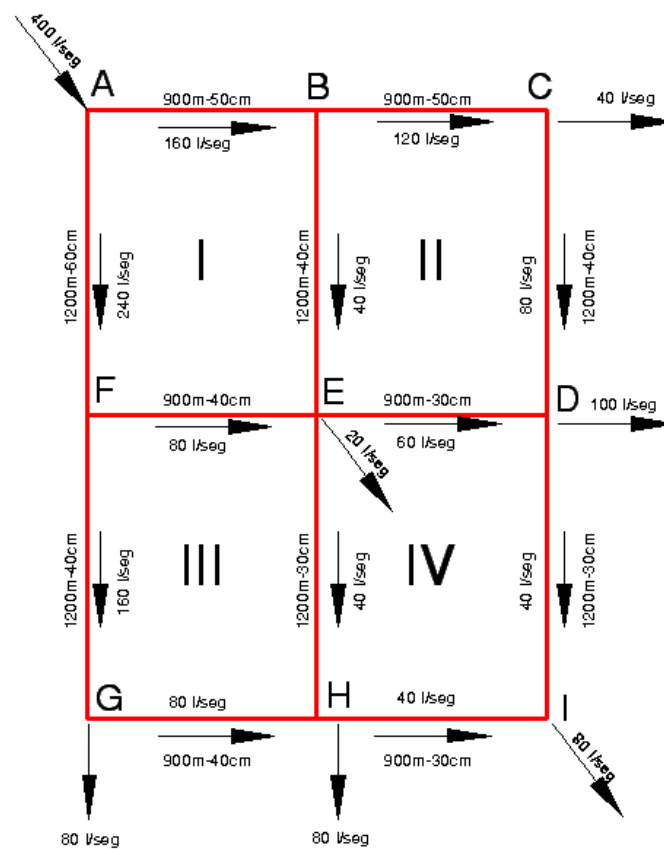
### **Técnica de Hardy Cross para el Análisis de Redes de Tubería.**

A continuación se presenta paso a paso la técnica de Cross para analizar el flujo en redes de tubería se realiza el análisis de un ejemplo de redes de distribución con redes malladas y tuberías en paralelo.

### Ejemplo:

El agua fluye a través del sistema de tuberías mostrado en la figura 2.6 en el que se conocen ciertos caudales, como se indica en la figura. En el punto A la elevación es de 60 m y la altura de presión es de 45 m. La elevación en I es de 30 m. Determinar (a) los caudales a través de las red de tuberías y (b) la altura de la presión en I. (Utilizar  $C_1=100$ ).

Fig. 2.6: Distribución Tubería Mallada



### Solución:

El método de cálculo puede resumirse como sigue:

1. Se suponen una serie de caudales iniciales procediendo circuito por circuito en este caso los lazos o circuitos son I, II, III, IV. Hay que poner cuidado en que los caudales que llegan a cada nodo sean igual en valor a la suma de los caudales salientes del mismo (principio de continuidad).

2. Para cada lazo se calcula la pérdida de carga en cada una de las tuberías del circuito (analíticamente, por el diagrama B o bien mediante una regla de cálculo hidráulica).
3. Se suman las pérdidas de carga en cada circuito en el sentido de las agujas del reloj, teniendo en cuenta la colocación correcta de los signos (si la suma de las pérdidas de carga fuera nula los caudales  $Q_1$  supuestos serían los correctos).
4. Se suman los valores de  $HL/Q_1$ , calculando a continuación el término  $\Delta$  de corrección de los caudales en cada lazo.
5. Se corrige el caudal en cada una de las tuberías en  $\Delta$  con lo que aumenta o disminuye en esa cantidad cada caudal  $Q$  supuesto. Para los casos en que una tubería pertenece a dos circuitos, debe aplicarse como corrección al caudal supuesto la diferencia entre los dos.
6. Se continua en forma análoga hasta que los valores de los  $\Delta$  sean despreciables.

Los pasos de los cálculos resumidos se han desarrollado en forma tabular, utilizando la tabla 2.1 para obtener las pérdidas de cargas en metros por mil metros ( $S$ ). Los valores de  $HL$  se obtienen por multiplicación de  $S$  por la longitud de la tubería que se considera. También se han tabulado los valores del cociente de  $HL$  por el  $Q$  correspondiente.

**Tabla 2.1: Tabulación de Datos – Primer Calculo**

Cuadrante	Tramo	D, cm	L, m	$Q_1$ , l/seg	$S$ , m/1000m	HL,m	HL/ $Q_1$	$\Delta$	$Q_2$
I	AB	50	900	160	2,2	1,98	0,0124	13,3	173,3
	BE	40	1200	40	0,5	0,6	0,0150	13,3-5,3 =8	48
	EF	40	900	-80	-1,9	-1,71	0,0214	13,3-24,2 =-10,9	-90,9
	FA	60	1200	-240	-1,92	-2,304	0,0096	13,3	-226,7
	Sumatoria						-1,434	0,0584	
II	BC	50	900	120	1,3	1,17	0,0098	5,3	125,3
	CD	40	1200	80	1,9	2,16	0,0270	5,3	85,3
	DE	30	900	-60	-4,3	-3,87	0,0645	5,3-(-4,9)=+10,2	-49,8
	EB	40	1200	-40	-0,5	-0,6	0,0150	5,3-(13,3)=-8	-48
	Sumatoria						-1,14	0,1163	
III	FE	40	900	80	1,9	1,71	0,0214	24,2-13,3=10,9	90,9
	EH	30	1200	40	2	2,4	0,0600	24,2-(-4,9)=29,1	69,1
	HG	40	900	-80	-1,8	-1,62	0,0203	24,2	-55,8
	GF	40	1200	-160	-6,5	-9,8	0,0613	24,2	-135,8
	Sumatoria						-7,31	0,1629	
IV	ED	30	900	60	4,3	3,87	0,0645	-4,9-(5,3)=-10,2	49,8
	DI	30	1200	40	2	2,4	0,0600	-4,9	35,1
	IH	30	900	-40	-2	-1,8	0,0450	-4,9	-44,9
	HE	30	1200	-40	-2	-2,4	0,0600	-4,9	-69,1
							2,07	0,2295	4,9 - 24,2 = -29,1

Los términos  $\Delta$  se calculan:

$$\Delta = -\frac{\sum(H_L)}{1,85 \sum\left(\frac{H_L}{Q_0}\right)}$$

$$\Delta_I = -\frac{-1,434}{1,85 \cdot 0,0584} = +13,3$$

$$\Delta_{II} = -\frac{-1,140}{1,85 \cdot 0,1163} = +5,3$$

$$\Delta_{III} = -\frac{-7,310}{1,85 \cdot 0,1630} = +24,2$$

$$\Delta_{IV} = -\frac{+2,070}{1,85 \cdot 0,2295} = -4,9$$

Para la tubería EF y el lazo I, el término  $\Delta_{\text{neto}}$  es  $\Delta_I - \Delta_{III}$ , es decir,  $+13,3 - (+24,2) = -10,9$ . Se observa que el  $\Delta$  para el circuito I se combina con el  $\Delta$  del circuito III, el término  $\Delta_{\text{neto}}$  es  $\Delta_{III} - \Delta_I$  es decir  $+24,2 - (13,3) = 10,9$ . Obsérvese que los valores  $\Delta_{\text{neto}}$  tienen el mismo valor absoluto, pero signo opuesto. Esto se comprende fácilmente ya que el flujo de la tubería EF es contrario al de las agujas de un reloj.

Los valores de los  $Q_2$  para la segunda aproximación se calcula así:

$$Q_{AB} = (160 + 13,3) = 173,3 \text{ litros / seg}$$

Mientras que:

$$Q_{EF} = (-80 - 10,9) = -90,9 \text{ litros / seg}$$

$$Q_{FA} = (-240 - 13,3) = -226,7 \text{ litros / seg}$$

El método consiste en continuar las aproximaciones hasta que los términos  $\Delta$  sean lo suficientemente pequeños de acuerdo a la precisión que se busque.

La altura piezometrico en A es  $(60+45)= 105$  m. La perdida de carga de A a I puede calcularse por cualquiera de las rutas que unen A con I, sumando las pérdidas de la forma usual es decir en la dirección del flujo.

**Tabla 2.2: Tabulación de Datos – Segundo Cálculo**

Cuadrante	Tramo	Q2, l/seg	S	HL,m	HL/Q2	$\Delta$
I	AB	173,3	2,7	2,43	0,0140	7,2
	BE	48	0,7	0,84	0,0175	$7,2-(1,2)=8,4$
	EF	-90,9	-2,3	-2,07	0,0228	$7,2-(6,4)=13,6$
	FA	-226,7	-1,7	-2,04	0,0090	7,2
	Sumatoria			-0,84	0,0633	
II	BC	125,3	1,4	1,26	0,0101	-1,2
	CD	85,3	2,1	2,52	0,0295	-1,2
	DE	-49,8	-3	-2,7	0,0542	$(-)1,2-8,9=10,1$
	EB	-48	-0,7	-0,84	0,0175	$(-)1,2-7,2=8,4$
	Sumatoria			0,24	0,1113	
III	FE	90,9	2,3	2,07	0,0228	$(-)6,4-7,2=-13,6$
	EH	69,1	5,5	6,6	0,0955	$(-)6,4-8,9=-15,3$
	HG	-55,8	-0,91	-0,819	0,0147	$(-)6,4$
	GF	-135,8	-4,8	-5,76	0,0424	$(-)6,4$
	Sumatoria			2,091	0,1754	
IV	ED	49,8	3	2,7	0,0542	$8,9-(1,2)=10,1$
	DI	35,1	1,61	1,932	0,0550	8,9
	IH	-44,9	-2,5	-2,25	0,0501	8,9
	HE	-69,1	-5,5	-6,6	0,0955	$8,9-(6,4)=15,3$
				-4,218	0,2549	

**Tabla 2.3: Tabulación de Datos – Tercer Cálculo**

Cuadrante	Tramo	Q3, l/seg	S	HL,m	HL/Q3	$\Delta$	Q4, l/seg
I	AB	180,5	2,8	2,52	0,0140	-1,1	179,4
	BE	56,4	0,93	1,116	0,0198	$(-)1,1-(4,9)=-6$	50,4
	EF	-77,3	-1,76	-1,584	0,0205	$(-)1,1-(4,8)=-5,9$	-83,2
	FA	-219,5	-1,6	-1,92	0,0087	-1,1	-220,6
	Sumatoria			0,132	0,0630		
II	BC	124,1	1,4	1,269	0,0102	4,9	129
	CD	84,1	2,1	2,52	0,0300	4,9	89
	DE	59,9	-4,2	-3,78	-0,0631	$4,9-(2,5)=7,4$	-52,5
	EB	-56,4	-0,93	-1,116	0,0198	$4,9-(1,1)=6$	-50,4
	Sumatoria			-1,107	-0,0031		
III	FE	77,3	1,76	1,584	0,0205	$4,8-(1,1)=5,9$	83,2
	EH	53,8	3,5	4,2	0,0781	$4,8-(2,5)=7,3$	61,1
	HG	-62,2	-1,2	-1,08	0,0174	4,8	-57,4
	GF	-142,2	-5,1	-6,12	0,0430	4,8	-137,4
	Sumatoria			-1,416	0,1590		
IV	ED	59,9	4,2	3,78	0,0631	$-2,5-4,9=-7,4$	52,5
	DI	44	2,5	3	0,0682	-2,5	41,5
	IH	-35,1	-1,6	-1,44	0,0410	-2,5	-37,6
	HE	-53,8	-3,5	-4,2	0,0781	$(-)2,5-4,8=-7,3$	-61,1
				1,14	0,2504		

# **CAPÍTULO III**

## **DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y OPERACIÓN DEL TERMINAL PASCUALES**

### 3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y OPERACIÓN DEL TERMINAL PASCUALES.

#### INTRODUCCIÓN.

La Empresa Nacional de Comercialización, Almacenamiento y Transporte de Petróleos del Ecuador, satisface la demanda de productos limpios derivados de petróleo a la región sur del país, esto se logra mediante la operación del Terminal Pascuales, el que constituye el principal centro de abastecimiento de productos derivados de petróleo para las provincias de Azuay, Cañar, Loja, El Oro, Guayas, Galápagos parte de Los Ríos, Chimborazo y Bolívar, además de abastecer en casos de emergencia a Manabí e inclusive a La Libertad.

**Fig. 3.1: Acceso Terminal Pascuales**



#### 3.1 UBICACIÓN, EXTENSIÓN Y LÍMITES.

El Terminal Pascuales con una superficie de implantación de 85 Ha, se ubica en el Km. 14,5 de la Vía a Daule, en la parroquia urbana Pascuales del cantón Guayaquil, Provincia del Guayas.

**Fig. 3.2: Terminal Pascuales**



El predio del Terminal se encuentra limitado al norte por un asentamiento poblacional denominado "Cooperativa 5 de Diciembre", al sur por terrenos baldíos, al este por terrenos de propiedad particular y al oeste por terrenos de Petrocomercial que constituyen un área de expansión del Terminal, esta área cuya superficie es de alrededor de 65 Ha (810 m x 810 m).

El Terminal se enlaza a la red vial de la ciudad de Guayaquil por medio de un acceso asfaltado de 7 m de ancho y una longitud de 980m, que se articula a la Vía Guayaquil-Daule.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.**

El Terminal de productos limpios Pascuales tiene dos grandes áreas operativas que son el área de almacenamiento y el área de distribución o despacho, ubicadas próximas entre sí. En estas áreas se ubican edificaciones, instalaciones, equipos, vías de comunicación, zonas de circulación, áreas verdes, etc.



### **3.2.1 Obra Civil.**

#### **➤ Vías de Acceso, Salidas y Estacionamientos.**

Al Terminal se ingresa por el acceso ubicado sobre el límite este del predio, que constituye el ingreso principal (garita # 1), para acceder a la zona de islas de despachos, se utiliza la entrada controlada por la garita # 2, la que es principalmente para el uso de los autotanques, la salida vehicular del área de islas se realiza por la garita # 3.

Existe una vía de acceso que comunica la entrada (garita de control # 1) con la zona de islas (pasando por la garita # 2), esta vía es asfaltada, de doble circulación, en el interior de la zona de despacho la vía rodea las islas de carga y se conecta a la salida de la zona (garita # 3), sirve para la circulación vehicular interna de los autotanques.

Hay tres plataformas de parqueo, dos ubicadas en el sector este del predio, junto a la entrada, cada uno con capacidad para estacionar 100 autotanques, el otro parqueadero se ubica frente al edificio de administración, tiene capacidad para 25 autotanques. El parqueadero para visitantes y personal administrativo se ubica junto al bloque de administración, tiene capacidad para 20 vehículos livianos.

#### **➤ Edificaciones**

Las edificaciones en general son de una sola planta, construidas de hormigón armado, pisos de concreto, paredes de bloques y techo de planchas de asbesto, dotadas de ventilación mediante celosías y ventanas, se ubican formando unidades independientes. Cada edificación está destinada para diferentes actividades, variando su diseño, tipo de construcción, disposición y accesos de acuerdo a las necesidades y usos.

#### **➤ Cerramientos.**

En el Terminal existen tres cerramientos que sirven para definir las zonas de acuerdo al uso actual, los dos internos construidos con mallas metálicas y el externo con pilares de concreto y alambre de púas, la primera delimita el área de implantación de las instalaciones actuales, es decir la plataforma de distribución y la de

almacenamiento con todas sus instalaciones anexas, la segunda demarca el anillo de seguridad y la tercera constituye el límite del predio.

➤ **Instalaciones Eléctricas y Sanitarias.**

Las instalaciones eléctricas del terminal son subterráneas, la acometida eléctrica que ingresa a la subestación eléctrica del Terminal de Pascuales tiene un nivel de voltaje de 13.200 voltios, cuyo transformador principal es de 300 kVA trifásico, además existen tres transformadores trifásicos, dos de 75 kVA y uno de 30 kVA, los que son alimentados por el transformador principal con un voltaje de 480 voltios. Existe un generador de emergencia para suplir energía en situaciones de cortes del suministro público. Las características técnicas del generador se detallan en la Tabla 3.1. que se presenta a continuación.

**Tabla 3.1: Características Técnicas del Generador**

<b>Marca</b>	<b>Combustible</b>	<b>Fases</b>	<b>Potencia mecánica (kw)</b>	<b>Potencia eléctrica (kw)</b>
<b>Caterpillar</b>	<b>Diesel</b>	<b>Trifásico</b>	<b>370</b>	<b>462</b>

Las instalaciones sanitarias del Terminal están diseñadas y construidas de acuerdo a los parámetros establecidos para este tipo de redes, con tuberías de PVC subterráneas que se distribuyen por las zonas servidas, recogen las descargas domésticas y las conducen a los pozos sépticos, hay cuatro pozos sépticos. La utilidad por zonas es, dos en la plataforma de despacho, uno en almacenamiento o reductora y uno en la oficina de seguridad junto a la garita #1.

**3.2.2 Plataforma de Almacenamiento.**

La plataforma de almacenamiento comprende la estación reductora de los poliductos de La Libertad – Pascuales, Santo Domingo - Pascuales y Tres Bocas- Pascuales con los 16 tanques de almacenamiento de productos limpios y 2 de slop<sup>1</sup>. La estación reductora está conformada por las edificaciones administrativas casetas de control y por una serie de tuberías principales y secundarias por donde se reciben los productos

<sup>1</sup> Desperdicio del petróleo, mezcla de agua, lodo y crudo.

que llegan por los poliductos y que, previa reducción de su presión, es distribuido a los tanques de almacenamiento.

Las tuberías, sensores, válvulas y demás elementos del sistema de reducción se encuentran generalmente soportados sobre bases de hormigón.

El manifold<sup>2</sup> se asienta sobre plataformas de hormigón y adoquines, las casetas de control del sistema, que se intercalan a lo largo de su recorrido, son estructuras metálicas, desprovistas de paredes, con pisos de concreto o metálico, las edificaciones en las que funcionan las oficinas son de características similares a las del área de despacho del Terminal.

En la zona de llegada de los poliductos, a lo largo del recorrido de las tuberías y en especial en los puntos de control del combustible del área de reducción, se encuentra instalada una serie de sumideros o trampas, conectados por tuberías subterráneas a tanques de recuperación, ubicadas en la misma zona.

Existen dos tipos tanques, cerrados y abiertos, dotados con bombas y tuberías de conexión a los tanques de slop.

### **3.2.3 Tanques.**

La zona de tanques de la plataforma de almacenamiento se encuentra ocupando el sector noroeste del área, hay en total 19 tanques dispuestos en cuatro grupos de acuerdo al tipo de producto Gasolina, Diesel, Jet Fuel<sup>3</sup> y Slop, cada grupo tiene su respectivo cubeto que no es otra cosa que un cerramiento que bordea los tanques para evitar que un derrame pueda expandirse. Los tanques se encuentran asentados sobre plataformas circulares de hormigón que sobrepasan el diámetro de los tanques, estas plataformas a la vez se asientan sobre el terreno reconformado<sup>4</sup>.

Algunas características y las dimensiones de los tanques de almacenamientos se presentan en la Tabla 3.2.

---

<sup>2</sup> Colector de descarga, sirve para disminuir la presión de los fluidos transportados.

<sup>3</sup> Combustible utilizado en turbinas de aviones.

<sup>4</sup> Cimentación realizada en el área del terreno para proporcionar mejor estabilidad y firmeza en el suelo.

**Fig. 3.3: Zona de Tanques de Almacenamiento**



**Tabla 3.2: Características y Dimensiones de los Tanques de la Plataforma de Almacenamiento**

T.Q.Nº	Diámetro (m)	Tipo de Techo	Producto	Volumen Total (gal)	Volumen Operativo (gal)
9	33,47	Flotante	Gas. Extra	3.100.725,00	2.977.945,00
10	33,42	Flotante	Gas. Super	4.200.000,00	4.068.890,00
11	29,34	Flotante	Gas. Extra	1.846.523,00	1.798.331,00
12	33,47	Flotante	Gas. Extra	3.100.725,00	2.977.486,00
13	15,93	Flotante	Gas. Base	731.144,00	701.807,00
14	15,93	Flotante	Gas. Base	751.494,00	722.160,00
15	31,63	Flotante	Gas. Extra	2.845.161,00	2.770.507,00
17	40,07	Fijo	Diesel Oil	4.413.298,00	4.248.641,00
18	37,50	Fijo	Diesel Oil	4.250.854,00	4.119.512,00
19	35,70	Fijo	Diesel Oil	4.131.268,00	3.997.028,00
20	39,48	Fijo	Diesel Oil	4.413.298,00	4.248.614,00
21	22,40	Fijo	Destilado	1.284.196,00	1.193.255,00
22	22,36	Fijo	Destilado	1.117.363,00	1.062.422,00
24	9,40	Fijo	Slop	174.276,00	163.481,00
25	9,40	Fijo	Slop	174.258,00	163.464,00
26	24,50	Fijo	Jet a-1	1.801.967,00	1.712.328,00
27	24,50	Fijo	Jet a-1	1.800.079,00	1.712.269,00
28	16,65	Fijo	Jet a-1	638.250,00	600.787,00
29	16,05	Fijo	Jet a-1	637.045,00	600.553,00

Los tanques están provistos de tuberías de aforo<sup>5</sup>, ventilación, respiraderos y pueden ser tipo techo flotante y cónico.

Cada tanque en el área de almacenamiento está equipado con:

- Medidor - transmisor de nivel.
- Interruptor de nivel.
- Válvulas en las líneas de llenado y en las de salida.
- Termómetros locales.

Los tanques de cada área están cercados por una especie de muro en forma de rectángulo el mismo que se denomina cubeto, y sirve para retener los líquidos en caso de un derrame, evitando de este modo que se derrame por todo lado. Estos cubetos de contención del área de almacenamiento están contruidos de tierra o de concreto, las dimensiones de los cubetos de cada grupo y sus características se presentan en la Tabla.3.3.

**Tabla 3.3: Dimensiones de los Cubetos de Tanques**

Tanque	Material	Fondo	Dimenciones (m2)	Altura (m)
Gasolina	Tierra	Tierra	15.067,00	2,00
Diesel	Tierra	Tierra	16.160,00	2,00
Jet Fuel	Concreto	Tierra	4.104,00	2,15
Slop	Tierra	Tierra	1.589,00	2,00

### 3.2.4 Plataforma de Distribución / Despacho.

La plataforma de distribución está formada por los tanques de despacho diario, líneas de llenado y descarga, desaireadores<sup>6</sup>, válvulas de seguridad, bombas de despacho y controladores de carga.

La plataforma de distribución se encuentra formando parte del Terminal de despacho, en el que se encuentran los edificios administrativos, comedor, dispensario médico, laboratorio de control de calidad, talleres de mantenimiento electromecánico, oficinas de seguridad industrial, casetas de control, etc.

<sup>5</sup> Dispositivo mecánico para medir el nivel en el tanque.

<sup>6</sup>Dispositivos mecánicos empleados para liberar los gases.

No hay tanques para almacenamiento de Jet Fuel, este producto se conduce directamente desde la Estación Reductora a las islas de despacho. Las características y dimensiones de los tanques del área de despacho se presentan en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4: Características de los Tanques del Área de Despacho**

TQ.N°	Diámetro(m)	Tipo de Techo	Producto	Volumen Total(gal)	Volumen Operativo(gal)
1	13,10	Fijo	Diesel Oil	522900,00	501548
2	18,84	Fijo	Diesel Oil	886856,00	846574
3	7,70	Fijo	Destilado	148596,00	141363
4	7,70	Fijo	Destilado	148596,00	141318
5	7,70	Flotante	Gas.Super	110544,00	103319
6	7,70	Flotante	Gas.Super	110544,00	103342
7	12,64	Flotante	Gas.Extra	407400,00	387345
8	12,64	Flotante	Gas.Extra	407400,00	388514

El cubeto en el que se encuentran los tanques de despacho, está construido de hormigón, tiene las siguientes características.

**Tabla 3.5: Características del Cubeto del Área de Despacho**

Cubeto	Material	Fondo	Dimensiones (m2)	Altura (m)
	Concreto	Tierra	4212,00	2,00

Las bombas están interconectadas con los tanques por medio de tuberías, filtro y una válvula de compuerta de 6" de diámetro y con las islas de carga por medio de una válvula Check, una válvula de compuerta de 6" de diámetro y líneas de diámetros entre 6" y 10".

Las islas de carga son en total diecinueve, cuentan con dos brazos cada una, se identifican con un código numérico secuencial y se distribuyen de la manera que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 3.6: Distribución de las Islas de Carga**

<b>Producto</b>	<b>Islas</b>
Gasolina Extra	8-10-11-12-13-14
Gasolina Súper	9-15-16
Diesel 2	1-2-3-4-5-6
Diesel 1	7
JP1	17-18

Las islas de Jet Fuel tienen dispensadores automáticos. El sistema de distribución se complementa con seis desaireadores instalados entre las bombas y las islas de carga para garantizar la ausencia de aire en los medidores de flujo. Los medidores de flujo están conectados en los tanques de distribución a través de válvulas de compuerta y filtros de canasta y descargan a los brazos de llenado a través de una válvula.

Existe además dos dispensadores de combustible (bombas) para servicio de los vehículos de consumo interno del Terminal, que se ubican frente a la isla de despacho de Jet Fuel, el combustible para esta toma se despacha desde dos tanques, uno de diesel y otro de gasolina instalados sobre estructuras metálicas dentro de cubetos de 50cm de altura.

### **3.2.5 Separadores API.**

Efectúan la separación de hidrocarburos mezclados en los residuos líquidos de los procesos industriales, liberando sus afluentes del alto contenido de aceite y facilitando el proceso de descontaminación en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Los separadores reciben corrientes de las plantas, por escapes en bombas de procesos, drenajes de tanques de almacenamiento de productos, aguas de lluvia y desechos líquidos en general de las plantas de procesos.

En ambas plataformas: almacenamiento y distribución, existen instalaciones para tratamiento de los líquidos que han sido parte de un proceso o han tenido contacto con hidrocarburos.

Hay cuatro de estos sistemas identificados y distribuidos así:

**Tabla 3.7: Separadores API**

Identificación	Ubicación	Área servida
API 1	Distribución	Islas y zonas cercanas
API 2	Distribución	Cubeto despacho y áreas adyacentes, laboratorio de control de calidad.
API 3	Almacenamiento	Cubeto de gasolinas
API 4	Almacenamiento	Cubeto de diesel, JP y sIop

### 3.2.6 Cisternas y Reservorios.

Una cisterna de 10 m<sup>3</sup> se utiliza para almacenar el agua potable proveniente de la red pública en el Terminal, esta se ubica en la zona sureste del predio, desde allí se distribuye el agua a todo el local. Está instalado además un tanque elevado de 3m<sup>3</sup> para servicio de las áreas administrativas.

### 3.3 DESCRIPCIÓN OPERATIVA.

El funcionamiento del Terminal se logra mediante la ejecución de una serie de actividades desarrolladas por divisiones especializadas, supervisadas por personal capacitado en el manejo de cada una de los sectores operativos, así tienen lugar los mecanismos de recepción, transferencia interna, distribución, despacho de los productos y aquellos otros que forman parte del esquema operativo general del Terminal, como seguridad industrial y física, control de calidad, mantenimiento electromecánico y limpieza de las instalaciones.

La operación de llenado de los tanques de combustibles de las zonas de almacenamiento y de distribución tiene lugar mediante mecanismos automatizados, controlados por válvulas, medidores, transmisores de nivel, termómetros, tablero de control de válvulas, tablero eléctrico, paneles de control, subestación eléctrica, tablero de alimentación y otros similares. Los paneles de control se encuentran en las áreas de almacenamiento y distribución.

En los ítems siguientes se describen los aspectos relevantes del sistema operativo del Terminal y Estación reductora, incluyendo la organización del equipo humano.



### 3.3.1 Descripción Operativa de la Plataforma de Almacenamiento (Estación Reductora).

La estación reductora almacena los productos limpios derivados de petróleo enviados por los poliductos, los cuales llegan al Terminal a altas presiones (150 PSI aprox.), utilizadas para lograr que recorran las distancias que separan las estaciones de bombeo y los terminales. Mediante un sistema de bombeo, tuberías, filtros, válvulas y mecanismos apropiadamente calibrados entre los que se encuentran los reguladores de caudal y presión, manifolds, etc, se logra bajar hasta 20 PSI la presión de llegada del fluido.

**Fig. 3.4: Estación Reductora**



En la estación reductora se reciben los productos bombeados por medio de los poliductos Esmeraldas-Sto.Domingo-Pascuales, Libertad-Pascuales y Tres Bocas-Pascuales. Las características de estos ductos son:

**Tabla 3.8: Sistema de Transporte Vía Poliductos**

Poliducto	Longitud (Km)	Diámetro (pulg)	Capacidad de transporte (BPD)	Productos
Esmeraldas-Sto.Domingo	253	16	60.000	Gasolinas
Sto.Domingo-Pascuales	275	10	38.400	Gasolinas, diesel
Libertad-Pascuales	128	10	21.600	Gasolinas, diesel, jet fuel
Tres Bocas-Pascuales	21	12	108.000	Gasolinas, diesel

Los poliductos de La Libertad y Sto. Domingo están dotados de sensores de densidad. La pureza de llegada del combustible depende de factores como la distancia o las condiciones de bombeo, el producto que llega desde Esmeraldas

arrastra la mayor cantidad de impurezas, el de Tres Bocas también presenta frecuentemente impurezas, mientras que el producto que llega por el poliducto de La Libertad llega más limpio.

La válvula reductora, en la estación reductora, es el mecanismo que le da el nombre a esta área, ya que reduce la presión de llegada del producto para acceder al respectivo tanque de almacenamiento a través de un manifold distribuidor.

En la estación reductora se manejan las interfaces de producto, programadas dentro de las operaciones de bombeo de los poliductos, de acuerdo a un instructivo específico, este control se basa en tres indicadores, estos son, el conocimiento del tipo de productos involucrados en la interface, el porcentaje de mezcla de ellos que circule por el poliducto, controlado a través de la medición de los grados API y el color de la interface.

A continuación de la válvula reductora se encuentra el Manifold de Distribución, que está conformado por seis válvulas motorizadas que son operadas desde un tablero de control de forma automática, el diámetro de la línea del Poliducto de 12" se reduce a 10". Las líneas de llenado de los tanques de almacenamiento de 10" se conectan a los tanques a través de una válvula motorizada y a continuación una válvula manual de compuerta, ambas de 10" de diámetro. A continuación del manifold de distribución está conectado el sistema de seguridad que alivia hacia el tanque TP-25 de Slop a través de tres válvulas de seguridad calibradas. Las líneas de descarga de los tanques de almacenamiento hacia los de distribución son de 6" de diámetro y su flujo es controlado por una válvula manual de compuerta y una motorizada, ambas de 6" de diámetro. Los tanques de gasolina extra también descargan productos a los tanques de distribución a través de una línea de 10" de diámetro controlada sólo por una válvula manual de compuerta de igual diámetro.

Para controlar las operaciones de los distintos sistemas de válvulas y otros dispositivos existe un centro de Control de Operaciones de Recepción y Transferencia de Productos, que cuenta con tres paneles de control, el primero controla las operaciones de las válvulas motorizadas de llegada del Poliducto Tres Bocas - Pascuales, la trampa de rascadores y el manifold de distribución, el otro

panel controla la apertura y cierre de las válvulas de llenado de los tanques de distribución y el tercero controla el sistema contra incendios.

➤ **Recepción Poliducto Santo Domingo – Pascuales.**

El producto es bombeado desde la cabecera situada en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados. El volumen de empaquetado de línea es de 91.840 barriles.

➤ **Recepción de Poliducto Libertad - Pascuales.**

Este poliducto bombea desde la cabecera Libertad situado en la población de Libertad que pertenece a Poliductos de la Costa, el volumen del empaquetado de línea es 42.362 barriles.

➤ **Poliducto Tres Bocas-Pascuales.**

Por medio de este poliducto la Estación Reductora Pascuales recibe producto de buques cargueros dentro del programa de importaciones de combustible, los cuales llegan a la estación marítima de Tres Bocas. El volumen de empaquetado de línea de 10.000 barriles.

➤ **Puesta en Operación de los Tanques.**

Desde la sala de control del Terminal de almacenamiento se pueden operar todas las instalaciones, con excepción de los sistemas de carga de autotanques. El control es parte automático y parte manual para las siguientes funciones:

- Llenado de tanques de almacenamiento.
- Transferencia de productos desde los tanques de almacenamiento a los de distribución.

➤ **Operación de Llenado de los Tanques de Almacenamiento.**

En la operación de llenado participan un tanque del producto bombeado y uno de slop. Los pasos a seguir para el llenado de tanques comprenden una serie de verificaciones de seguridad en el panel de control, después de las cuales se procede a abrir, la válvula de

entrada al tanque, el nivel de llenado se controla digitalmente mediante un indicador en escala de metros y centímetros.

➤ **Transferencia de Productos a Distribución.**

Las transferencias de producto se realizan de manera coordinada entre los centros de control y operación (almacenamiento y distribución), pero se controlan desde la sala de control del área de almacenamiento de la Estación Reductora, esta operación se realiza a petición del operador de distribución, quien controla los niveles de los tanques de esa área.

➤ **Operaciones de Seguridad y Paradas de Emergencia.**

El sistema de seguridad y de bloqueo, controlado desde el centro de mando de la estación reductora, puede bloquear cualquier tanque o toda la Estación Reductora, los controles para cada tanque son los siguientes:

- Alarma de alto nivel.
- Alarma de bajo nivel.

En los tanques de almacenamiento la alarma de alto nivel interviene sobre la válvula de entrada enviando una señal de cierre. La alarma de bajo nivel interviene sobre la válvula de salida del tanque y sobre las de entrada de los tanques de distribución enviando una señal de cierre. En los tanques de distribución la alarma de alto nivel interviene sobre la válvula de salida del tanque de almacenamiento enviando una señal de cierre. La alarma de bajo nivel solo es de carácter indicativo.

El sistema activa los bloqueos para evitar operaciones equivocadas, las válvulas de entrada de los tanques de almacenamiento no pueden ser operadas en el caso de estar en curso una transferencia de producto. El bloqueo de todas las operaciones del Terminal, mediante el cierre de todas las válvulas, se ejecuta desde un botón del panel de control, o por el pulsado de las botoneras de alarma contra incendios llamadas estaciones manuales.

El Jet fuel, combustible utilizado para aviones, debe tener un alto grado de pureza, por lo que se lo deja reposar, desde el momento de la recepción, al menos 50 horas en los tanques de la reductora, luego es filtrado utilizando filtros micrónicos y de

arcilla, los primeros retienen polvo, suciedad y sedimentos, los segundos retienen agua y partículas sólidas.

#### ➤ **Mezcla de Gasolina.**

En la estación reductora se realiza la preparación de la mezcla de gasolina extra, la cantidad a ser obtenida depende del pedido que se realiza y recibe en la reductora (desde el Terminal), generalmente esto se hace diariamente, a las 6.00 a.m. Esta operación se efectúa en el patín de mezcla, desde donde pasan las dosis de colorante a los tanques mezcladores 9 y 11.

La gasolina extra se obtiene de la mezcla de gasolina nafta de alto octanaje y gasolina base, generalmente en una proporción de 60/40, además de colorante azul para dar el color característico de la gasolina extra.

Otra actividad en los tanques de la Estación Reductora y del Terminal de Despacho es el drenaje de agua mediante filtros separadores, los que se purgan cuando tienen más de dos centímetros de altura del agua en los visores.

### **3.3.2 Descripción Operativa del Terminal de Distribución.**

Los elementos principales del Terminal de Distribución son los 8 tanques de distribución, las 16 bombas y las 9 islas de despacho. Los tanques se controlan desde un panel automático, pero los datos que suministra este mecanismo son solo referenciales debiendo verificarse directamente los niveles de los tanques a través de sondas que es el sistema de control universal utilizado. Entre los tanques de despacho y las islas se ubica el grupo de bombas de despacho, desde las que se envía el producto a las islas a través de tuberías, cada bomba abastece a dos islas. Las bombas de Jet Fuel, ubicadas junto a la plataforma del primer grupo (de Diesel y Gasolina), son automáticas.

### **3.3.3 Actividades en las Islas**

En el Terminal se despacha el combustible en las islas, que están integradas en una sola estructura ubicada en la zona central del patio donde se realiza el despacho de combustibles en los diferentes autotanques.

**Fig. 3.5: Islas de Despacho**



### **3.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL.**

El Departamento de Seguridad Industrial de la empresa se encarga de los aspectos de seguridad, higiene, salud y medio ambiente, es el responsable de la conformación e implementación del Plan de Emergencia para todas y cada una de las instalaciones de su competencia.

El Plan debe contener el diseño de una estrategia clara y sencilla para afrontar eficientemente una emergencia, cuya forma y modelo tendrán características particulares de acuerdo al tipo de instalación o unidad a la que esté dirigida y según el tipo de emergencia.

Las actividades planificadas deben seguir una secuencia lógica de manera que constituyan un apoyo entre sí, procurando una acción ordenada y eficaz. El Plan de Emergencia debe involucrar a todas las áreas operativas y administrativas de la unidad con funciones acordes a la especialidad del trabajo habitual.

Es necesario establecer niveles de dirección y responsabilidad que comanden y coordinen la ejecución del plan a fin de evitar que se produzcan acciones aisladas e independientes que puedan crear un caos en lugar de un procedimiento ordenado y eficaz.

El Plan de Emergencia debe considerar un sistema de comunicación ágil y claramente definido, que cubra todas las necesidades tanto de carácter operativo como informativo. El Plan debe contemplar detalladamente la cantidad de equipos, materiales e implementos

de protección personal que se requieren para afrontar una emergencia y la capacitación y adiestramiento del personal en el uso de cada uno de ellos.

### 3.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS Y COMERCIALIZADOS.

Los productos que se manejan en el Terminal Pascuales son los llamados productos limpios como el diesel 2, destilado, gasolina extra, gasolina súper y nafta de bajo octanaje, se manejan además dos productos especiales, JP-1 y Slop. Las características que estos deben cumplir son las siguientes.

**Tabla 3.9: Características del Diesel 1**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Norma INEN	Norma ASTM
Punto de inflamación	°C	40		1493	D-936
Agua y sedimento	%V		0,05	1494	D-96
Residuo carbón sobre el 10% del residuo de destilación	%p			1491	D-524
Cenizas	%p		0,15	1492	D-482
Temp. 90% de destilado	°C		0,01	926	D-86
Viscosidad cinemática a 37, 8°C	CSt	1,3	288	810	D-445
Azufre	%p		3	1045	D-2622
Corrosión a lam. De cobre			0,3	927	D-130
índice de cetano (calculado)		40	No. 2	1495	D-976

**Fuente:** NTE INEN 1489

**Tabla 3.10: Características de Jet fuel**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Norma ASTM
Color Saybolt		21		D-156
Apariencia			C&B	D-4176
Grav. Especifica		0,775	0,84	D-1298
Grav. API	API	37	51	D-1298
Corrosión lam. De cobre			No.1	D-130
DESTILACIÓN				D-86
PIE	°C		Reporte	D-86
0,1	°C		205	D-86
0,4	°C		Reporte	D-86
0,5	°C		Reporte	D-86
0,9	°C		Reporte	D-86
0,95	°C		Reporte	D-86
PFE	°C		290	D-86
Residuo	% v		1,5	D-86
Pérdida	% v		1,5	D-86
Pto. de inflamación	°C	38		D-56
Pto. de congelamiento	°C		-47	D-2386
MSEP	MSEP-A	90		D-3948
Reacción al agua				D-1094
Clasif. Interfase			1lb	D-1094
Clasif. separación			2	D-1094
Agua en emulsión	ppm		30	D-3240

**Fuente:** ASTM D-1655



**Tabla 3.11: Características de la Gasolina Súper**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Norma INEN	Norma ASTM
Número de octano research	RON	89			D-2699
Destilación					
0,1	°C		70	926	D-86
0,5	°C	77	121	926	D-86
0,9	°C		190	926	D-86
Punto final	%v		220	926	D-86
Residuo	%v		2	926	D-86
Relación del vapor líquido a 60°C			20	932	D-91
Presión del vapor Reid	Kpa		56	928	D-323
Corrosión a la lámina de			No.1	927	D-130
Contenido de gomas	Mg/100ml		5	933	D-381
Contenido de azufre	%P		0,2	929	D-2622
Contenido de plomo	g/l		0,045	931	D-3116
Contenido de aromáticos	%v		30		D-1319
Contenido de benceno	%v		2		D-3606
Contenido de olefinas	%v		25		D-1319
Estabilidad a la oxidación	min.	240		934	D-525

**Fuente:** NTE INEN 935

**Tabla 3.12: Características de la Gasolina de Avión**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Norma INEN	Norma ASTM
Grav. Especifica		Reporte		D-1298	
Grav. API	API			D-1298	
Corrosión lam. De cobre			No.1	D-130	
DESTILACIÓN					
PIE	°C				
0,1	°C		75		
0,4	°C	75			
0,5	°C		105		
0,9	°C		135		
0,95	°C	Reporte			
PFE	°C		170		
Sum. 10% + 50%	°C		135		
Recobrado	°C	97			
Residuo	%v		1,5		
Pérdida	%v		1,5		
Pto. de congelamiento	°C		-58	D-2386	
Reacción al agua	ml		2	D-1094	
Gomas existentes	Mg/100ml		3	D-381	
Presión de vapor	PSI	5,5	7	D-323	

**Fuente:** ASTMD-910

**Tabla 3.13: Características del Diesel 2**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Norma INEN	Norma ASTM
Punto de inflamación	°C	51		1493	D-936
Agua y sedimento	%V				D-96
Residuo carbón sobre el 10% del residuo de destilación	%p		0,15	1491	D-524
Cenizas	%p		0,01	1492	D-482
Temp. 90% de destilado	°C		360	926	D-86
Viscosidad cinemática a 37.8°C	CSt	2.5	6	810	D-445
Azufre	%p		0,7	1045	D-2622
Corrosión a lam. De cobre			No.3	927	D-130
índice de cetano (calculado)		45		1495	D-976

**Fuente:** NTE INEN 1489

**Tabla 3.14: Requisitos de la Gasolina Extra**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Norma INEN	Norma ASTM
Número de octano research	RON	80			D-2699
Destilación					
0,1	°C		70	926	D-86
0,5	°C	77	121	926	D-86
0,9	°C		190	926	D-86
Punto final	%v		215	926	D-86
Residuo	%v		2	926	D-86
Relación del vapor líquido a 60°C			20	932	D-91
Presión del vapor Reid	Kpa .		56	928	D-323
Corrosión a la lámina de Cobre			No.1	927	D-130
Contenido de gomas	Mg/100ml		4	933	D-381
Contenido de azufre	%P		0,2	929	D-2622
Contenido de plomo	g/l		0,045	931	D-3116
Contenido de aromáticos	%v		20		D-1319
Contenido de benceno	%v		1		D-3606
Contenido de olefinas	%v		20		D-1319
Estabilidad a la oxidación	min.	240		934	D-525

**Fuente:** NTE INEN 935

### **3.6 SERVICIOS BÁSICOS.**

#### **➤ Agua Potable.**

El agua potable de la que se dispone en el Terminal proviene de la red de agua potable de la ECAPAG, se almacena en reservorios para el uso doméstico y en las piscinas del sistema contra incendios para uso industrial.

El agua se emplea para lavado de tanques y para el lavado de pisos en el área de islas, en las limpiezas periódicas se utiliza el agua de las piscinas del sistema contra incendios, a las que se les hace una reposición diaria del 10% consumido en lavado de equipos y pisos en la zona de islas.

Se utiliza agua también en las áreas administrativas y comedor, este consumo puede ser calculado dependiendo de la cantidad de personas y una tasa referencial de consumos, así el consumo promedio será de 4-8 m<sup>3</sup>/día.

#### **➤ Alcantarillado Sanitario y Pluvial.**

El Terminal tiene alcantarillado interno tanto sanitario como pluvial, pero éstos no están conectados a la red de la ciudad, debido a que el área no cuenta con el servicio de esta infraestructura básica.

Las descargas de aguas residuales domésticas se dirigen a pozos sépticos. El comedor cuenta con su respectiva trampa de grasas para las descargas.

Las descargas pluviales se infiltran en el terreno o se conducen por cunetas y canales artificiales, se unen a las quebradas naturales o se dirigen directamente hasta las áreas más bajas a engrosar los canales que forman parte de la hidrografía local.

# **CAPÍTULO IV**

## **DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

#### **4 DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN EL TERMINAL PASCUALES.**

##### **INTRODUCCIÓN.**

Las normas que rigen la EP PETROECUADOR, deben aplicarse obligatoriamente en el diseño, rediseño o modificaciones de sistemas contra incendios, por lo tanto se las describirá con su numeración original conforme se encuentra en el libro “COMPENDIO DE NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL” de Petroecuador, en casos especiales cuando la información del compendio no satisfaga la información requerida se procede a utilizar las Normas NFPA.

Al aplicar las normativas de diseño anteriormente descritas, obtenemos un sistema que garantiza una pronta respuesta en caso de incendio y que este pueda ser controlado rápido y de forma eficiente, precautelando el factor humano y económico existente en el Terminal.

El sistema de extinción de incendios del Terminal Pascuales consiste en un sistema supresión de flama que funcionará de la siguiente manera:

En áreas donde se almacenan o se despachan líquidos inflamables, el incendio provocado por estos agentes se extinguirá con una solución de agua-espuma. La extinción de incendios provocados por líquidos inflamables en la zona de tanques de almacenamiento irá acompañada de un enfriamiento de las paredes externas de los tanques de almacenamientos tanto los incendiados como los adyacentes. En áreas donde no se almacenen líquidos inflamables, el incendio se combatirá solamente con agua, provista desde monitores.

El diseño del sistema de agua contra incendios, está basado en el principio de que solamente ocurrirá un incendio mayor al mismo tiempo en la instalación. Se considera como incendio mayor aquel que involucra a una sola área de la instalación y que requiera el máximo consumo de agua.

#### **4.1 ZONIFICACIÓN DE LAS AREAS DE RIESGO DEL TERMINAL PASCUALES.**

En el terminal Pascuales por la presencia y manejo de materiales inflamables se hace imprescindible la clasificación en zonas de las diferentes áreas que se desean proteger considerando su alto riesgo. Es por eso que se ha clasificado al terminal en cinco áreas descritas a continuación las cuales se encuentran detalladas en el **ANEXO D-1.**

Para realizar la clasificación de las áreas consideradas como de riesgo se toma como referencia la Norma NFPA 30<sup>7</sup>.

➤ **Área 1: Cuarto de Bombas de Producto.**

En el área de bombas de producto se manejarán combustibles inflamables, por lo que se utilizará solución de agua-espuma.

➤ **Área 2: Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**

El área de tanques de almacenamiento de la estación reductora está dividida en las siguientes áreas:

- Área de tanques de techo flotante para almacenamiento de gasolina. Siete (7) tanques de diferentes capacidades.
- Área de tanques de techo fijo para almacenamiento de diesel. Seis (6) tanques de diferentes capacidades.
- Área de tanques de techo fijo para almacenamiento de jet fuel. Cuatro (4) tanques de diferentes capacidades.
- Área de tanques slop de techo fijo. Dos (2) tanques de la misma capacidad.

En caso de incendio en cualquiera de los tanques de estas áreas, el incendio se lo combatirá con solución de agua-espuma y adicionalmente se deberán enfriar las superficies externas de los tanques incendiados y los tanques adyacentes dependiendo del tipo de tanque que sea el incendiado.

---

<sup>7</sup>Norma NFPA-30 - 1996 Edition, "Flamable and Combustible Liquids Code", Código de Líquidos Inflamables y Combustibles, Sección 1.7.3 Clasificación y Definición de líquidos, p. 19.

Por tanto, en el área de tanques de almacenamiento se tendrán dos redes: la una de agua de enfriamiento y, la otra de solución agua-espuma.

Las líneas de agua hacia cada tanque serán las líneas de alimentación de los anillos de agua de enfriamiento ubicados en la parte superior alrededor de cada tanque.

En cuanto a las líneas de solución de agua y espuma, las líneas derivadas del anillo principal finalizarán su recorrido en un dispositivo de descarga denominado cámara de espuma. Para el caso de los tanques de techo fijo, desde el anillo principal de solución, ubicado alrededor del cubeto, se derivará una línea independiente hacia cada cámara de espuma en cada uno de los tanques. Mientras que, en los tanques de techo flotante, desde el anillo principal de solución, ubicado alrededor del cubeto, se derivará una línea principal para cada tanque, esta línea a su vez alimentará a un anillo principal de agua y espuma ubicado en la parte superior alrededor de cada tanque y de este anillo a su vez se derivarán las líneas de agua y espuma hacia cada cámara instalada en cada tanque.

➤ **Área 3: Tanques de Almacenamiento de la Estación de Despacho de Combustibles.**

En esta área hay ocho (8) tanques: cuatro (4) de techo flotante y cuatro (4) de techo fijo. El diseño de las redes de tuberías de enfriamiento y, solución de agua-espuma tendrán el mismo criterio utilizado para los tanques de almacenamiento de la estación reductora.

➤ **Área 4: Islas de Carga de Combustibles.**

En el área de islas de carga se manejarán combustibles inflamables, por lo que se utilizará solución de agua-espuma para extinguir un incendio.

El área de islas de carga de combustible también estará provista de una red de rociadores de solución de agua-espuma.

➤ **Área 5: Parqueaderos.**

En caso de presentarse un incendio en el área de parqueaderos, la extinción se hará solamente con agua, debido a que en esta zona no se almacenarán combustibles. En

el área de parqueaderos se utilizarán solamente monitores de agua para extinción de incendios.

## **4.2 CAUDALES MÍNIMOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.**

Se realizara el cálculo del caudal mínimo de operación para el agua de enfriamiento y la solución de agua-espuma en cada área según corresponda.

### **4.2.1 Caudal Mínimo de Solución Agua-Espuma en el Cuarto de Bombas de Producto (Área 1).**

El caudal de solución de agua-espuma ( $Q_1$ ) para las bombas de producto se determina mediante la siguiente ecuación.

$$Q_1 = F_1 A_1 \text{ (Ecuación 4.1)}$$

Donde:

$Q_1$  = Caudal de solución agua-espuma (gpm)

$F_1$  = Tasa de aplicación agua-espuma (gpm/pie<sup>2</sup>)

$A_1$  = Área del cuarto de bombas de producto (pie<sup>2</sup>)

#### **Dimensiones Cuarto Bombas de Producto:**

Longitud = 33,5m  $\Rightarrow$  109,9 pie

Ancho = 4,2 m  $\Rightarrow$  13,8 pie

#### **Área Cuarto Bombas de Producto:**

$$A_1 = 109,9 \text{ pie} \times 13,8 \text{ pie}$$

$$A_1 = 1516,62 \text{ pie}^2$$

$$Q_1 = F_1 A_1$$

$$Q_1 = 0,16 \text{ gpm} / \text{pie}^2 \times 1516,62 \text{ pie}^2$$

$$Q_1 = 242,66 \text{ gpm}$$



#### **4.2.2 Caudales Mínimos de Agua de Enfriamiento para los Tanques de la Estación Reductora (Área 2) y Estación de Despacho (Área 3).**

En base al compendio de normas de Petroecuador se considera los criterios que se deben emplear para el diseño del consumo de agua para enfriamiento de los tanques de techo fijo y los tanques de techo flotante, los mismos que se aplicaran reiterativamente para los cálculos subsiguientes dependiendo del tanque que se esté analizando.

A continuación un extracto de dicho documento:

##### **a. Criterios de diseño para el enfriamiento de tanques de almacenamiento de techo fijo.**

Para efectos de diseño del sistema de agua contra incendio, el consumo de agua para enfriamiento del tanque incendiado, se determina en base a la aplicación de una tasa de  $(0,2 \text{ gpm/pie}^2)$ , considerando que sólo deberá enfriarse un cincuenta por ciento (50% del área total de las paredes del tanque). Este requerimiento se establece, ya que en caso de incendio, solamente deberá enfriarse la pared del tanque por encima del nivel del líquido contenido, y se supone que la situación prevaleciente es tener los tanques a no menos del 50% de llenado.

El consumo de agua de enfriamiento para los tanques adyacentes, se determina en base a una tasa de aplicación  $(0,1 \text{ gpm/pie}^2)$ , considerando sólo la protección de aquellos tanques que queden contenidos total o parcialmente en el cuadrante de mayor demanda de agua, obtenido al trazar un círculo concéntrico con el tanque incendiado, de radio  $2D$ , siendo  $D$  el diámetro de dicho tanque. Asimismo, se considera que sólo el cincuenta por ciento (50%) de las paredes de los tanques adyacentes requieren ser protegidos contra el calor del incendio.

En caso de presentarse un incendio en los tanques de almacenamiento, se deberán enfriar las superficies externas de los tanques, tanto del tanque incendiado como de los tanques adyacentes.

Para enfriar los tanques de almacenamiento se utilizarán anillos alrededor del tanque en la parte más alta. Los anillos se instalarán en la parte superior de los tanques y sus rociadores de agua pulverizada, se encontrarán divididos a lo largo de su perímetro. Estos anillos estarán provistos de boquillas para agua pulverizada por donde descargará el agua de enfriamiento.

Los anillos de enfriamiento enfriarán únicamente las paredes laterales de los tanques de almacenamiento. Para el caso de tanques de techo fijo cónico, las superficies superiores (techo) se enfriarán con monitores de agua cuyo caudal máximo es de 500 gpm. En el caso de tanques de techo flotante, no se considerará el enfriamiento del techo del tanque.

**b. Criterios de diseño para tanques almacenamiento de techo flotante.**

Los requerimientos de agua para este tipo de tanques se establecen en base al consumo de agua del sistema de extinción a base de espuma, debiéndose agregar el consumo de agua para el enfriamiento de las paredes del tanque incendiado. A efectos de diseño del sistema de agua contra incendio, no se considera la aplicación de agua para enfriar los tanques adyacentes al incendiado, salvo que tales tanques se encuentren dentro del radio de influencia del incendio en un tanque de techo fijo. **(Norma Petroecuador – PE-SHI-018)<sup>8</sup>.**

En base a lo establecido anteriormente se determina el caudal de agua de enfriamiento de las paredes del tanque incendiado y los tanques adyacentes mediante la siguiente ecuación.

$$Q_e = 1/2 F_d A_l \text{ (Ecuación 4.2)}$$

Donde:

$Q_e$  = Caudal de enfriamiento (gpm)

$F_d$  = Tasa de aplicación agua enfriamiento (gpm/pie<sup>2</sup>)

$A_l$  = Área lateral del tanque (pie<sup>2</sup>)

**Área Lateral Tanque:**

$$A_l = \pi d_l h_l \text{ (Ecuación 4.3)}$$

Donde:

$A_l$  = Área lateral del tanque (pie<sup>2</sup>)

$d_l$  = Diámetro externo del tanque (pie)

$h_l$  = Altura del tanque (pie)

---

<sup>8</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 4.7.3 Tanques de Almacenamiento.

Al aplicar la ecuación 4.2 con los datos de los tanques se obtienen los caudales de consumo de agua de enfriamiento para el área de la estación reductora y estación de despacho ver Tabla 4.1 y 4.2.

**Tabla 4.1: Caudal de Agua de Enfriamiento en los Tanques de Almacenamiento Área 2 (Estación Reductora)**

TANQUE	Tipo de Techo	Tasa mínima de diseño, $F_d$ (gpm/pie <sup>2</sup> )	Tasa mínima de diseño, $F_d$ (gpm/pie <sup>2</sup> )	Diámetro del tanque $d_t$ (m)	Altura del tanque, $h_t$ (m)	Área lateral del tanque, $A_l$ (m <sup>2</sup> )	Área lateral del tanque, $A_l$ (pie <sup>2</sup> )	Área Techo del tanque, $A_t$ (m <sup>2</sup> )	Área Techo del tanque, $A_t$ (pie <sup>2</sup> )	Caudal de agua de enfriamiento, $Q_e$ (gpm)	Caudal de agua de enfriamiento Paredes, $Q_e$ (gpm)	Caudal de agua de enfriamiento Techos, $Q_e$ (gpm)
		Incendiado	Adyacente							Incendiado	Adyacente	Adyacente
TP-09	Flotante	0,2	NA	33,47	14,45	1.519,41	16.346,40	NA	NA	1.634,64	NA	NA
TP-10	Flotante	0,2	NA	32,42	14,40	1.466,65	15.778,80	NA	NA	1.577,88	NA	NA
TP-11	Flotante	0,2	NA	29,34	14,40	1.327,31	14.279,77	NA	NA	1.427,98	NA	NA
TP-12	Flotante	0,2	NA	33,47	14,45	1.519,41	16.346,40	NA	NA	1.634,64	NA	NA
TP-13	Flotante	0,2	NA	15,93	14,45	723,16	7.780,05	NA	NA	778,00	NA	NA
TP-14	Flotante	0,2	NA	15,93	14,45	723,16	7.780,05	NA	NA	778,00	NA	NA
TP-15	Flotante	0,2	NA	31,63	13,88	1.379,24	14.838,41	NA	NA	1.483,84	NA	NA
TP-17	Fijo	0,2	0,1	40,07	14,45	1.819,02	19.575,90	1.261,04	13.566,80	1.957,59	978,80	1.356,68
TP-18	Fijo	0,2	0,1	37,50	14,06	1.656,41	17.825,36	1.104,47	11.882,32	1.782,54	891,27	1.188,23
TP-19	Fijo	0,2	0,1	35,70	14,61	1.638,59	17.628,57	1.000,98	10.768,99	1.762,86	881,43	1.076,90
TP-20	Fijo	0,2	0,1	39,48	14,45	1.792,24	19.288,50	1.224,18	13.170,22	1.928,85	964,43	1.317,02
TP-21	Fijo	0,2	0,1	22,40	12,05	847,98	9.122,92	394,08	4.239,70	912,29	456,15	423,97
TP-22	Fijo	0,2	0,1	22,36	12,05	846,47	9.106,62	392,68	4.224,57	910,66	455,33	422,46
TP-24	Fijo	0,2	0,1	9,40	9,00	265,78	2.859,36	69,40	746,61	285,94	142,97	74,66
TP-25	Fijo	0,2	0,1	9,40	9,00	265,78	2.859,36	69,40	746,61	285,94	142,97	74,66
TP-26	Fijo	0,1	0,1	24,50	13,60	1.046,78	11.261,69	471,44	5.071,90	563,08	563,08	507,19
TP-27	Fijo	0,1	0,1	24,50	13,60	1.046,78	11.261,69	471,44	5.071,90	563,08	563,08	507,19
TP-28	Fijo	0,1	0,1	16,65	13,60	711,38	7.653,35	217,73	2.342,43	382,67	382,67	234,24
TP-29	Fijo	0,1	0,1	16,05	13,60	685,75	7.377,56	202,32	2.176,65	368,88	368,88	217,67

**Tabla 4.2: Caudal de Agua de Enfriamiento en los Tanques de Almacenamiento Área 3 (Estación Despacho)**

TANQUE	Tipo de Techo	Tasa mínima de diseño, $F_d$ (gpm/pie <sup>2</sup> )	Tasa mínima de diseño, $F_d$ (gpm/pie <sup>2</sup> )	Diámetro del tanque $d_t$ (m)	Altura del tanque, $h_t$ (m)	Área lateral del tanque, $A_l$ (m <sup>2</sup> )	Área lateral del tanque, $A_l$ (pie <sup>2</sup> )	Área lateral Techo del tanque, $A_l$ (m <sup>2</sup> )	Área lateral Techo del tanque, $A_l$ (pie <sup>2</sup> )	Caudal de agua de enfriamiento, $Q_e$ (gpm)	Caudal de agua de enfriamiento, $Q_e$ (gpm)	Caudal de agua de enfriamiento, $Q_e$ (gpm)
		<b>Incendiado</b>	<b>Adyacente</b>							<b>Incendiado</b>	<b>Adyacente</b>	<b>Adyacente</b>
TP-01	Fijo	0,2	0,1	13,10	13,86	570,41	6.136,67	134,78	1.450,04	613,67	306,83	145,00
TP-02	Fijo	0,2	0,1	18,84	12,06	713,80	7.679,39	278,77	2.999,17	767,94	383,97	299,92
TP-03	Fijo	0,1	0,1	7,70	12,06	291,74	3.138,60	46,57	500,98	156,93	156,93	50,10
TP-04	Fijo	0,1	0,1	7,70	12,06	291,74	3.138,60	46,57	500,98	156,93	156,93	50,10
TP-05	Flotante	0,2	NA	7,70	9,06	219,16	2.357,86	NA	NA	235,79	NA	NA
TP-06	Flotante	0,2	NA	7,70	9,06	219,16	2.357,86	NA	NA	235,79	NA	NA
TP-07	Flotante	0,2	NA	12,64	12,35	490,42	5.276,10	NA	NA	527,61	NA	NA
TP-08	Flotante	0,2	NA	12,64	12,35	490,42	5.276,10	NA	NA	527,61	NA	NA

Las tablas 4.1 y 4.2, muestran los caudales de cada uno de los tanques cuando estos son considerados como incendiados, observándose que el Tanque TP-17 presenta el mayor consumo de agua para enfriamiento y para sus tanques adyacentes.

A continuación se presenta los calculos correspondientes para determinar el consumo de agua necesario para el caso más critico que corresponde al tanque TP-17.

➤ **Calculo de Agua de Enfriamiento en Caso de Incendio del Tanque de Almacenamiento Tp-17.**

El propósito primordial de la protección contra incendio es el de evitar el calentamiento de las paredes del tanque, en este caso el mas critico es el tanque TP-17 , por lo tanto se procedera a determinar el caudal en el area de mayor riesgo deacuerdo a la seccion 4.7.3 de la Norma PE-SHI-018.

Para determinar los tanques adyacentes se considera sólo la protección de aquellos tanques que queden contenidos total o parcialmente en el cuadrante de mayor demanda de agua, obtenido al trazar un círculo concéntrico con el tanque incendiado, de radio 2D, siendo D el diámetro de dicho tanque, como se indica en la figura 4.1.

Las dimensiones de los tanques implicados en el cálculo del caudal de enfriamiento del tanque TP-17 son:

**Dimensiones Tanque TP-17 (Incendiado).**

$$d_{17} = 40,07m \Rightarrow 131,46 pie$$

$$h_{17} = 14,45m \Rightarrow 47,40 pie$$

Donde:

$$d_{17} = \text{Diámetro externo del tanque TP-17 (pie)}$$

$$h_{17} = \text{Altura del tanque TP-17 (pie)}$$

**Dimensiones Tanque TP-18 (Adyacente).**

$$d_{18} = 37,50m \Rightarrow 123 pie$$

$$h_{18} = 14,06m \Rightarrow 46,13 pie$$

Donde:

$d_{18}$  = Diámetro externo del tanque TP-18 (pie)

$h_{18}$  = Altura del tanque TP-18(pie)

**Dimensiones Tanque TP-20 (Adyacente).**

$d_{20} = 39,48m \Rightarrow 129,53 pie$

$h_{20} = 14,45m \Rightarrow 47,40 pie$

Donde:

$d_{20}$  = Diámetro externo del tanque TP-20 (pie)

$h_{20}$  = Altura del tanque TP-20(pie)

**Cálculo de las Áreas Laterales.**

Para determinar el área de los tanques implicados el cálculo del consumo mayor se emplea la ecuación 4.3.

**Area Lateral Tanque TP-17 (Incendiado).**

$$A_{17} = \pi d_{17} h_{17}$$

$$A_{17} = 19575,90 pie^2$$

**Area Lateral Tanque TP-18 (Adyacente).**

$$A_{18} = \pi d_{18} h_{18}$$

$$A_{18} = 17825,36 pie^2$$

**Area Lateral Tanque TP-20 (Adyacente).**

$$A_{20} = \pi d_{20} h_{20}$$

$$A_{20} = 19288,50 pie^2$$

### **Cálculo de las Áreas de los Techos de los Tanques Adyacentes.**

Para determinar el área de los techos de los tanques adyacentes se utiliza la siguiente ecuación:

#### **Área Techo Tanque:**

$$At = \pi \frac{(d_i)^2}{4} \quad \text{(Ecuación 4.4)}$$

Donde:

$At$  = Área techo del tanque (pie<sup>2</sup>)

$d_i$  = Diámetro externo del tanque (pie)

#### **Area TechoTanque TP-18 (Adyacente).**

$$At_{18} = \pi \frac{(d_{18})^2}{4}$$

$$At_{18} = 11882,29 \text{ pie}^2$$

#### **Area TechoTanque TP-20 (Adyacente).**

$$At_{20} = \pi \frac{(d_{20})^2}{4}$$

$$At_{20} = 13177,43 \text{ pie}^2$$

### **Cálculo del Caudal de Enfriamiento TP-17.**

El consumo de agua para enfriamiento del tanque incendiado, se determina en base a la aplicación de una tasa de:

$$F_{di} = 0,2 \text{ gpm/pie}^2 \quad \text{(Dato según norma PE-SHI-18 para tanques incendiados)}$$

El consumo de agua de enfriamiento para los tanques adyacentes, se determina en base a la aplicación de una tasa de:



$F_{da} = 0,1 \text{ gpm/pie}^2$ . (Dato según norma PE-SHI-18 para tanques adyacentes)

Para determinar el caudal de enfriamiento en el tanque TP-17 se utiliza la ecuación 4.2, para cada tanque se calcula los caudales utilizando la tasa de aplicación respectiva, luego se suman todos los caudales y se obtiene el caudal de enfriamiento.

$$Q_e = 1/2 F_d A_l \text{ (Ecuación 4.5)}$$

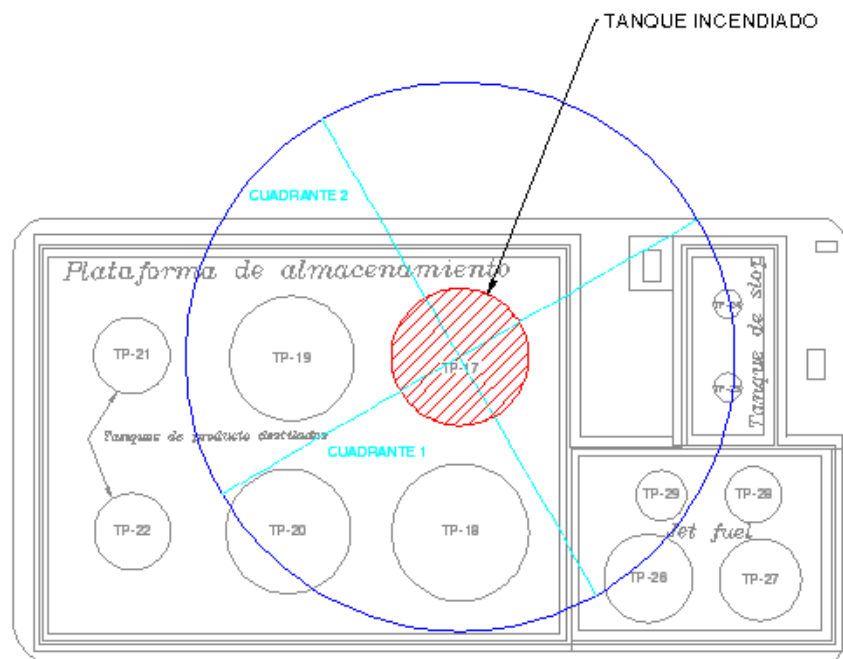
Donde:

$Q_e$  = Caudal de enfriamiento (gpm)

$F_d$  = Tasa de aplicación agua enfriamiento (gpm/pie<sup>2</sup>)

$A_l$  = Área lateral del tanque (pie<sup>2</sup>)

**Fig. 4.1: Plataforma de Almacenamiento Tanque Incendiado TP-17**



**Caudal Tanque TP-17 (Incendiado).**

$$Q_{17} = 1 / 2F_{da}A_{17}$$

$$Q_{17} = 1957,59 \text{ gpm}$$

**Calculo Caudales Tanques Adyacentes.**

**Caudal Tanque TP-18.**

$$Q_{18} = 1 / 2F_{da}A_{18}$$

$$Q_{18} = 891,27 \text{ gpm}$$

**Caudal Tanque TP-20.**

$$Q_{20} = 1 / 2F_{da}A_{20}$$

$$Q_{20} = 964,42 \text{ gpm}$$

**Calculo Caudales Techos Tanques Adyacentes.**

**Caudal Techo Tanque TP-18.**

$$Qt_{18} = F_{da}At_{18}$$

$$Qt_{18} = 1188,22 \text{ gpm}$$

**Caudal Techo Tanque TP-20.**

$$Qt_{20} = F_{da}At_{20}$$

$$Qt_{20} = 1317,74 \text{ gpm}$$

**Caudal Total de Enfriamiento en el Tanque Incendiado TP-17.**

$$Q_{total} = Q_{17} + Q_{18} + Qt_{18} + Q_{20} + Qt_{20}$$

$$Q_{total} = 6379,24 \text{ gpm}$$

#### 4.2.3 Caudales Mínimos de Solución Agua-Espuma para los Tanques de la Estación Reductora (Área 2) y Estación de Despacho (Área 3).

##### ➤ Tanques de Techo Fijo.

Según la norma Petroecuador PE-SHI-019<sup>9</sup>, para el caso de los tanques de techo fijo, el área sobre la cual actuará la solución de agua-espuma es el área superior de tanque.

El consumo de agua-espuma para el caso de tanques de techo fijo, se determina en base a la aplicación de una tasa de:

$$F_d = 0,1 \text{ gpm/pie}^2$$

El caudal de solución de agua-espuma para tanques de techo fijo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{ae} = F_d A_s \text{ (Ecuación 4.6)}$$

Donde:

$Q_{ae}$  = Caudal solución agua-espuma (gpm)

$F_d$  = Tasa de aplicación agua-espuma, tanques de techo fijo (gpm/pie<sup>2</sup>)

$A_s$  = Área superior del tanque (pie<sup>2</sup>)

Para determinar el área superior del tanque se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_s = \pi \frac{d_t^2}{4} \text{ (Ecuación 4.7)}$$

Donde:

$d_t$  = Diámetro externo del tanque (pie)

Al aplicar estas fórmulas con los diámetros de los tanques de techo fijo existentes se tienen los siguientes caudales de solución de agua y concentrado de espuma:

---

<sup>9</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 7.2.2.2 Tasas de Aplicación Tanques Techo Fijo.

**Tabla 4.3: Caudales de Solución Agua-Espuma para los Tanques de Techo Fijo en la Zona 2 y 3.**

TANQUE	Tasa mínima de diseño, $F_d$ (gpm/ft <sup>2</sup> )	Diámetro del tanque $d_t$ (m)	Área superior del tanque, $A_s$ (m <sup>2</sup> )	Área superior del tanque, $A_s$ (ft <sup>2</sup> )	Caudal de la solución, $Q_{ae}$ (gpm)
TP-01	0,1	<b>13,10</b>	134,78	1450,26	145,03
TP-02	0,1	<b>18,84</b>	278,77	2999,61	299,96
TP-03	0,1	<b>7,70</b>	46,57	501,05	50,11
TP-04	0,1	<b>7,70</b>	46,57	501,05	50,11
TQ-17	0,1	<b>40,07</b>	1261,04	13568,81	1356,88
TQ-18	0,1	<b>37,50</b>	1104,47	11884,08	1188,41
TQ-19	0,1	<b>35,70</b>	1000,98	10770,59	1077,06
TQ-20	0,1	<b>39,48</b>	1224,18	13172,17	1317,22
TQ-21	0,1	<b>22,40</b>	394,08	4240,33	424,03
TQ-22	0,1	<b>22,36</b>	392,68	4225,20	422,52
TQ-24	0,1	<b>9,40</b>	69,40	746,72	74,67
TQ-25	0,1	<b>9,40</b>	69,40	746,72	74,67
TQ-26	0,1	<b>24,50</b>	471,44	5072,66	507,27
TQ-27	0,1	<b>24,50</b>	471,44	5072,66	507,27
TQ-28	0,1	<b>16,65</b>	217,73	2342,78	234,28
TQ-29	0,1	<b>16,05</b>	202,32	2176,97	217,70

➤ **Tanques de Techo Flotante.**

Según la norma Petroecuador PE-SHI-019<sup>10</sup>, para el caso de los tanques de techo flotante, se considerará como área de acción de la solución de agua-espuma, el área anular superior comprendida entre la pared interior del tanque y la barrera de espuma.

En la figura 4.2 se indica de forma esquemática el área anular superior de un tanque de techo flotante.

El consumo de agua-espuma para el caso de tanques de techo flotante, se determina en base a la aplicación de una tasa de:

$$F_d = 0,3 \text{ gpm/ft}^2$$

<sup>10</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 8.2.2.2 Tasa de Aplicación y Duración de la Descarga Tanques Techo Flotante.

El caudal de solución de agua y espuma para tanques de techo flotante se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{tf} = F_d A_f \text{ (Ecuación 4.8)}$$

Donde:

$Q_{tf}$  = Caudal solución agua-espuma (gpm)

$F_d$  = Tasa de aplicación agua-espuma, tanques de techo flotante (gpm/pie<sup>2</sup>)

$A_f$  = Área anular superior del tanque (pie<sup>2</sup>)

Para determinar el área anular superior del tanque sobre la cual actuará la solución de agua-espuma se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_f = \frac{\pi}{4} d_t^2 - d_{be}^2 \text{ (Ecuación 4.9)}$$

Donde:

$d_t^2$  = Diámetro exterior del tanque (pie)

$d_{be}^2$  = Diámetro de la barrera de espuma (pie)

El diámetro de la barrera de espuma  $d_{be}$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d_{be} = d_t - 2e \text{ (Ecuación 4.10)}$$

En esta última ecuación (**e**) es la separación de la barrera de espuma con respecto a la pared interior del tanque.

Para determinar (**e**) se toma como referencia la Norma NFPA 11<sup>11</sup>, la cual establece un límite de separación de la barrera de espuma con respecto a la pared interior del tanque, los valores de la separación dependen del diámetro del tanque de techo flotante.

El rango de valores se encuentran entre:

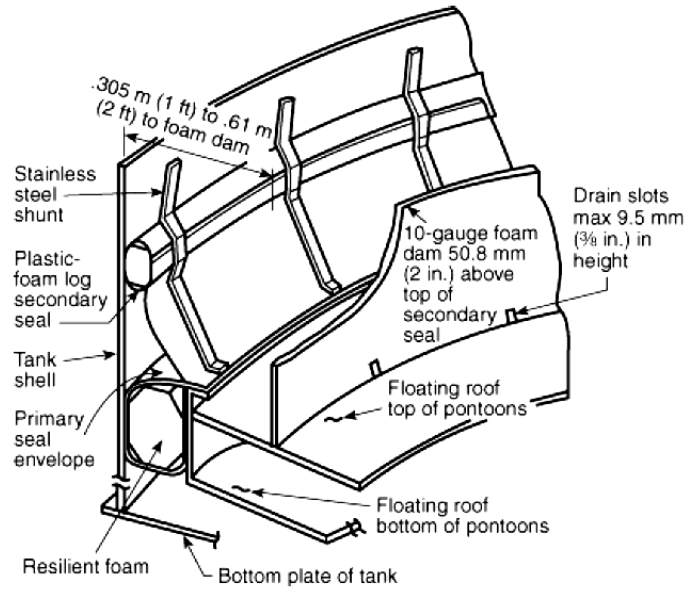
---

<sup>11</sup> Norma NFPA-11 - 2002 Edition "Stándar for low, médium and high, Expansion Foam", Código de Espuma de alta, baja y media Expansión, Sección 5, Diseño de Sistemas, p.32.

Diámetro del Tanque 5-20 m,  $e=0,305\text{m}$

Diámetro del Tanque 20-40 m,  $e=0,61\text{m}$

**Fig. 4.2: Esquema Tanque Techo Flotante**



**Fuente: Norma NFPA-11**

Al aplicar estas fórmulas con los diámetros de los tanques de techo flotante existentes se tienen los siguientes caudales de solución de agua-espuma:

**Tabla 4.4: Caudales de Solución de Agua-Espuma para los tanques de Techo Flotante en la Zona 2 y 3.**

TANQUE	Tasa mínima de diseño, $F_d$ (gpm/pie <sup>2</sup> )	Diámetro del tanque, $d_t$ (m)	Separación de la barrera de espuma, $e$ (m)	Diámetro de la barrera de espuma $d_{be}$ (m)	Área anular de acción de la espuma, $A_a$ (m <sup>2</sup> )	Área anular de acción de la espuma, $A_a$ (pie <sup>2</sup> )	Caudal de la solución, (gpm)
TP-05	0,3	7,71	0,31	5,71	21,07	226,65	68,00
TP-06	0,3	7,71	0,31	5,71	21,07	226,65	68,00
TP-07	0,3	12,64	0,31	10,64	36,57	393,42	118,02
TP-08	0,3	12,64	0,31	10,64	36,57	393,42	118,02
TP-09	0,3	33,47	0,61	31,47	102,00	1.097,37	329,21
TP-10	0,3	32,42	0,61	30,42	98,72	1.062,09	318,63
TP-11	0,3	29,34	0,61	27,34	89,04	957,94	287,38
TP-12	0,3	33,47	0,61	31,47	102,00	1.097,37	329,21
TP-13	0,3	15,93	0,31	13,93	46,89	504,48	151,34
TP-14	0,3	15,93	0,31	13,93	46,89	504,48	151,34
TP-15	0,3	31,61	0,61	29,61	96,16	1.034,57	310,37

#### 4.2.4 Caudal Mínimo de Solución de Agua-Espuma en las Islas de Carga de Combustible (Área 4).

Según la norma Petroecuador PE-SHI-019<sup>12</sup>, para el caso de Islas de carga establece que el consumo de agua-espuma se determina en base a la aplicación de una tasa de:

$$F_4 = 0,16 \text{ gpm/pie}^2$$

Para determinar el caudal mínimo de solución de agua-espuma en las islas de carga de combustible, se partirá de las áreas que es necesario proteger.

Las islas de carga de combustible están divididas en cinco zonas:

**Tabla 4.5: Dimensiones de las Zonas en las Islas de Carga.**

Zona	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ft <sup>2</sup> )
1	22,55	14,40	324,72	3493,99
2	17,92	14,40	258,05	2776,60
3	17,92	14,40	258,05	2776,60
4	14,02	14,40	201,89	2172,31
5	9,00	14,40	129,60	1394,50

El caudal de solución de agua-espuma se determina en base a la zona de mayor dimensión. Por lo tanto:

El caudal de solución de agua-espuma para las Islas de Carga se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_4 = F_4 A_4 \text{ (Ecuación 4.11)}$$

Donde:

$Q_4$  = Caudal solución agua-espuma (gpm)

$F_4$  = Tasa de aplicación agua-espuma, Islas de carga (gpm/pie<sup>2</sup>)

$A_4$  = Área de cobertura islas de carga (pie<sup>2</sup>)

---

<sup>12</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 9.2.1.1 Hidrocarburos Líquidos.

Para determinar el caudal de solución de agua-espuma para la protección de las islas de carga se emplea la ecuación 4.10 y los datos de la Tabla 4.5 observando que la de la zona 1 es la que tiene mayores dimensiones.

$$Q_4 = F_4 A_4$$

$$Q_4 = 0,16 \text{ gpm} / \text{pie}^2 \times 3493,99 \text{ pie}^2$$

$$Q_4 = 559,03 \text{ gpm}$$

#### **4.2.5 Caudal Mínimo de Agua para el Enfriamiento en los Parquederos (Área5).**

Según la norma Petroecuador PE-SHI-018<sup>13</sup>, los monitores fijos son dispositivos que permiten la aplicación de agua para combate de incendios, que pueden ser puestos rápidamente en operación sin necesidad de conectar mangueras.

Los monitores estarán dotados con boquillas del tipo chorro-niebla, con capacidad mínima 500 gpm a una presión de 100 psi. Los monitores deberán ubicarse a una distancia no menor de 15 metros de los equipos que protegen, y la distancia máxima entre monitores es de 30 m, Según la norma Petroecuador PE-SHI-006<sup>14</sup>.

En base a lo establecido anteriormente se determina el caudal de agua de enfriamiento para la extinción en el área de parqueaderos.

Numero de Monitores = 5

Caudal mínimo por Monitor = 500gpm

**Caudal Total = 2500gpm**

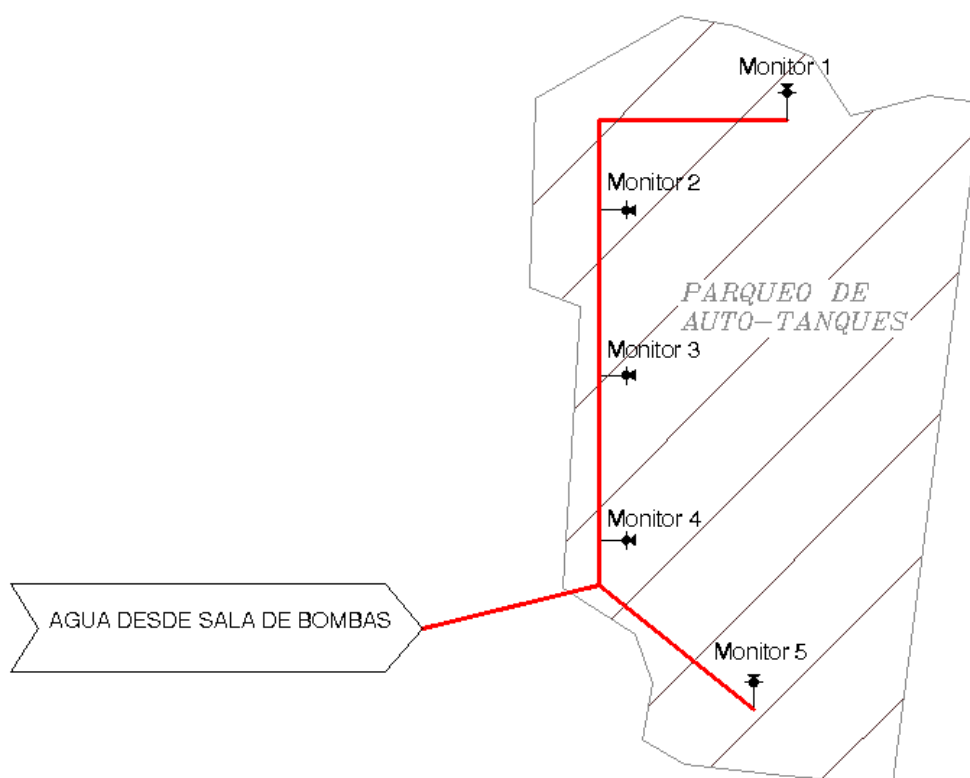
---

<sup>13</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 6.2, Hidrantes Industriales.

<sup>14</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-006, Sección 6. Distancias mínimas



**Fig. 4.3: Distribución Tubería Área de Parquederos**



#### **4.3 CANTIDAD REQUERIDA DE SOLUCIÓN AGUA-ESPUMA.**

Las partes del sistema contra incendio que utilizarán solución de agua-espuma son:

- Área de Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora
- Área de Tanques de Despacho de Combustible
- Área de Bombas de Producto
- Área de Islas de Carga de Combustibles

Para el Área de Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora se usará un sistema de suministro de concentrado de espuma de Presión Balanceada.

Para las áreas de Tanques de Despacho de Combustible, Bombas de Producto e Islas de Carga de Combustibles se usarán Tanques Bladder para suministro de concentrado de espuma.

El tipo de concentrado de espuma seleccionado de acuerdo a la Norma NFPA 10<sup>15</sup> que se utilizará es AFFF, el cual es un concentrado de formación de película acuosa al 3% para ser utilizada en sistemas fijos.

Este tipo de concentrado es ideal para extinguir fuego provocado por combustibles hidrocarburos y solventes polares<sup>16</sup>.

#### **4.3.1 Cantidad de Solución de Agua-Espuma para el Área de Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**

El caudal de solución agua-espuma requerido para el tanque incendiado (TP-17) en el caso crítico es:

$$Q_{ae} = 1356,88 \text{ gpm}$$

Calculado en el numeral 4.2.3, Tabla 4.3 (Cfr. Supra)

El tiempo mínimo de descarga de Agua-Espuma para la inyección superficial según la norma PE-SHI-019<sup>17</sup>, establece que el tiempo descarga sea de 55 min.

$$V_{ae} = Q_{ae} \times t_{\min}$$

Donde:

$$V_{ae} = \text{Volumen de Agua-Espuma en el Tanque Tp-17}$$

$$t_{\min} = \text{Tiempo de descarga}$$

Aplicando la ecuación se obtiene:

$$V_{ae} = 1356 \text{ gpm} \times 55 \text{ min}$$

$$V_{ae} = 74580 \text{ gal}$$

---

<sup>15</sup> Norma NFPA-10 Edición 2007, Extintores Portátiles, Sección 2.2 Concentrados de Espuma

<sup>16</sup> Sustancia que carecen de polo positivo y negativo.

<sup>17</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-019, 7.2.2.1.2 Tasa de Aplicación Tabla No.6.

➤ **Cantidad de Solución de Agua-Espuma Protección Suplementaria.**

Se ofrece una protección adicional mediante la implementación de mangueras conectadas a las tuberías de distribución del sistema de agua-espuma, por lo que para saber el número requerido de mangueras y la duración mínima de descarga, es necesario tener en cuenta los valores descritos en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6: Protección Adicional con Mangueras.**

DIAMETRO DEL TANQUE		NUMERO DE MANGUERAS	DURACION MINIMA DE DESCARGA (min).
METROS	PIES		
Hasta 10	hasta 35	1	10
Más de 10,5 hasta 19,5	Más de 35 hasta 65	1	20
Más de 19,5 hasta 28,5	Más de 65 hasta 95	2	20
Más de 28,5 hasta 36	Más de 95 hasta 120	2	30
Más de 36	Más de 120	3	30

**Fuente:** Norma Petroecuador PE-SHI-019:“Sistema de Espuma Contra Incendios”.

La descarga mínima según la norma PE-SHI-019<sup>18</sup> establece que las mangueras deben descargar como mínimo 50 gpm. Para determinar el número de mangueras que necesita el tanque TP-17 (incendiado) en el caso crítico, se emplea la tabla 4.6, ingresando con el diámetro (40.07m), los valores obtenidos para protección adicional son:

$$\#mangueras = 3$$

Con el número de mangueras se obtiene el caudal total necesaria para la protección suplementaria.

$$Q_{ps} = \#mangueras \times caudal$$

<sup>18</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 7.2.2.1.5 Protección Adicional

$$Q_{ps} = 3 \times 50 \text{ gpm} = 150 \text{ gpm}$$

Donde:

$$Q_{ps} = \text{Caudal Protección Suplementaria (gpm)}$$

El tiempo mínimo de descarga de solución de agua-espuma para las mangueras será 30 minutos. Por lo tanto, la cantidad de concentrado de espuma ( $V_{ps}$ ) para las mangueras será:

$$V_{ps} = 150 \text{ gpm} \times 30 \text{ min}$$

$$V_{ps} = 4500 \text{ gal}$$

➤ **Cantidad Total de Solución Agua-Espuma en el Área de Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**

Al sumar los dos valores obtenidos anteriormente, se obtiene la cantidad total de solución de agua-espuma ( $V_e$ ):

$$V_e = 74580 \text{ gal} + 4500 \text{ gal}$$

$$V_e = 79080 \text{ gal}$$

Cantidad total solución Agua-Espuma

**Porcentaje de Solución de Agua-Espuma.**

3% Espuma

97% Agua

**Volumen Total Espuma.**

$$V_e = 79080 \text{ gal} \times 0,03$$

$$V_e = 2372,4 \text{ gal}$$

**Volumen Total Agua.**

$$V_a = 79080 \text{ gal} \times 0,97$$

$$V_a = 76707,6 \text{ gal}$$

➤ **Capacidad del Tanque de Espuma.**

Para asegurar la cantidad de espuma, la capacidad del tanque de concentrado ( $V_{te}$ ) deberá ser como mínimo un 10 % mayor que el valor obtenido. Por tanto:

$$V_{te} = 1.1 \times V_e$$

$$V_{te} = 1.1 \times 2372,4 \text{ gal}$$

$$V_{te} = 2609,64 \text{ gal}$$

Donde:

$V_{te}$  = Volumen Tanque de Almacenamiento (gal)

**4.3.2 Cantidad de Espuma para el Área de Tanques de Despacho y Bombas de Producto.**

➤ **Cantidad de Solución de Agua-Espuma para el Área de Tanques de Despacho.**

El caudal de solución agua-espuma requerido para el tanque incendiado (TP-02) en el caso crítico es:

$$Q_{td} = 299,66 \text{ gpm}$$

Calculado en el numeral 4.2.3, Tabla 4.3 (Cfr. **Supra**)

El tiempo mínimo de descarga de Agua-Espuma para la inyección superficial según la norma PE-SHI-019<sup>19</sup>, Tabla No.6, establece que el tiempo descarga sea de 55 min.

$$V_{td} = Q_{td} \times t_{\min}$$

$$V_{td} = 299,66 \text{ gpm} \times 55 \text{ min}$$

---

<sup>19</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, 7.2.2.1.2 Tasa de Aplicación.

$$V_{id} = 16481,3 \text{ gal}$$

➤ **Cantidad de Solución de Agua-Espuma Protección Suplementaria.**

Se ofrece una protección adicional mediante la implementación de mangueras conectadas a las tuberías de distribución del sistema de agua-espuma, por lo que para saber el número requerido de mangueras y la duración mínima de descarga, es necesario tener en cuenta los valores descritos en la Tabla 4.6. La descarga mínima según la norma PE-SHI-019<sup>20</sup> establece que las mangueras deben descargar como mínimo 50 gpm.

Para determinar el número de mangueras que necesita el tanque TP-02 (incendiado) en el caso crítico, se emplea la tabla 4.6, ingresando con el diámetro (18,84m), los valores obtenidos para protección adicional son:

$$\#mangueras = 1$$

Con el número de mangueras se obtiene el caudal total necesaria para la protección suplementaria.

$$Q_{ps} = \#mangueras \times caudal$$

$$Q_{ps} = 1 \times 50 \text{ gpm} = 50 \text{ gpm}$$

Donde:

$$Q_{ps} = \text{Caudal Protección Suplementaria (gpm)}$$

El tiempo mínimo de descarga de solución de agua-espuma para las mangueras será 30 minutos. Por lo tanto, la cantidad de solución de agua-espuma ( $V_{ps}$ ) para las mangueras será:

$$V_{ps} = 50 \text{ gpm} \times 30 \text{ min}$$

$$V_{ps} = 1500 \text{ gal}$$

---

<sup>20</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 7.2.2.1.5 Protección Adicional

➤ **Cantidad Total de Solución de Agua-Espuma en el Área de Tanques de Almacenamiento de Despacho.**

Al sumar los dos valores obtenidos anteriormente, se obtiene la cantidad total de solución de agua-espuma ( $V_d$ ):

$$V_d = 16481,3 \text{ gal} + 1500 \text{ gal}$$

$$V_d = 17981,3 \text{ gal}$$

Cantidad total solución Agua-Espuma

**Porcentaje Solución Agua-Espuma.**

3% Espuma

97% Agua

**Volumen Total Espuma.**

$$V_d = 17981,3 \text{ gal} \times 0,03$$

$$V_d = 539,44 \text{ gal}$$

**Volumen Total Agua.**

$$V_d = 17981,3 \text{ gal} \times 0,97$$

$$V_d = 17441,86 \text{ gal}$$

➤ **Cantidad Total de Solución de Agua-Espuma en el Área de Bombas de Producto.**

$$Q_1 = 242,66 \text{ gpm}$$

Calculado en el numeral 4.2.1, (Cfr. **Supra**)

El tiempo mínimo de descarga de solución de agua-espuma en las islas de carga según la norma PE-SHI-019<sup>21</sup>, será de 30 min.

$$V_{bp} = 242,66 \text{ gpm} \times 30 \text{ min}$$

$$V_{bp} = 7279,8 \text{ gal}$$

Cantidad total solución Agua-Espuma

### **Porcentaje Solución Agua-Espuma.**

3% Espuma

97% Agua

### **Volumen Total Espuma.**

$$V_{bpe} = 7279,8 \text{ gal} \times 0,03$$

$$V_{bpe} = 218,39 \text{ gal}$$

### **Volumen Total Agua.**

$$V_{bpa} = 7279,8 \text{ gal} \times 0,97$$

$$V_{bpa} = 7061,41 \text{ gal}$$

### **➤ Capacidad del Tanque Bladder de Espuma para Tanques Almacenamiento de Despacho y Bombas de Producto.**

Para obtener la capacidad del tanque de almacenamiento de espuma se suman los volúmenes de consumo de tanques de Despacho, y Bombas de Producto.

$$V_{total} = 218,39 \text{ gal} + 539,41 \text{ gal}$$

$$V_{total} = 757,8 \text{ gal}$$

---

<sup>21</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Protección de Llenaderos de Camiones



Para asegurar la cantidad de espuma, la capacidad del tanque Bladder deberá ser como mínimo un 10 % mayor que el valor obtenido. Por tanto:

$$V_{tb} = 1.1 \times V_{total}$$

$$V_{tb} = 1.1 \times 757,8 \text{ gal}$$

$$V_{tb} = 833,58 \text{ gal}$$

Donde:

$$V_{tb} = \text{Volumen Tanque Bladder (gal)}$$

### **4.3.3 Cantidad de Solución de Agua-Espuma para las Islas de Carga de Combustible.**

El tiempo de descarga según la norma PE-SHI-019<sup>22</sup> establece, en caso de incendio en las islas de carga, es 10 min.

El concentrado de espuma para el área de las islas de carga de combustible también será abastecido por un solo tanque bladder.

El mayor consumo de solución de agua-espuma se tiene en la zona 1:

$$Q_4 = 559,03 \text{ gpm}$$

Calculado en el numeral 4.2.4, (Cfr. **Supra**)

$$V_4 = 559,03 \text{ gpm} \times 10 \text{ min}$$

$$V_4 = 5590,3 \text{ gal}$$

### **Porcentaje de Solución de Agua-Espuma.**

3% Espuma

---

<sup>22</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, 9 Protección de Llenaderos de Camiones

97% Agua

**Volumen Total Espuma.**

$$V_{ice} = 5590,3 \text{ gal} \times 0,03$$

$$V_{ice} = 167,70 \text{ gal}$$

Para asegurar la cantidad de espuma, la capacidad del tanque Bladder deberá ser como mínimo un 10 % mayor que el valor obtenido. Por tanto:

$$V_{tbe} = 1.1 \times V_{ice}$$

$$V_{tbe} = 1.1 \times 167,70 \text{ gal}$$

$$V_{tbe} = 184,5 \text{ gal}$$

**Volumen Total Agua.**

$$V_{ica} = 5590,3 \text{ gal} \times 0,97$$

$$V_{ica} = 5422,59 \text{ gal}$$

Por seguridad se instalará un tanque bladder al menos de 184,5 galones para el área de islas de carga de combustible.

**4.4 CANTIDAD DE AGUA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.**

La cantidad de agua para el sistema contra incendio se determinará en base a los caudales requeridos en el caso crítico sumando los requerimientos para enfriamiento de las paredes del tanque incendiado, de los adyacentes con sus techos, el porcentaje del consumo de agua para formar la solución agua-espuma.

Para determinar la cantidad de agua se toma como referencia la norma PE-SHI-018<sup>23</sup>, la cual indica:

---

<sup>23</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 4.5 Capacidad.

“Cuando la fuente de suministro de agua es limitada se requiere una capacidad de almacenamiento mínima de 6 horas, a la demanda máxima de diseño para el incendio único mayor que puede producirse en una instalación”.

Caudal de enfriamiento del Tanque TP-17:

$$Q_{total} = 6379,24 \text{ gpm} \text{ Calculado en el numeral 4.2.2, (Cfr. Supra)}$$

$$V_{total} = Q_{total} \times 6_{horas}$$

$$V_{total} = 6379,24 \text{ gpm} \times 6 \text{ hora} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hora}}$$

$$V_{total} = 2,29 \times 10^6 \text{ gal}$$

Volumen de agua necesario en la solución de Agua-Espuma, Tanque TP-17:

$$V_a = 76707,6 \text{ gal}$$

Calculado en el numeral 4.3.1, (Cfr. Supra)

➤ **Cantidad de Agua Necesaria para la Extinción de Incendios en el Terminal Pascuales.**

$$V_{deposito} = 2296526,4 \text{ gal} + 76707,6 \text{ gal}$$

$$V_{deposito} = 2,37 \times 10^6 \text{ gal}$$

$$V_{deposito} = 2,37 \times 10^6 \text{ gal} \times \frac{1 \text{ bbl}}{31,5 \text{ gal}}$$

$$V_{deposito} = 75340,76 \text{ bbl}$$

#### 4.5 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PARED DE TUBERÍAS BAJO PRESION INTERNA.

Toda tubería que contenga un fluido a presión interna, está sometida a fuerzas de tensión, según sus secciones longitudinales y transversales, por tanto las paredes han de resistir estas fuerzas para evitar que falle por presión.

Para determinar el espesor mínimo de pared requerido en tuberías, es necesario considerar la temperatura de diseño, erosión, corrosión y tolerancia de fabricación.

El Código ASME B31, presenta la forma para evaluar el espesor mínimo de pared que debe tener una tubería sometida a presión interna, este procedimiento solo es aplicable para tuberías que cumplan con las siguientes relaciones:

$$t < \frac{D}{6} \quad P / SE < 0.385$$

A continuación se describe la ecuación para determinar el espesor de una tubería bajo presión interna.

$$t = \frac{PD}{2 SE + PY} \quad \text{(Ecuación 4.12)}$$

Donde:

$t$  = Espesor por presión (pulg.).

$P$  = Presión interna de diseño (lbs/pulg<sup>2</sup>).

$D$  = Diámetro exterior de la tubería (pulg.).

$S$  = Esfuerzo máximo permisible a la temperatura de diseño (lbs/pulg<sup>2</sup>), (por Código ASME B31.3).

$E$  = Factor de junta, (por Código ASME B31.3).

$Y$  = Factor de corrección (ver tabla 4.7) que depende del material, válido para  $t < D/6$ ,

Si  $t \geq D/6$ , usar:

$$Y = \frac{d}{D+d} \text{ (Ecuación 4.13)}$$

Donde:

$d$  = Diámetro interior de la tubería (pulg.).

Para determinar el espesor comercial se aplica las siguientes ecuaciones:

$$T_m = t + C \text{ (Ecuación 4.14)}$$

$$T_n = T_m + T_f \text{ (Ecuación 4.15)}$$

$$T_c \geq T_n$$

Donde:

$T_m$  = Espesor mínimo requerido (pulg.).

$t$  = Espesor por presión (pulg.).

$C$  = Suma de las tolerancias por corrosión y erosión (pulg.).

$T_n$  = Espesor nominal (pulg.).

$T_f$  = Tolerancia de fabricación (ver tabla).

$T_c$  = Espesor comercial (pulg.).

**Tabla 4.7: Factor de Corrección (Y)**

MATERIAL	<482°C (<900°F)	510°C (950°F)	538°C (1000°F)	566°C (1050°F)	593°C (1100°F)	>621°C (>1150°F)
Acero Ferrítico	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Acero Austenítico	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Otros Metales	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Hierro Fundido	0	-	-	-	-	-

**Fuente:** Norma ASME B31.3, “Pressure Design of Piping Components”.

**Tabla 4.8: Tolerancias de Fabricación (Tf)**

MATERIAL (ASTM)	RANGO DE DIÁMETROS		TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
	DE	A	
A 53 B	½"	24"	12.50 %
A 106 B	½"	24"	12.50 %
A 120	1/8"	16"	12.50 %
A 134	16" Y MAYORES		0.010"
A 135	2"	30"	12.50 %
A 139	4"	92"	12.50 %
A 155	16" Y MAYORES		0.010" %
A 211	4"	48"	-
A 252	TODOS		12.50 %
A 269 TP304	¼"	½"	15 % < ½"
A 269 TP304	¾"	8"	10 % > ½"
A 269 TP316L	¼"	½"	15 % < ½"
A 269 TP316L	¾"	8"	10 % > ½"
A 312-TP304, TP304H, TP310, TP316L, TP321, TP347.	1/8"	30"	12.50 %
A 333 6	½"	24"	12.50 %
A 335-P5, P5B, P5C, FP5, P11, P22	½"	48"	12.50 %
A 336	-	-	-
A 358-TP304, TP310S, TP306L, TP321, TP347, TP348.	½"	48"	0.010"
A 369	TODOS		0.125"
A 376-TP304, TP321H	1/8"	48"	12.50 %
A 381	16" Y MAYORES		0.010"
A 405	TODOS		12.50 %
A 409-TP319, TP347, TP348.	14"	30"	0.018"
A 426	TODOS		0.063"
A 430	TODOS		0.125"
A 451	TODOS		0.063"
A 452	TODOS		0.125"
A 671-CA55, CB70.	16" Y MAYORES		0.010"
A 672-A55, B55, C55, B70, C70.	16" Y MAYORES		0.010"
A 691	16" Y MAYORES		0.010"
B 165	1/8"	8"	10 %
B 337-2	1/8"	30"	12.50 %
B 337-7	1/8"	30"	12.50 %
B 444	1/8"	5/8"	15 % < 5/8"
B 444	¾"	4 ½"	0 % > 5/8" < 4 ½"
B 444	5"	30"	12.50 % > 4 ½"
B 464	1/8"	30"	12.50 %
B 619	1/8"	8"	12.50 %
B 622	¼"	5/8"	12.50 % < 5/8"
B 622	¾"	3"	10 % > 5/8"
B 729	1/8"	5/8"	15 % < 5/8"
B 729	¾"	4 ½"	0 % > 5/8" < 4 ½"
B 729	5"	30"	12.50 % > 4 ½"

**Fuente:** Norma ASME B31.3, "Pressure Design of Piping Components".

Tabla 4.9: Factores de Junta para Diferentes Materiales (E)

ASME B31.3-2008				
Table A-1B Basic Quality Factors for Longitudinal Weld Joints in Pipes, Tubes, and Fittings, E <sub>1</sub>				
These quality factors are determined in accordance with para. 302.3.4(a). See also para. 302.3.4(b) and Table 302.3.4 for increased quality factors applicable in special cases. Specifications, except API, are ASTM.				
Spec. No.	Class (or Type)	Description	E <sub>1</sub> (2)	Appendix A
<b>Carbon Steel</b>				
AP 51	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
	...	Electric fusion welded pipe, double butt, straight or spiral seam	0.95	...
	...	Furnace butt welded	0.60	...
A 51	Type G	Seamless pipe	1.00	...
	Type C	Electric resistance welded pipe	0.85	...
	Type F	Furnace butt welded pipe	0.60	...
A 105	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 106	...	Seamless pipe	1.00	...
A 134	...	Electric fusion welded pipe, single butt, straight or spiral seam	0.80	...
A 135	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 139	...	Electric fusion welded pipe, straight or spiral seam	0.80	...
A 179	...	Seamless tube	1.00	...
A 181	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 274	...	Seamless and welded fittings	1.00	(14)
A 333	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 334	...	Seamless tube	1.00	...
A 350	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 369	...	Seamless pipe	1.00	...
A 381	...	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	(18)
	...	Electric fusion welded pipe, spot radiographed	0.90	(19)
	...	Electric fusion welded pipe, as manufactured	0.85	...
A 420	...	Welded fittings, 100% radiographed	1.00	(16)
A 524	...	Seamless pipe	1.00	...
A 567	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 671	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
A 672	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
A 691	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
<b>Low and Intermediate Alloy Steel</b>				
A 182	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 274	...	Seamless and welded fittings	1.00	(16)
A 333	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	(78)
A 334	...	Seamless tube	1.00	...
A 335	...	Seamless pipe	1.00	...
A 350	...	Forgings and fittings	1.00	...
A 369	...	Seamless pipe	1.00	...
A 420	...	Welded fittings, 100% radiographed	1.00	(16)
A 671	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	(78)

Fuente: Norma ASME B31.3, "Pressure Design of Piping Components". Table A-1A

#### 4.5.1 Cálculo del Espesor de Pared a la Máxima Presión Admisible.

Con los parámetros mencionados se puede determinar el espesor de la tubería para el sistema contra incendios en el Terminal Pascuales.

La norma PE-SHI-018<sup>24</sup> establece: “La máxima presión de trabajo admisible en cualquier punto de la red, no será mayor de 150 Lbs/pulg<sup>2</sup>.”

Para determinar el espesor a una presión máxima admisible se analiza el mínimo diámetro de tubería permitido (2½”)

#### Datos de Diseño

<b>Diámetro Tubería:</b>	<u>2-1/2"</u>	<b>Código:</b>	<u>ASME B31.3</u>
<b>Material:</b>	<u>ASTM A-106 Gr.B</u>	<b>Fluido:</b>	<u>Agua</u>
<b>Presión de Diseño (P):</b>	<u>150 (lbf/pulg<sup>2</sup>).</u>	<b>Temperatura:</b>	<u>77(°F)</u>
<b>Esfuerzo Máximo Permisible (S):</b>	<u>20000 (lbf/pulg<sup>2</sup>).</u>	<b>Factor de Corrección (Y):</b>	<u>0,4</u>
<b>Factor de Junta (E):</b>	<u>1.0</u>		
<b>Tolerancia de Fabricación (Tf):</b>	<u>12,50%</u>		
<b>Corrosión Permisible (c):</b>	<u>0,118 pulg.</u>		

#### Condición Inicial:

$$P / SE < 0.385$$

$$150 / (20,000 \times 1) < 0.385$$

$$0,0075 < 0.385 \text{ Por tanto OK.}$$

#### Calculo del Espesor.

$$t = \frac{PD}{2 SE + PY}$$

---

<sup>24</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 5.8.2 Requerimientos Generales.



$$t = \frac{150 \frac{\text{lb} \cdot \text{f}}{\text{pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}^2} \times 2,875 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}}{2 \left( 20000 \frac{\text{lb} \cdot \text{f}}{\text{pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}^2} \times 1 + 150 \frac{\text{lb} \cdot \text{f}}{\text{pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}^2} \times 0,4 \right)}$$

$$t = 0,010 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}$$

#### **Cálculo del Espesor Mínimo Requerido:**

$$T_m = t + C$$

$$T_m = 0,010 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g} + 0,118 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}$$

$$T_m = 0,128 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}$$

#### **Cálculo del Espesor Nominal.**

$$T_n = T_m + T_f$$

$$T_n = 0,128 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g} + \left( \frac{12,5\%}{100\%} \times 0,128 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g} \right)$$

$$T_n = 0,144 \text{ pu} \cdot \text{l} \cdot \text{g}$$

#### **Análisis.**

Como:  $0,010 < (2,875 / 6)$  cumple con la condición inicial.

El espesor comercial ( $T_c$ ) de la tubería de 2½" SCH 40 es igual a 0,203 pulg, este valor es mayor que el espesor nominal calculado. Por lo tanto el espesor de la tubería seleccionada es el adecuado para resistir la presión interna del sistema.

#### **4.6 DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS PARA SOLUCIÓN AGUA-ESPUMA Y AGUA PARA ENFRIAMIENTO.**

Para dimensionar las tuberías se realizará un análisis en cada zona.

#### 4.6.1 Dimensionamiento de Tuberías en el Cuarto de Bombas de Producto.

Para dimensionar las tuberías contra incendio en el área de bombas de producto, primero se tienen que calcular el número de rociadores, y el número de ramales para abastecer a los mismos.

La norma PE-SHI-019<sup>25</sup> establece: “El número de rociadores requeridos se determinara en base a un área máxima de cobertura por rociador de 100 pie<sup>2</sup> y una distancia máxima de 12 pie, entre rociadores.

##### **Dimensiones Cuarto Bombas de Producto:**

Longitud = 33,5m  $\Rightarrow$  109,9 pie

Ancho = 4,2 m  $\Rightarrow$  13,8 pie

##### **Área de Operación Cuarto Bombas de Producto:**

$$A_1 = 109,9 \text{ pie} \times 13,8 \text{ pie}$$

$$A_1 = 1516,62 \text{ pie}^2$$

##### **Número de Rociadores a Instalarse:**

El cálculo esta en base al área de operación obtenida anteriormente y el área de cobertura de cada rociador, donde tenemos:

$$N = \frac{\text{Area - diseño}}{\text{Area - rociador}} \text{ (Ecuación 4.12)}$$

Donde:

$N$  = Número de Rociadores

$$N = \frac{1516,62 \text{ pie}^2}{100 \text{ pie}^2}$$

$N = 15,16 \approx 16$  Rociadores a instalarse (Teórico).

---

<sup>25</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 9.2.1.3 Requerimientos Generales.

### Número de Rociadores por Ramal:

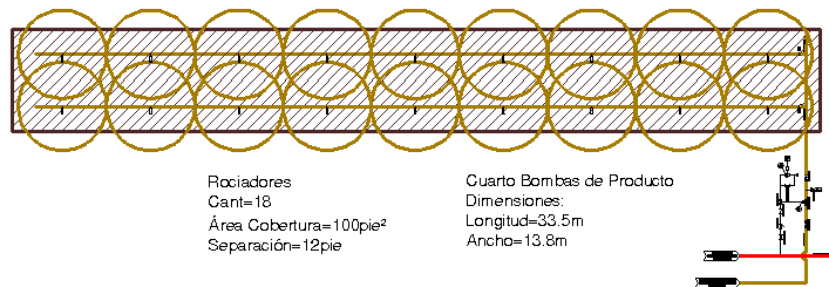
El número de rociadores a lo largo de cada ramal se calcula dividiendo el largo de la zona de Bombas de Producto para la distancia máxima entre rociadores:

$$N^{\circ} \text{ Rociadores en cada ramal} = \frac{109,9 \text{ pie}}{12 \text{ pie}} = 9,16$$

$N^{\circ} \text{ Rociadores en cada ramal} = 9,16 \approx 9$  Rociadores a instalarse en cada ramal.

En el área de Bombas de Producto se instalarán 18 Rociadores como se puede ver en la figura 4.4. A pesar que por área de cobertura solo resulto necesario 16 rociadores.

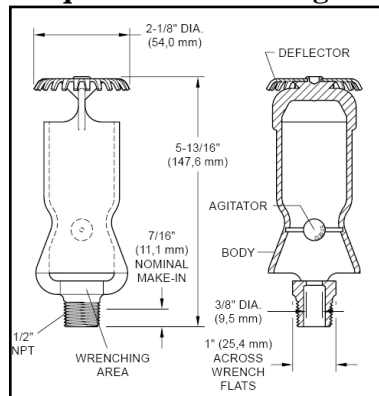
**Fig. 4.4: Distribución Rociadores Agua-Espuma**



### ➤ Selección de Rociadores en el Cuarto de Bombas de Producto.

El tipo de boquillas que se utilizarán es “Model B-1 - 3.0 K-factor Upright and Pendent Foam-Water Sprinklers,” del fabricante *Tyco, Fire & Building Products*. Los datos técnicos de estas boquillas se indican en el **ANEXO A-1**

**Fig.4.5: Esquema Rociador Agua-Espuma**



**Fuente:** Tyco, Fire & Building Products.

### Número Total de Rociadores en el Cuarto de Bombas Producto.

$$N_T = 18$$

### Caudal Requerido en Cada Rociador.

$$Q_1 = 242,66 \text{ gpm} \text{ (Calculado en el numeral 4.2.1)}$$

$$Q_{C/R} = \frac{242,66 \text{ gpm}}{18}$$

$$Q_{C/R} = 13,5 \text{ gpm}$$

### Presión Requerida en Cada Rociador.

La relación entre el caudal ( $Q$ ) que fluye a través de un rociador y la presión del fluido ( $P$ ) está expresada por la siguiente ecuación tomada de la hoja de datos del fabricante expuesta en el **ANEXO A-1**:

$$Q = k\sqrt{P} \text{ (Ecuación 4.13)}$$

Donde:  $k = 3 \frac{\text{gpm}}{\sqrt{\text{psi}}}$  Factor de la boquilla emitida por el fabricante

Despejando la Ecuación 4.13 se obtiene la ecuación para determinar la presión en cada rociador.

$$P_{C/R} = \left( \frac{Q_{C/R}}{k} \right)^2$$

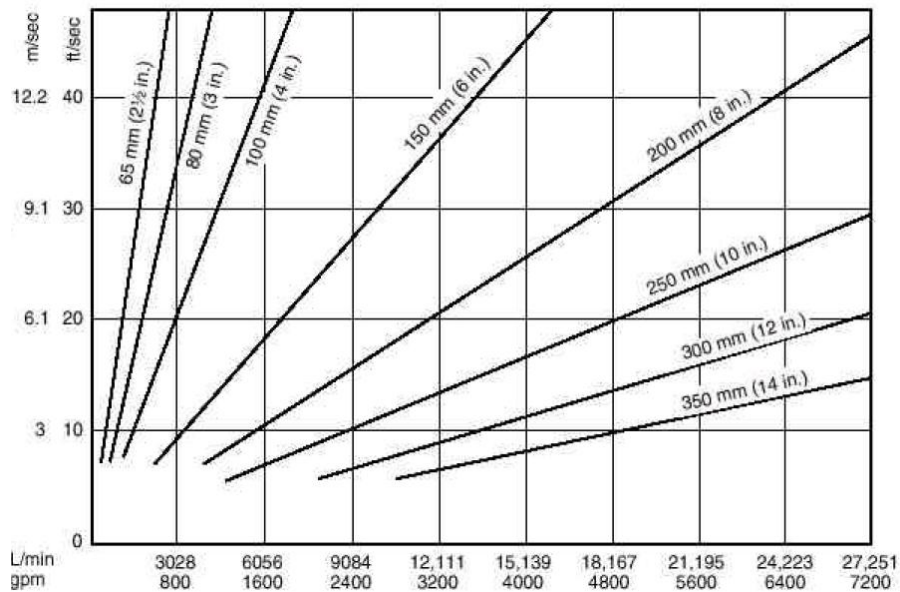
$$P_{C/R} = \left( \frac{13,5 \text{ gpm}}{3 \frac{\text{gpm}}{\sqrt{\text{psi}}}} \right)^2$$

$$P_{C/R} = 20,25 \text{ psi}$$

➤ **Dimensionamiento de Tuberías de Solución de Agua-Espuma en el Cuarto de Bombas de Producto.**

Para dimensionar las tuberías contra incendio en el área de bombas de producto, la norma PE-SHI-019<sup>26</sup> establece que el diámetro de la tubería se determina empleando la figura 4.6, la cual muestra los diámetros de tubería y velocidad de flujo para diferentes caudales de espuma.

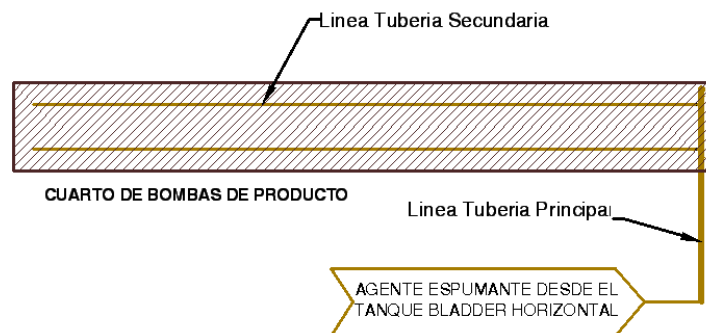
**Fig.4.6: Velocidad Espuma vs Flujo de Espuma**



**Fuente:** Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 7.2.2.2.5 Criterios de Diseño.

La tubería en el área de bombas de producto está distribuida en una línea principal y dos líneas secundarias, ver Figura 4.7.

**Fig.4.7: Distribución Tuberías Cuarto de Bombas de Producto**



<sup>26</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 7.2.2.2.5 Criterios de Diseño.

### **Cálculo Diámetro Tubería Principal.**

Para dimensionar la tubería del área de Bombas de Producto se deben considerar algunos parámetros:

El caudal de ingreso a la línea principal calculado en el numeral 4.3.1, (Cfr. **Supra**)

$$Q_1 = 242,66 \text{ gpm}$$

Para determinar el diámetro de la tubería principal se ingresa el caudal de diseño en la figura 4.6 y se obtiene el diámetro de la tubería.

Los resultados obtenidos son:

$$\text{Diámetro Tubería Principal} = 2 \frac{1}{2} \text{ pulg, A106GrB, SCH40}$$

$$\text{Diámetro Tubería Secundaria} = 2 \frac{1}{2} \text{ pulg, A106GrB, SCH40}$$

#### **4.6.2 Dimensionamiento de Tuberías en el Área de Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora y Estación de Despacho.**

Para dimensionar las tuberías de agua para enfriamiento de las paredes laterales de los tanques de almacenamiento se toma como referencia la norma Nrf-015-Pemex (COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS). “Protección de Áreas y Tanques de Almacenamiento de Productos Inflamables Y Combustibles”.

Se utiliza la Norma Nrf-015-Pemex, porque hace un análisis profundo del diseño de sistemas de agua para enfriamiento de las paredes de los tanques de almacenamiento. El compendio de Normas de Seguridad e Higiene de Petroecuador, no describe profundamente el diseño de sistemas de agua para enfriamiento de tanques de almacenamiento.

##### **➤ Dimensionamiento de Tuberías de Agua de Enfriamiento.**

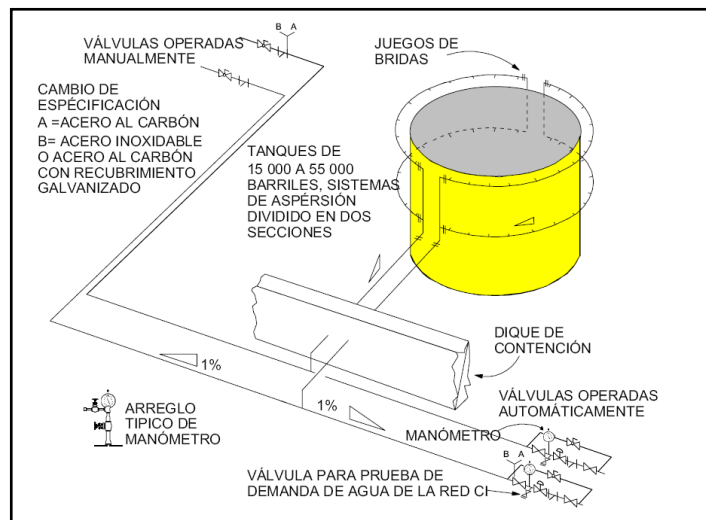
Los anillos de enfriamiento deberán estar alrededor de toda la circunferencia del tanque y serán seccionados en partes de acuerdo al tamaño del tanque. La cantidad

de divisiones de los anillos de enfriamiento y su distribución en los tanques se realizará según la Norma Nrf-015-Pemex:<sup>27</sup> que dice:

a) Para tanques de 477 m<sup>3</sup> a 1590 m<sup>3</sup> de capacidad, los anillos deben ser completos, sin seccionamientos, con una tubería de alimentación común para los anillos de enfriamiento.

b) Para tanques de 2385 m<sup>3</sup> a 8745 m<sup>3</sup> de capacidad, debe tener cuando menos dos anillos de enfriamiento a diferentes alturas, los anillos se deben dividir en dos secciones de manera que la sección superior e inferior de un mismo lado, tenga una alimentación común de agua, por lo que para este caso, se debe disponer de dos alimentaciones de agua, (ver figura 4.8).

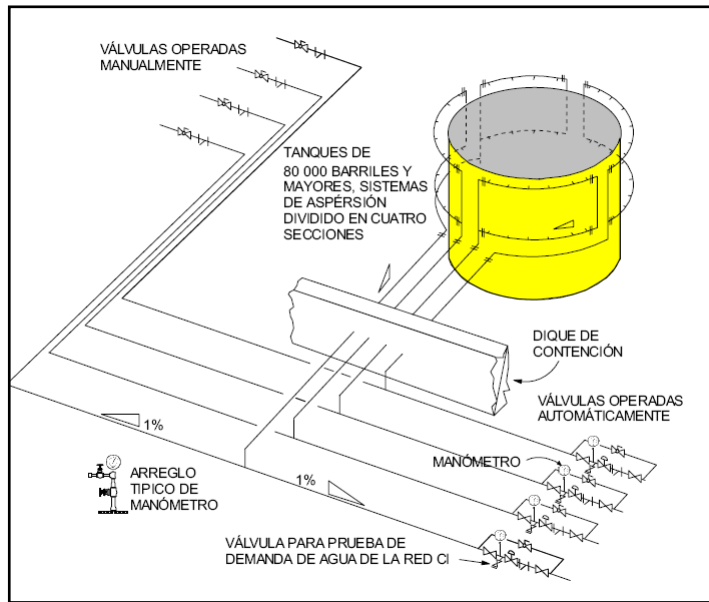
**Fig.4.8: Ubicación Anillos de Enfriamiento Tanque de Almacenamiento 55000 barriles.**



c) Para tanques de 12720 m<sup>3</sup> de capacidad y mayores, debe tener cuando menos dos anillos de enfriamiento a diferentes alturas, los anillos se deben dividir en cuatro secciones de manera que la sección superior e inferior de un mismo cuadrante, tengan una alimentación común de agua, por lo que para este caso se debe disponer de cuatro alimentaciones de agua, (ver figura 4.9).

**Fig.4.9: Ubicación Anillos de Enfriamiento Tanque de Almacenamiento de 80000 Barriles**

<sup>27</sup>Norma PEMEX Nrf-015, Sección 8.1.7 Protección contra incendio por enfriamiento con agua.



Con los criterios mencionados anteriormente y los datos de los tanques de almacenamiento de la estación reductora, se procede a determinar el número y segmentos de los anillos de agua para enfriamiento aplicando la tabla 4.10.

**Tabla 4.10: Cantidad de Anillos de Enfriamiento**

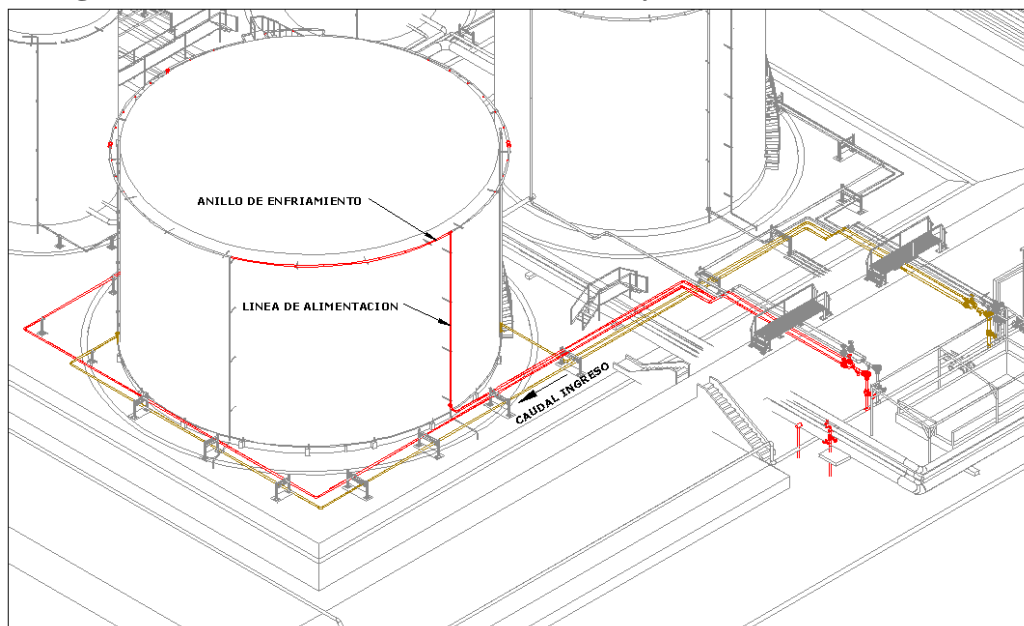
T.Q. N°	Diámetro (m)	Volumen Total (gal.)	Volumen Total (m³)	Número de Anillos	Número de Segmentos del Anillo
1	13.1	522900	1.976,56	1	2
2	18.84	886856	3.352,32	1	2
3	7.70	148596	561,69	1	1
4	7.70	148596	561,69	1	1
5	7.70	110544	417,86	1	1
6	7.70	110544	417,86	1	1
7	12.64	407400	1.539,97	1	1
8	12.64	407400	1.539,97	1	1
9	33,47	3.100.725,00	11.720,74	2	2
10	32,42	4.200.000,00	15.876,00	2	4
11	29,34	1.846.523,00	6.979,86	2	2
12	33,47	3.100.725,00	11.720,74	2	2
13	15,93	731.144,00	2.763,72	2	2
14	15,93	751.494,00	2.840,65	2	2
15	31,63	2.845.161,00	10.754,71	2	2
17	40,07	4.413.298,00	16.682,27	2	4
18	37,50	4.250.854,00	16.068,23	2	4
19	35,70	4.131.268,00	15.616,19	2	4
20	39,48	4.413.298,00	16.682,27	2	4
21	22,40	1.284.196,00	4.854,26	2	2
22	22,36	1.117.363,00	4.223,63	2	2
24	9,40	174.276,00	658,76	1	1
25	9,40	174.278,00	658,77	1	1
26	24,50	1.801.967,00	6.811,44	2	2
27	24,50	1.800.079,00	6.804,30	2	2
28	16,65	638.250,00	2.412,59	2	2
29	16,05	637.045,00	2.408,03	2	2



Según la Norma Nrf-015-Pemex:<sup>28</sup> “Para el dimensionamiento de las tuberías de los anillos de enfriamiento, deben tomarse en cuenta velocidades máximas de flujo de 15 pie/seg y un diámetro mínimo de tubería de 2½ pulgadas”.

Cada división de los anillos de enfriamiento tendrá una tubería de alimentación. Los anillos y las tuberías de alimentación se dispondrán como se indica en la figura 4.10, la misma presenta la distribución de agua con color rojo y la distribución de la tubería de agua-espuma de color amarillo.

**Fig.4.10: Conexión Líneas de Alimentación y Anillos de Enfriamiento**



El caudal total que circulará por las líneas de alimentación a los anillos de agua de enfriamiento se dividirá en forma proporcional al seccionamiento de los anillos en cada tanque. Es decir, si el anillo tiene una división que abarca las  $\frac{3}{4}$  partes de la circunferencia del tanque, el caudal de la línea de alimentación, por ese anillo será igual a las  $\frac{3}{4}$  partes del caudal total de diseño.

Una vez obtenidos los caudales de diseño por las líneas de alimentación y anillos, el siguiente paso es determinar el diámetro de tubería conveniente, para ello se aplica la ecuación:

$$Q = v.A$$

<sup>28</sup> Norma PEMEX Nrf-015, Sección 8.1.7.18 Protección contra incendio por enfriamiento con agua.

El área de la sección transversal  $A$  está definida por el diámetro interior de la tubería ( $d_i$ ):

$$d_i = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}} \quad \text{(Ecuación 4.12)}$$

Donde:

$d_i$  = Diámetro interior de la Tubería (pulg)

$Q$  = Caudal de enfriamiento (gpm)

$v$  = Velocidad Máxima Recomendada 15 (pie/seg)

Bajo esta consideración los diámetros adecuados para las tuberías de agua de enfriamiento en las líneas de alimentación se indican en la tabla 4.11:

**Tabla 4.11: Diámetro Líneas de Alimentación**

TANQUE	Caudal de agua de enfriamiento, Q(gpm)	Número de Segmentos del anillo de enfriamiento	Caudal de agua de enfriamiento por cada línea de alimentación (gpm)	Diámetro Interior (pulg)	Diámetro Nominal de la Línea (pulg)	Velocidad de agua en la Línea (pie/seg)
TP-01	613,67	2	306,84	5,10	6	15
TP-02	767,94	2	383,97	5,71	6	15
TP-03	156,93	1	156,93	3,65	4	15
TP-04	156,93	1	156,93	3,65	4	15
TP-05	235,79	1	235,79	4,47	6	15
TP-06	235,79	1	235,79	4,47	6	15
TP-07	527,61	1	527,61	6,69	8	15
TP-08	527,61	1	527,61	6,69	6	15
TP-09	817,32	2	408,66	5,89	6	15
TP-10	1.577,88	4	394,47	5,79	6	15
TP-11	1.427,98	2	713,99	7,78	8	15
TP-12	1.634,64	2	817,32	8,33	10	15
TP-13	778,00	2	389,00	5,75	6	15
TP-14	778,00	2	389,00	5,75	6	15
TP-15	1.483,84	2	741,92	7,94	8	15
TQ-17	1.957,59	4	489,40	6,45	8	15
TQ-18	1.782,54	4	445,64	6,15	8	15
TQ-19	1.762,86	4	440,72	6,12	8	15
TQ-20	1.928,85	4	482,21	6,40	8	15
TQ-21	912,29	2	456,15	6,22	8	15
TQ-22	910,66	2	455,33	6,22	8	15
TQ-24	285,94	1	285,94	4,93	6	15
TQ-25	285,94	1	285,94	4,93	6	15
TQ-26	563,08	2	281,54	4,89	6	15
TQ-27	563,08	2	281,54	4,89	6	15
TQ-28	382,67	2	191,34	4,03	4	15
TQ-29	368,88	2	184,44	3,96	4	15

Bajo la misma consideración los diámetros adecuados para las tuberías de agua de enfriamiento en los anillos se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 4.12: Diámetro Anillos de Enfriamiento**

TANQUE	Caudal de agua de enfriamiento, Q(gpm)	Número de Anillos	Caudal de agua de enfriamiento por cada línea de alimentación (gpm)	Caudal de agua de enfriamiento por cada anillo (gpm)	Diámetro Interior (pulg)	Diámetro Nominal de la Línea (pulg)	Velocidad de agua en la Línea (pie/seg)
TP-01	613,67	2	613,7	306,8	5,1	6	15
TP-02	767,94	2	767,9	384,0	5,7	6	15
TP-03	156,93	1	156,9	156,9	3,6	4	15
TP-04	156,93	1	156,9	156,9	3,6	4	15
TP-05	235,79	1	235,8	235,8	4,5	6	15
TP-06	235,79	1	235,8	235,8	4,5	6	15
TP-07	527,61	1	527,6	527,6	6,7	8	15
TP-08	527,61	1	527,6	527,6	6,7	8	15
TP-09	817,32	2	408,7	204,3	4,2	6	15
TP-10	1577,88	2	394,5	197,2	4,1	6	15
TP-11	1427,98	2	714,0	357,0	5,5	6	15
TP-12	1634,64	2	817,3	408,7	5,9	6	15
TP-13	778	2	389,0	194,5	4,1	6	15
TP-14	778	2	389,0	194,5	4,1	6	15
TP-15	1483,84	2	741,9	371,0	5,6	6	15
TQ-17	1957,59	2	489,4	244,7	4,6	6	15
TQ-18	1782,54	2	445,6	222,8	4,3	6	15
TQ-19	1762,86	2	440,7	220,4	4,3	6	15
TQ-20	1928,85	2	482,2	241,1	4,5	6	15
TQ-21	912,29	2	456,1	228,1	4,4	6	15
TQ-22	910,66	2	455,3	227,7	4,4	6	15
TQ-24	285,94	1	285,9	285,9	4,9	6	15
TQ-25	285,94	1	285,9	285,9	4,9	6	15
TQ-26	563,08	2	281,5	140,8	3,5	4	15
TQ-27	563,08	2	281,5	140,8	3,5	4	15
TQ-28	382,67	2	191,3	95,7	2,8	3	15
TQ-29	368,88	2	184,4	92,2	2,8	3	15

➤ **Dimensionamiento de Tuberías de Abastecimiento Alrededor del cubeto de los Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora y Estación de Despacho.**

Para dimensionar la tubería de red principal se debe considerar la norma PESHI-018<sup>29</sup>, la cual indica:

<sup>29</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 5.8, Red de Distribución.

“La velocidad del agua en las tuberías principales de la red de distribución, no será mayor de 10 pies/s. Las tuberías principales de la red no serán de diámetro inferior a 200 milímetros (8 pulgadas)”

Para dimensionar la tubería contra incendio alrededor del cubeto de los tanques de almacenamiento de la Estación Reductora, es necesario saber el caudal de consumo que debe circular por la tubería de abastecimiento, en el caso de la estación Reductora, el de mayor consumo es cuando se incendia el Tanque TP-17 y se lo determino en el numeral 4.2.2. (Cfr. Supra)

Con el caudal de consumo máximo se determina el diámetro de la tubería principal de abastecimiento, empleando las ecuaciones 4.12.

### **ESTACIÓN REDUCTORA**

#### **Caudal de Consumo Máximo, Tanque TP 17:**

$$Q_{total} = 6379,24 \text{ gpm}$$

$$v = 10 \text{ pie} / \text{seg} \quad \text{Velocidad Recomendada.}$$

#### **Cálculo del Diámetro de la Línea de Abastecimiento.**

$$d_i = \sqrt{\frac{4Q_{total}}{v\pi}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times 6379,24 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{231 \text{ pu lg}^3}{\text{gal}}}{10 \frac{\text{pie}}{\text{seg}} \times \frac{12 \text{ pu lg}}{\text{pie}} \times \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} \times 3,1416}}$$

$$d_i = 16,14 \text{ pu lg}$$

$$d_i = 16,14 \text{ pu lg} \approx 409,95 \text{ mm}$$

Dimensiones Tubería ASTM A106 GrB, SCH 40, 16 pulg.

$$d_{nominal} = 16 \text{ pulg}$$

$$d_{interior} = 381 \text{ mm}$$

Dimensiones Tubería ASTM A106 GrB, SCH 40, 18 pulg.

$$d_{nominal} = 18 \text{ pulg}$$

$$d_{interior} = 428,650 \text{ mm}$$

En base al resultado del diámetro interior de la tubería se selecciona la:

**Tubería ASTM A106 GrB, SCH 40, 18 pulg.**

### ESTACION DE DESPACHO

**Caudal de Consumo Máximo, Tanque TP 02:**

$$Q_{total} = 1182,6 \text{ gpm}$$

$$v = 10 \text{ pie / seg} \quad \text{Velocidad Recomendada.}$$

**Cálculo del Diámetro de la Línea de Abastecimiento.**

$$d_i = \sqrt{\frac{4Q_{total}}{v\pi}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times 1182,6 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{231 \text{ pulg}^3}{\text{gal}}}{10 \frac{\text{pie}}{\text{seg}} \times \frac{12 \text{ pulg}}{\text{pie}} \times \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} \times 3,1416}}$$

$$d_i = 6,95 \text{ pulg}$$

$$d_i = 6.95 \text{ pulg} \approx 176,53 \text{ mm}$$

Dimensiones Tubería ASTM A106 GrB, SCH 40, 8 pulg.

$$d_{nominal} = 8 \text{ pulg}$$

$$d_{interior} = 202,74 \text{ mm}$$

En base al resultado del diámetro interior de la tubería se selecciona la:

**Tubería ASTM A106 GrB, SCH 40, 8 pulg.**

➤ **Rociadores para Anillos de Enfriamiento en Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**

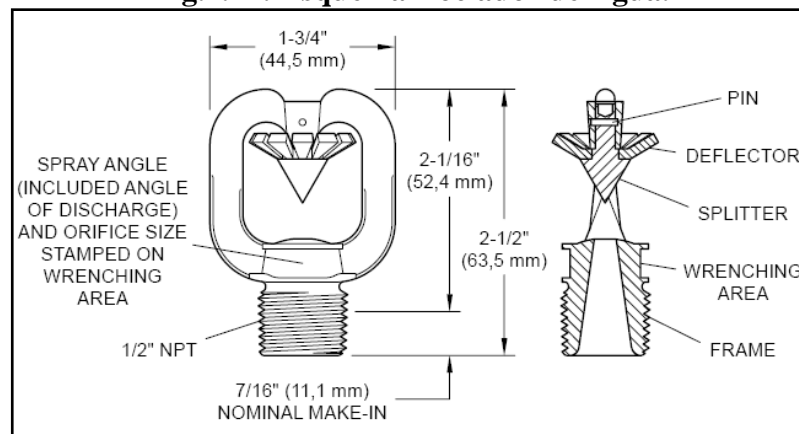
La Norma Nrf-015-Pemex<sup>30</sup> establece: “El número de rociadores, debe determinarse dividiendo el perímetro del tanque entre la longitud de cobertura que proporciona el rociador, considerando un 15% de traslape a cada lado, a una distancia específica entre la descarga de la boquilla y la superficie de la envolvente”

Las boquillas de aspersión deben estar separadas de la pared del tanque a 60 cm como mínimo y a 90 cm como máximo, Según: Nrf-015-Pemex:<sup>31</sup>

Para determinar la cantidad de rociadores a ser instalados en el anillo de enfriamiento de cada tanque, se parte por determinar la distancia axial entre el tanque y el rociador.

El tipo de boquillas que se utilizarán es: “Type D3 Protectospray Directional Spray Nozzles, Open, Medium Velocity”, Número 34 del fabricante Tyco, Fire & Building Products. Los datos técnicos de estas boquillas se indican en el documento **ANEXO A-2**.

**Fig.4.11: Esquema Rociador de Agua.**



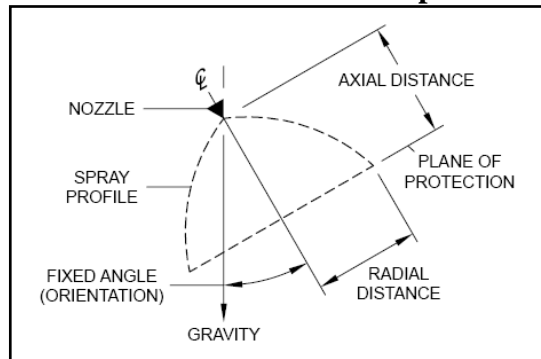
**Fuente:** Tyco, Fire & Building Products.

<sup>30</sup>Norma PEMEX Nrf-015, Sección 8.1.7.14 Protección contra incendio por enfriamiento con agua.

<sup>31</sup>Norma PEMEX Nrf-015, Sección 8.1.5.15 Protección contra incendio por enfriamiento con agua.

Las boquillas elegidas tienen un patrón cónico de cobertura de flujo. Hay boquillas para diferentes ángulos de cobertura. Para cada ángulo de cobertura existen diferentes distancias axiales y radiales entre boquillas con respecto al plano de incidencia del flujo.

**Fig.4.12: Dimensiones Líneas Principales Rociador.**



**Fuente:** Tyco, Fire & Building Products.

Para determinar la cantidad de rociadores a ser instalados en el anillo de enfriamiento de cada tanque, se parte por determinar la distancia axial entre el tanque y el rociador será instalado a  $60^\circ$  entre la proyección de la distancia axial y radial.

Luego en el **ANEXO A-2**, se selecciona el rociador: “Type D3 Protectospray Directional Spray Nozzles, Open, Medium Velocity”, Número 34 del fabricante Tyco, Fire & Building Products donde proporciona la distancia radial de cobertura de cada rociador.

Los anillos de enfriamiento de agua irán separados una distancia de 900 mm con respecto a la pared exterior de los tanques. Las boquillas de agua irán instaladas con un ángulo de depresión de  $60^\circ$  con respecto a una línea horizontal imaginaria al nivel del centro del anillo de enfriamiento.

### **Cálculo del Número de Rociadores del Tanque de Almacenamiento TP-17.**

#### **Número de Rociadores por Anillo:**

Para determinar el número de boquillas por cada seccionamiento de anillo, se calcula el perímetro de cada anillo y se divide para el valor promedio de la separación entre boquillas. La distancia radial de acuerdo al **ANEXO A-2** de los rociadores a cubrir es de 8 pie con un ángulo de roció de  $140^\circ$ . Al disminuir el 15% de intersección

entre las áreas de cobertura de los rociadores adyacentes se obtiene una distancia radial 6.8 pie.

Por lo tanto la distancia entre rociadores =  $2 \times 6,8 = 13,6 \text{ pie}$

**Dimensiones Tanque TP-17:**

Diámetro = 40,07m  $\Rightarrow$  131,46 pie

Altura = 14,45m  $\Rightarrow$  47,41 pie

**Distancia Rociador/Pared Externa del Tanque.**

$d_{RP} = 900\text{mm} \approx 2,95 \text{ pie}$

**Diámetro Tubería Anillo de Enfriamiento.**

$D_{AE} = 131,46 \text{ pie} + 2d_{RP}$

$D_{AE} = 131,46 \text{ pie} + 5,9 \text{ pie}$

$D_{AE} = 137,36 \text{ pie}$

**Perímetro Anillo de Enfriamiento.**

$P_{AE} = \pi \times D_{AE}$

$P_{AE} = 431,52 \text{ pie}$

**Número de Rociadores por Anillo a Instalarse.**

$$N_R = \frac{\text{Perímetro}}{\text{Distancia / Rociador}}$$

Distancia Radial Rociador = 6,8 pie

$$N_R = \frac{431,52}{13,6}$$



$$N_R = 31,72 \approx 32$$

Para el caso del tanque TP-17, por sus dimensiones tiene dos anillos de enfriamiento por lo tanto el doble de rociadores.

### **Número Total de Rociadores TP-17.**

$$N_{TR} = 64$$

### **Caudal Requerido en Cada Rociador.**

$$Q_{17} = 1957,59 \text{ gpm (Total)}$$

Calculado en el numeral 4.2.2

$$Q_{C/R} = \frac{1957,59 \text{ gpm}}{64}$$

$$Q_{C/R} = 30,58 \text{ gpm}$$

### **Presión Requerida por Rociador.**

La relación entre el caudal ( $Q$ ) que fluye a través de un rociador y la presión del fluido ( $P$ ) está expresada por la siguiente ecuación tomada de la hoja de datos del fabricante expuesta en el **ANEXO A-2**:

$$Q = k\sqrt{P} \text{ (Ecuación 4.13)}$$

Donde:

$Q$  = Caudal que circula en cada rociador

$k$  = Factor del rociador

$P$  = Presión de descarga en cada rociador

Se determina el uso de rociadores de agua en el anillo de enfriamiento con un ángulo de  $140^\circ$  y un factor característico:

$$k = 7,2$$

Donde  $k$  es el factor de la boquilla que viene dado en función del diámetro del orificio de descarga.

Despejando la Ecuación 4.13 se obtiene la ecuación para determinar la presión en cada rociador:

$$P_{C/R} = \left( \frac{Q_{C/R}}{k} \right)^2$$

$$P_{C/R} = \left( \frac{30,58 \text{ gpm}}{7,2 \frac{\text{gpm}}{\sqrt{\text{psi}}}} \right)^2$$

$$P_{C/R} = 19,08 \text{ psi}$$

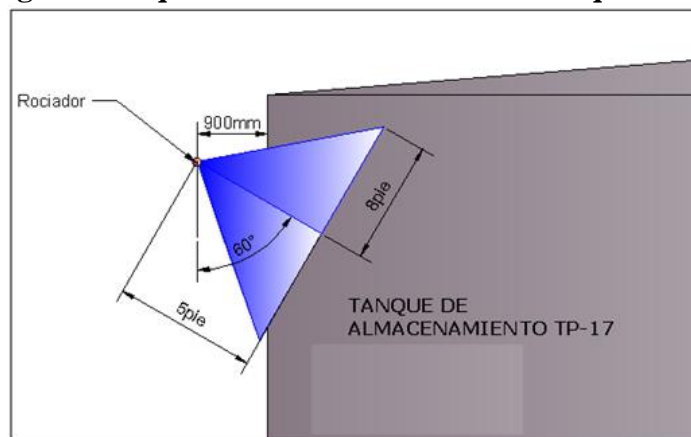
Un esquema de la ubicación de los anillos de enfriamiento con respecto a la pared de los tanques se indica en la figura siguiente:

Baja las consideraciones anteriores se determina la cantidad de rociadores para cada tanque en la Estación Reductora y la Estación de Despacho.

### **Cantidad de Rociadores Estación Reductora y Estación de Despacho**

T.Q. N°	Diámetro (m)	Diámetro (pie)	Distancia Rociador / Pared Externa del Tanque	Diametro Tubería Anillo de Enfriamiento	Perimetro Anillo de Enfriamiento	Distancia Radial Rociador	Numero de Rociadores por Anillo	Numero de Anillos	NumeroTotal de Rociadores
1	13,10	42,97	2,95	48,87	153,52	13,60	11,29	2	23
2	18,84	61,80	2,95	67,70	212,67	13,60	15,64	2	31
3	7,70	25,26	2,95	31,16	97,88	13,60	7,20	1	7
4	7,70	25,26	2,95	31,16	97,88	13,60	7,20	1	7
5	7,70	25,26	2,95	31,16	97,88	13,60	7,20	1	7
6	7,70	25,26	2,95	31,16	97,88	13,60	7,20	1	7
7	12,64	41,46	2,95	47,36	148,78	13,60	10,94	1	11
8	12,64	41,46	2,95	47,36	148,78	13,60	10,94	1	11
9	33,47	109,78	2,95	115,68	363,43	13,60	26,72	2	53
10	32,42	106,34	2,95	112,24	352,61	13,60	25,93	2	52
11	29,34	96,24	2,95	102,14	320,87	13,60	23,59	2	47
12	33,47	109,78	2,95	115,68	363,43	13,60	26,72	2	53
13	15,93	52,25	2,95	58,15	182,69	13,60	13,43	2	27
14	15,93	52,25	2,95	58,15	182,69	13,60	13,43	2	27
15	31,63	103,75	2,95	109,65	344,47	13,60	25,33	2	51
17	40,07	131,43	2,95	137,33	431,43	13,60	31,72	2	63
18	37,50	123,00	2,95	128,90	404,95	13,60	29,78	2	60
19	35,70	117,10	2,95	123,00	386,40	13,60	28,41	2	57
20	39,48	129,49	2,95	135,39	425,36	13,60	31,28	2	63
21	22,40	73,47	2,95	79,37	249,36	13,60	18,33	2	37
22	22,36	73,34	2,95	79,24	248,94	13,60	18,30	2	37
24	9,40	30,83	2,95	36,73	115,40	13,60	8,49	1	8
25	9,40	30,83	2,95	36,73	115,40	13,60	8,49	1	8
26	24,50	80,36	2,95	86,26	270,99	13,60	19,93	2	40
27	24,50	80,36	2,95	86,26	270,99	13,60	19,93	2	40
28	16,65	54,61	2,95	60,51	190,10	13,60	13,98	2	28
29	16,05	52,64	2,95	58,54	183,92	13,60	13,52	2	27

**Fig.4.13: Esquema Ubicación Rociador Tanque TP-17**



- **Dimensionamiento de Tuberías para las Líneas de Solución Agua-Espuma en Estación Reductora y Tanques de Despacho.**

### **Dimensionamiento de Tuberías en Tanques de Techo Cónico.**

Para determinar los diámetros de tubería el primer paso es determinar el número de cámaras de solución agua-espuma que deben ir alrededor de cada tanque.

La norma PE-SHI-019<sup>32</sup>, establece el número mínimo de cámaras de solución agua-espuma que deben ir en un tanque de almacenamiento de techo fijo. Los datos son los siguientes:

**Tabla 4.13: Número de Cámaras de Espuma Fijas.**

Diámetro del Tanque		Número mínimo de cámaras de espuma
(ft)	(m)	
Hasta 80 ft	Hasta 24 m	1
Desde 80 ft hasta 120 ft	Desde 24 m hasta 36 m	2
Desde 120 ft hasta 140 ft	Desde 36 m hasta 42 m	3
Desde 140 ft hasta 160 ft	Desde 42 m hasta 48 m	4
Desde 160 ft hasta 180 ft	Desde 48 m hasta 54 m	5
Desde 180 ft hasta 200 ft	Desde 54 m hasta 60 m	6

Sobre la base de estos datos se determina el número de cámaras de espuma que deben ir en cada tanque.

**Tabla 4.14: Número de Cámaras de Solución Agua-Espuma, Tanques de Despacho**

TANQUE	Diámetro del tanque, (m)	Cámaras de espuma	Caudal de la solución en cada Tanque (gpm)	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)
TP-01	13,86	1	145,03	145,03
TP-02	18,84	1	299,96	299,96
TP-03	7,07	1	50,11	50,11
TP-04	7,07	1	50,11	50,11

**Tabla 4.15: Número de Cámaras de Solución Agua Espuma para Tanques de Diesel en la Estación Reductora**

<sup>32</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 7.2.2.1.4 Número de Cámaras de Espuma

TANQUE	Diámetro del tanque, (m)	Número de Cámaras	Caudal de la solución en cada Tanque, (gpm)	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)
TQ-17	40,07	3	1.356,88	452,29
TQ-18	37,50	3	1.188,41	396,14
TQ-19	35,70	3	1.077,06	359,02
TQ-20	39,48	3	1.317,22	439,07
TQ-21	22,37	1	424,03	424,03
TQ-22	22,37	1	422,52	422,52

**Tabla 4.16: Número de Cámaras de Solución Agua-Espuma, para Tanques Slop en la Estación Reductora**

TANQUE	Diámetro del tanque, d(m)	Número Cámaras de espuma	Caudal de la solución, en cada Tanque (gpm)	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)
TQ-24	9,4	1	74,67	74,67
TQ-25	9,4	1	74,67	74,67

**Tabla 4.17: Número de Cámaras de Solucion Agua-Espuma, para Tanques Jet Fuel en la Estación Reductora**

TANQUE	Diámetro del tanque, (m)	Número Cámaras de espuma	Caudal de la solución en cada Tanque (gpm)	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)
TQ-26	24,50	2	507,27	253,64
TQ-27	24,50	2	507,27	253,64
TQ-28	16,65	1	234,28	234,28
TQ-29	16,05	1	217,70	217,70

El caudal de diseño calculado para cada tanque se divide para el número de cámaras solución agua-espuma, ese caudal es el de diseño que irá por cada cámara y con el cual se determinará el diámetro de la línea que conduce la solución de agua-espuma.

El parámetro bajo el cual se determinará el diámetro de las tuberías de solución agua-espuma es el que se indicó en el numeral 4.6. Figura 4.6.

En las siguientes tablas se indica los diámetros nominales que conducen la solución agua-espuma para cada uno de los tanques.

La tubería seleccionada es ASTM-A106GrB, SCH40

**Tabla 4.18: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, Tanques de Despacho**

TANQUE	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)	Diámetro Nominal (pulg.)
TP-01	145,03	2 1/2
TP-02	299,96	3
TP-03	50,11	2 1/2
TP-04	50,11	2 1/2

**Tabla 4.19: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, Para Tanques de Diesel en la Estación Reductora**

TANQUE	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)	Diámetro Nominal (pulg.)
TQ-17	452,29	4
TQ-18	396,14	3
TQ-19	359,02	4
TQ-20	439,07	4
TQ-21	424,03	4
TQ-22	422,52	4

**Tabla 4.20: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, Para Tanques Slop en la Estación Reductora**

TANQUE	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)	Diámetro Nominal (pulg.)
TQ-24	74,67	2 1/2
TQ-25	74,67	2 1/2

**Tabla 4.21: Diámetro de Tubería Solución Agua-Espuma, para Tanques Jet Fuel en la Estación Reductora**

TANQUE	Caudal de la solución por cada cámara (gpm)	Diámetro Nominal (pulg.)
TQ-26	253,64	3
TQ-27	253,64	3
TQ-28	234,28	3
TQ-29	217,70	3

#### **Dimensionamiento de Tuberías en Tanques de Techo Flotante.**

Del mismo modo que en los tanques de techo fijo, para determinar los diámetros de tubería el primer paso es determinar el número mínimo de cámaras de espuma que deben ir alrededor de cada tanque.

La norma PE-SHI-019<sup>33</sup>, establece el número de cámaras de espuma se determinara en base al diámetro del tanque. Se instalara una cámara cada 12 metros (40 pies) como máximo, medidos a lo largo de la circunferencia del tanque.

Por lo tanto se calcula la circunferencia (perímetro) del tanque con la siguiente fórmula:

<sup>33</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 8.2.2.3 .Número de Cámaras de Espuma

$$P_{TF} = \pi D_{TF} \text{ (Ecuación 4.14)}$$

Donde:

$P_{TF}$  = Perímetro Tanque Tipo Flotante (m)

$D_{TF}$  = Diámetro exterior Tanque Tipo Flotante (m)

Para cada caso, las cantidades de cámaras de Solución Agua-Espuma serán:

**Tabla 4.22: Cantidad de Cámaras Agua-Espuma en los Tanques de Techo Flotante del Área de Despacho.**

TANQUE	Diámetro del tanque, (m)	Circunferencia del tanque, (m)	Separación de cámaras de espuma, (m)	Cámaras de espuma
TP-05	7,71	24,21	12	2
TP-06	7,71	24,21	12	2
TP-07	12,64	39,71	12	4
TP-08	12,64	39,71	12	4

**Tabla 4.23: Cantidad de Cámaras de Espuma en los Tanques de Techo Flotante de Gasolina en la Estación Reductora.**

TANQUE	Diámetro del tanque, d(m)	Circunferencia del tanque, (m)	Separación de cámaras de espuma, (m)	Cámaras de espuma
TP-09	33,47	105,14	12	9
TP-10	32,42	101,86	12	9
TP-11	29,34	92,18	12	8
TP-12	33,47	105,14	12	9
TP-13	15,93	50,03	12	4
TP-14	15,93	50,03	12	4
TP-15	31,61	99,31	12	8



Cada una de las líneas que alimentan las cámaras de espuma tendrá una tubería principal, el parámetro bajo el cual se determinará el diámetro de las tuberías de solución agua-espuma es el que se indicó en el numeral 4.6. Figura 4.6.

En las siguientes tablas se indica los diámetros nominales que conducen la solución agua-espuma para cada uno de los tanques.

La tubería seleccionada es ASTM-A106GrB, SCH40.

**Tabla 4.24: Diámetros de Tubería de las Líneas Principales de Solución de Agua-Espuma en los Tanques de Techo Flotante del Área de Despacho**

TANQUE	Caudal Agua-Espuma en cada Tanque (gpm)	Número de Cámaras	Caudal por Cámara	Diámetro nominal (pulg)
TP-05	36,54	2	18,27	2 1/2
TP-06	36,54	2	18,27	2 1/2
TP-07	61,56	4	15,39	2 1/2
TP-08	61,56	4	15,39	2 1/2

**Tabla 4.25: Diámetros de Tubería de las Líneas Principales de Solución de Espuma en los Tanques de Techo Flotante de Gasolina en la Estación Reductora**

TANQUE	Caudal Agua-Espuma en cada Tanque (gpm)	Número de Cámaras	Caudal por Cámara	Diámetro nominal (pulg)
TP-09	160,58	9	17,84	2 1/2
TP-10	145,95	9	16,22	2 1/2
TP-11	220,24	8	27,53	2 1/2
TP-12	160,58	9	17,84	2 1/2
TP-13	78,22	4	19,56	2 1/2
TP-14	78,22	4	19,56	2 1/2
TP-15	265,15	8	33,14	2 1/2

### 4.6.3 Dimensionamiento de Tuberías en Islas de Carga.

Para dimensionar las tuberías contra incendio en el área islas de carga, primero se tienen que calcular el número de rociadores, y el número de ramales para abastecer a los mismos.

La norma PE-SHI-019<sup>34</sup> establece: “El número de rociadores requeridos se determinara en base a un área máxima de cobertura por rociador de 100 pie<sup>2</sup> y una distancia máxima de 12 pie, entre rociadores”.

En la tabla 4.26 se puede apreciar las dimensiones y áreas de las islas de carga.

**Tabla 4.26: Dimensiones y Áreas de las Islas de Carga de Combustibles**

Zona	Dimensiones		Área (m <sup>2</sup> )	Área (pie <sup>2</sup> )
	Largo (m)	Ancho (m)		
1	22,54	14,4	324,58	3512,12
2	17,92	14,4	258,05	2792,24
3	17,92	14,4	258,05	2792,24
4	14,02	14,4	201,89	2184,56
5	9	14,4	129,60	1402,35

#### Número de rociadores a instalarse:

El cálculo esta en base al área de operación mencionada anteriormente y el área de cobertura de cada rociador, donde tenemos:

**Tabla 4.27: Número de Rociadores en Islas de Carga de Combustibles**

<sup>34</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 9.2.1.3 Requerimientos Generales.

Zona	Área (pie <sup>2</sup> )	Área Cobertura Rociador (pie <sup>2</sup> )	Número de Rociadores (Teórico)	Número de Rociadores (Real)
1	3512,12	100,00	35,12	35
2	2792,24	100,00	27,92	28
3	2792,24	100,00	27,92	28
4	2184,56	100,00	21,85	22
5	1402,35	100,00	14,02	14

### Número de rociadores por ramal:

El número de rociadores a lo largo de cada ramal se calcula dividiendo el largo de la zona de islas de carga para la distancia máxima entre rociadores, con una corrección del 15% por traslapes, donde tenemos:

Distancia Máxima por Norma = 12 pie

Traslape = 15%

Distancia Real entre Rociadores

$$d_R = 12 \text{ pie} - (12 \times 0,15) \text{ pie}$$

$$d_R = 10,2 \text{ pie}$$

**Tabla 4.28: Número de Rociadores por Ramal**

Zona	Dimensiones		Dimensiones		Distancia Entre Rociadores (pie)	Cantidad de Rociadores en cada Ramal
	Largo (m)	Ancho (m)	Largo (pie)	Ancho (pie)		
1	22,54	14,4	74,14	47,37	10,2	7
2	17,92	14,4	58,95	47,37	10,2	6
3	17,92	14,4	58,95	47,37	10,2	6
4	14,02	14,4	46,12	47,37	10,2	5
5	9	14,4	29,61	47,37	10,2	3

**Tabla 4.29: Número de Ramales en Cada Zona**

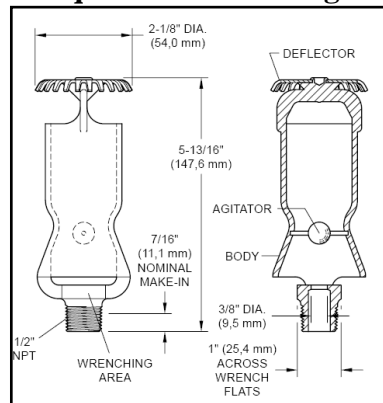
Zona	Dimensiones		Dimensiones		Distancia Entre Rociadores (pie)	Cantidad de Ramales en cada Zona
	Largo (m)	Ancho (m)	Largo (pie)	Ancho (pie)		
1	22,54	14,4	74,14	47,37	10,2	5
2	17,92	14,4	58,95	47,37	10,2	5
3	17,92	14,4	58,95	47,37	10,2	5
4	14,02	14,4	46,12	47,37	10,2	5
5	9	14,4	29,61	47,37	10,2	5

Se considera la mayor cantidad de rociadores obtenidos en el calculo para cada zona ya sea por areas o por longitudes.

### ➤ Selección de Rociadores en las Islas de Carga

El tipo de boquillas que se utilizarán es “Model B-1 - 3.0 K-factor Upright and Pendent Foam-Water Sprinklers,” del fabricante *Tyco, Fire & Building Products*. Los datos técnicos de estas boquillas se indican en el **ANEXO A-1**

**Fig.4.14: Esquema Rociador Agua-Espuma**



**Fuente:** Tyco, Fire & Building Products.

### Número Total de Rociadores en las Islas de Carga

#### Zona 1

$$N_T = 35$$

#### Caudal Requerido en Cada Rociador.

$$Q_1 = 559,03 \text{ gpm} \text{ (Calculado en el numeral 4.2.4)}$$

$$Q_{C/R} = \frac{559,03 \text{ gpm}}{35}$$

$$Q_{C/R} = 15,97 \text{ gpm}$$

### **Presión Requerida en Cada Rociador.**

La relación entre el caudal ( $Q$ ) que fluye a través de un rociador y la presión del fluido ( $P$ ) está expresada por la siguiente ecuación tomada de la hoja de datos del fabricante expuesta en el **ANEXO A-1**:

$$Q = k\sqrt{P} \text{ (Ecuación 4.13)}$$

Donde:  $k = 3 \frac{\text{gpm}}{\sqrt{\text{psi}}}$  Factor de la boquilla emitida por el fabricante

Despejando la Ecuación 4.13 se obtiene la ecuación para determinar la presión en cada rociador.

$$P_{C/R} = \left( \frac{Q_{C/R}}{k} \right)^2$$

$$P_{C/R} = \left( \frac{15,97 \text{ gpm}}{3 \frac{\text{gpm}}{\sqrt{\text{psi}}}} \right)^2$$

$$P_{C/R} = 28,33 \text{ psi}$$

### ➤ **Dimensionamiento de Tuberías Solución Agua-Espuma en las Islas de Carga.**

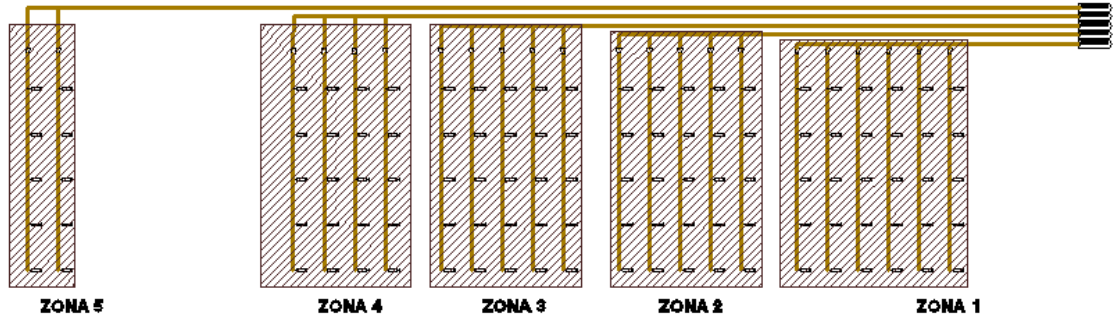
Para dimensionar las tuberías contra incendio en el área de las Islas de Carga, la norma PE-SHI-019<sup>35</sup> establece que el diámetro de la tubería se determina empleando la figura 4.6, la cual muestra los diámetros de tubería y velocidad de flujo para diferentes caudales de espuma.

---

<sup>35</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-019, Sección 7.2.2.2.5 Criterios de Diseño.

La tubería en las islas de carga está distribuida en líneas principales y líneas secundarias, ver Figura 4.15.

**Fig.4.15: Distribución Tuberías Islas de Carga**



**Cálculo Diámetro Tubería Principal.**

Para dimensionar la tubería en las islas de carga se determina el caudal de operación de cada zona utilizando la ecuación 4.10.

La tabla 4.30 muestra el caudal de operación en cada zona.

**Tabla 4.30: Caudal de Operación en Cada Zona**

Zona	Área (pie <sup>2</sup> )	Tasa de Aplicación (gpm/pie <sup>2</sup> )	Caudal (gpm)
1	3512,12	0,16	561,94
2	2792,24	0,16	446,76
3	2792,24	0,16	446,76
4	2184,56	0,16	349,53
5	1402,35	0,16	224,38

Para determinar el diámetro de la tubería principal se ingresa el caudal de diseño en la figura 4.6 y se obtiene el diámetro de la tubería.

El requerimiento de la tubería es ASTM A-106GrB, SCH 40

**Tabla 4.31: Diámetros Tuberías Principales Islas de Carga**

Zona	Caudal (gpm)	Diámetro Nominal (pulg.)
1	561,94	4
2	446,76	4
3	446,76	4
4	349,53	3
5	224,38	2 1/2

**Cálculo Diámetro Tubería Secundaria/Abastecimiento en Rociadores.**

Para dimensionar la tubería secundaria o de abastecimiento de rociadores en las islas de carga se deben considerar el caudal de cada zona y dividir para el número de ramales calculados anteriormente.

El caudal de operación total en cada zona se lo puede ver en la Tabla 4.30, se divide para el número de ramales en cada zona que se encuentra en la Tabla 4.29.

El caudal que circula por cada tubería secundaria se lo puede ver en la Tabla 4.32.

**Tabla 4.32: Caudal de Solución Agua-Espuma en Cada Tubería Secundaria**

Zona	Cantidad de Ramales en cada Zona	Caudal (gpm)	Caudal/Ramal
1	5	561,94	112,39
2	5	446,76	89,35
3	5	446,76	89,35
4	5	349,53	69,91
5	5	224,38	44,88

Para determinar el diámetro de la tubería secundaria se ingresa el caudal de diseño en la figura 4.6 y se obtiene el diámetro de la tubería.

El requerimiento de la tubería es ASTM A-106GrB, SCH 40

**Tabla 4.33: Diámetros Tuberías Secundarias**

Zona	Cantidad de Ramales en cada Zona	Caudal (gpm)	Caudal/Ramal	Diámetro (plg)
1	5	561,94	112,39	2 1/2
2	5	446,76	89,35	2 1/2
3	5	446,76	89,35	2 1/2
4	5	349,53	69,91	2 1/2
5	5	224,38	44,88	2 1/2

#### 4.6.4 Dimensionamiento de Tuberías en Parqueaderos.

Para dimensionar la tubería de la red principal de abastecimiento para los monitores se debe considerar la norma PESHI-018<sup>36</sup>, la cual indica:

“La velocidad del agua en las tuberías principales de la red de distribución, no será mayor de 10 pies/s. Las tuberías principales de la red no serán de diámetro inferior a 200 milímetros (8 pulgadas)”.

Para dimensionar la tubería contra incendio de abastecimiento para monitores en el area de parqueaderos, es necesario saber el caudal de consumo que debe circular por la tubería de abastecimiento, en el caso del área de parqueaderos, el caudal de consumo es 2500 gpm y se lo determino en el numeral 4.2.5. (Cfr. **Supra**)

Con el caudal de consumo máximo se determina el diámetro de la tubería principal de abastecimiento, empleando las ecuaciones 4.12.

**Caudal de Consumo:**

$$Q_{total} = 6379,24 \text{ gpm}$$

$$v = 10 \text{ pie / seg} \quad \text{Velocidad Recomendada.}$$

**Cálculo del Diámetro de la Línea de Abastecimiento.**

$$d_i = \sqrt{\frac{4Q_{total}}{v\pi}}$$

<sup>36</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 5.8, Red de Distribución.



$$d_i = \sqrt{\frac{4 \times 2500 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{231 \text{ pulg}^3}{\text{gal}}}{10 \frac{\text{pie}}{\text{seg}} \times \frac{12 \text{ pulg}}{\text{pie}} \times \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} \times 3,1416}}$$

$$d_i = 10,10 \text{ pulg}$$

$$d_i = 10,10 \text{ pulg} \approx 256,54 \text{ mm}$$

Dimensiones Tubería ASTM A106 GrB, SCH 40, 10 pulg.

$$d_{\text{nominal}} = 10 \text{ pulg}$$

$$d_{\text{interior}} = 254,46 \text{ mm}$$

En base al resultado del diámetro interior de la tubería se selecciona la:

**Tubería ASTM A106 GrB, SCH 40, 10 pulg.**

## 4.7 CÁLCULOS HIDRÁULICOS.

La norma PE-SHI-018<sup>37</sup>, establece: “El dimensionamiento de la red principal de tuberías será el resultado del cálculo hidráulico correspondiente, considerando como caudal de diseño el requerido en la sección, o bloque con mayor demanda de una instalación. En el cálculo hidráulico, normalmente se utiliza una combinación de los métodos de Hardy Cross y Hazen-Williams”.

### 4.7.1 Diseño Hidráulico de la Red en el Cuarto de Bombas de Producto (Área 1).

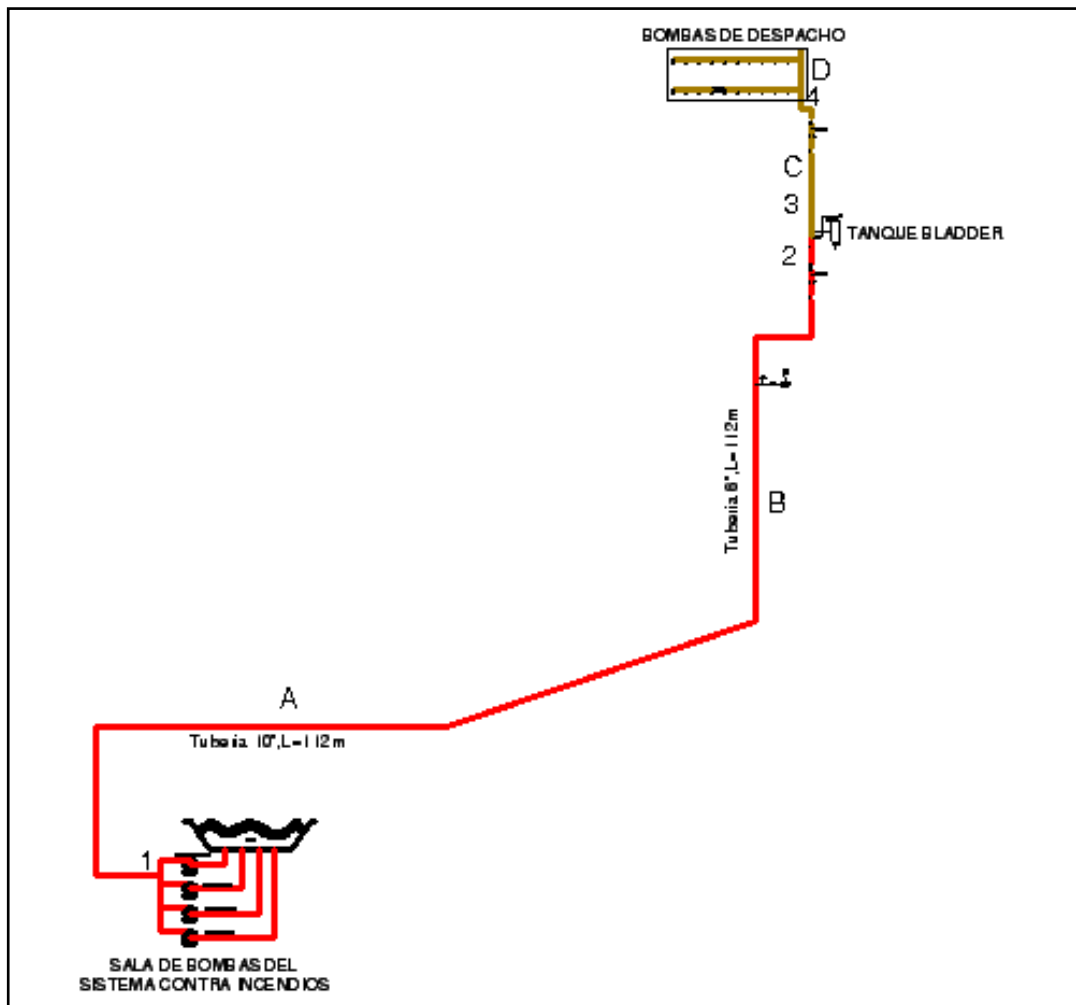
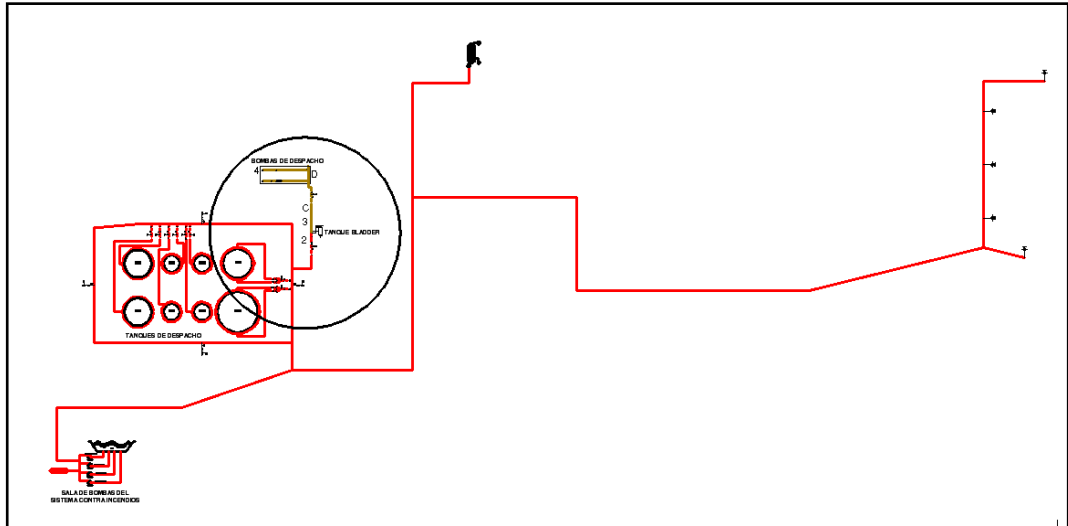
El objetivo de realizar los cálculos hidráulicos es determinar la presión que se tendría en los componentes principales (rociadores) por donde se descargará la solución de agua-espuma y dimensionar la capacidad de operación del proporcionador de solución de agua-espuma.

---

<sup>37</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 5.8. Red de Distribución

Para esto se debe realizar un esquema de cómo va a ser la distribución de la tubería en el Cuarto de Bombas de producto, con los diámetros y cantidades de rociadores como se ve en la figura 4.16.

**Fig.4.16: Distribución Tuberías Cuarto de Bombas de producto**

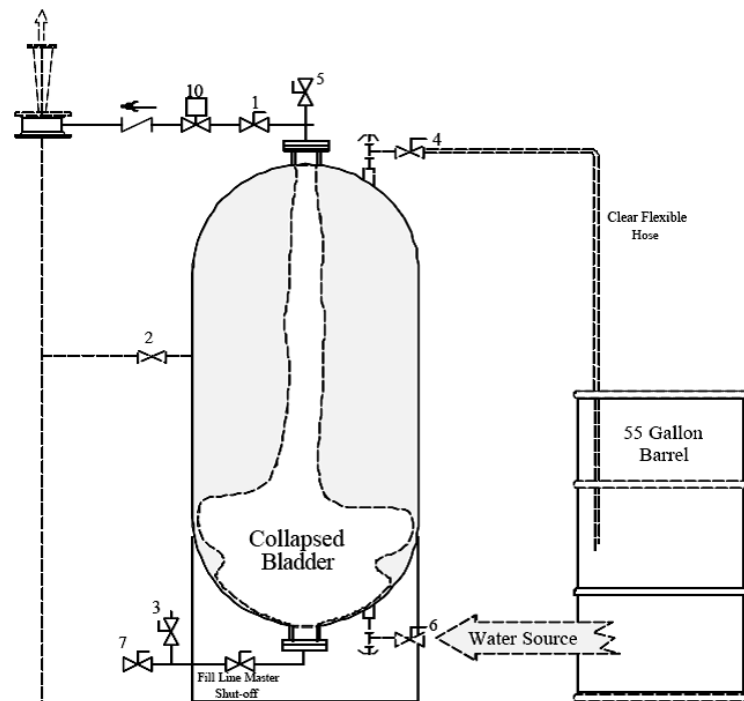


Del plano P&ID (ANEXO D-3) se determina la longitud de la tubería más remota, para luego determinar las longitudes equivalentes de los accesorios y sumar estos resultados para obtener la longitud de tubería total y determinar las pérdidas por fricción en la tubería.

Como se puede observar en la figura 4.16 el sistema seleccionado para proporcionar la solución de agua-espuma es el Tanque Bladder. Este método de dosificación utiliza la presión del agua como energía impulsora para desplazar el concentrado que se encuentra en un tanque provisto de un diafragma flexible que separa el agua del concentrado.

Este método de dosificación puede ajustarse a un amplio rango de caudales y presiones en la línea de alimentación de agua y no requiere otra fuente de energía que la propia presión de la red de agua.

**Fig.4.17: Esquema de Funcionamiento Tanque Bladder**



Para determinar la presión en el rociador de solución de agua-espuma más lejano se tiene que realizar el cálculo hidráulico desde la sala de bombas de agua del sistema contra incendios hasta el controlador de flujo del tanque bladder, y desde el

controlador hacia el rociador más lejano, para comprobar que la presión satisfaga el perfecto funcionamiento del mismo.

A continuación se presenta el desarrollo del cálculo hidráulico del sistema de distribución de agua, empleando las ecuaciones mencionadas en el capítulo II.

Cabe recalcar que para el cálculo hidráulico del área de Bombas de Producto, primero se tiene que dimensionar las bombas principales del sistema contra incendios, las mismas que se determina en función del área de mayor consumo que en este caso es el área de la Estación Reductora específicamente cuando se incendia el Tanque TP-17. Este sistema de bombeo debe abastecer para la extinción del incendio de mayor demanda como para incendios menores. Las bombas seleccionadas se presenta en el numeral 4.8.2 (**Cfr. Infra**) y son necesarias para este cálculo hidráulico.

El abastecimiento del fluido para áreas que se encuentran próximas se realiza mediante la utilización de una misma tubería principal dimensionada en función del área de mayor consumo implicada, está a su vez variara su diámetro según el requerimiento de caudal.

Sera necesario que los siguientes datos se encuentren especificados.

**Fluido Para Extinción:**

Solución Agua-Espuma

3% AFFF (**ANEXO A-3**)

97% Agua

En la solución de agua-espuma el porcentaje de agua es mayor, por esta razón se realiza los cálculos con las propiedades del agua.

Temperatura

77°F (25°C)

Peso Específico

$$\gamma = 9,81 \frac{kN}{m^3} \left( \gamma = 62,2 \frac{lb_f}{pie^3} \right)$$

Densidad

$$\rho = 997 \frac{kg}{m^3} \left( \rho = 62,3 \frac{lb}{pie^3} \right)$$

**Viscosidad Cinemática.**

$$\nu = 8,94 \times 10^{-7} \frac{m^2}{seg} \left( \nu = 9,15 \times 10^{-6} \frac{pie^2}{seg} \right)$$

**Viscosidad Dinámica.**

$$\eta = 8,91 \times 10^{-4} Pa.seg \left( \eta = 1,77 \times 10^{-5} \frac{lb.seg}{pie^2} \right)$$

**Tubería:**

Material: ASTM A106 GrB, SCH 40

**Cantidad de Fluido para Extinción.**

$$Q_1 = 242,66 \text{ gpm} \text{ (Calculado en el numeral 4.2.1)}$$

**Análisis de la Línea A (10 pulg)**

$$Q_A = 242,66 \text{ gpm} \text{ (Caudal que circula por la línea A)}$$

$$di_A = 0,25m \text{ (Diámetro Interior de la Línea A)}$$

$$A_A = \frac{\pi \times di_A^2}{4} \text{ (Área de la Línea A)}$$

$$A_A = 0,049m^2$$

$$v_A = \frac{Q_A}{A_A} \text{ (Velocidad del fluido en la línea A)}$$

$$v_A = 0,31 \frac{m}{seg}$$

$$L_A = 133,91m \text{ (Longitud de la línea A)}$$

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \text{ (Ecuación 2.22) Capítulo II}$$

$$Re_A = \frac{\rho v_A di_A}{\mu}$$

$$Re_A = 8,722 \times 10^4$$

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} m \text{ (Rugosidad del Material)}$$

$$f_A = \frac{0,25}{\log_{10} \left[ \frac{1}{3,7 \left( \frac{di_A}{\varepsilon} \right) + \left( \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right)} \right]^2} \text{ (Factor de Fricción para flujo Turbulento)}$$

$$f_A = 0,019$$

### **Perdidas en la Línea A (10 pulg)**

$$h_A = f_A \times \left( \frac{L_A}{di_A} \right) \times \frac{v_A^2}{2g} \text{ (Ecuación de Darcy Weisbach)}$$

$$h_A = 0,051m$$

### **Perdidas en los Accesorios.**

Para determinar las pérdidas en los accesorios se procede a encontrar el factor de fricción en la tabla 4.34

**Tabla 4.34: Factores de Fricción para Flujo Turbulento**

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

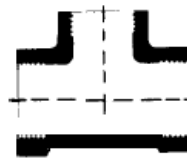
**Fuente:** Crane; Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.

$$f_{t_A} = 0,014m \text{ (Factor de Fricción para Flujo Turbulento, Tubería } \varnothing 10 \text{ pulg.)}$$

**Accesorio “T” (10 pulg)**

$$N_{t_A} = 1 \text{ (Cantidad de "T")}$$

**Fig.4.18: Conexiones Estándar en “T”**



Flujo directo . . . . .  $K = 20 f_T$

Flujo desviado a  $90^\circ$  . . . . .  $K = 60 f_T$

**Fuente:** Crane; Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.

$$K_{t_A} = 60 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para "T")}$$

$$h_{t_A} = f_{t_A} \times K_{t_A} \times N_{t_A} \times \frac{v_A^2}{2g} \text{ (Ecuación 2.23)}$$

$$h_{t_A} = 4,166 \times 10^{-3} m \text{ (Perdida de energía para "T")}$$

**Codos  $45^\circ$  (10 pulg)**

$$N_{c_A} = 1 \text{ (Cantidad de codos a } 45^\circ)$$

**Fig.4.19: Conexiones Estándar Codos 45°**



**Fuente:** Crane; Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.

$$K_{t_A} = 16 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para Codos de } 45^\circ)$$

$$hc_A = f_{t_A} \times K_{c_A} \times N_{c_A} \times \frac{v_A^2}{2g} \text{ (Ecuación 2.24)}$$

$$hc_A = 1,11 \times 10^{-3} m \text{ (Perdida de energía en Codos de } 45^\circ)$$

**Codos 90° (10 pulg)**

$$N_{c_A} = 2 \text{ (Cantidad de "T")}$$

**Fig.4.20: Conexiones Estándar Codos 90°**



$r/d$	$K$	$r/d$	$K$
1	$20 f_T$	8	$24 f_T$
1.5	$14 f_T$	10	$30 f_T$
2	$12 f_T$	12	$34 f_T$
3	$12 f_T$	14	$38 f_T$
4	$14 f_T$	16	$42 f_T$
6	$17 f_T$	20	$50 f_T$

**Fuente:** Crane; Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.

$$K_{c_A} = 20 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para Codos de } 90^\circ)$$

$$hc_A = f_{t_A} \times K_{c_A} \times N_{c_A} \times \frac{v_A^2}{2g} \text{ (Ecuación 2.25)}$$

$$hc_A = 2,78 \times 10^{-3} m \text{ (Perdida de energía en Codos de } 90^\circ)$$



### **Pérdida total por fricción y accesorios en la línea A**

$$hT_A = h_A + hc_{A(45^\circ)} + hc_{A(90^\circ)} + ht_A$$

$$hT_A = 0,061m$$

### **Análisis de la línea B (6 pulg)**

$$Q_B = 242,66gpm \text{ (Caudal que circula por la línea B)}$$

$$di_B = 0,15m \text{ (Diámetro Interior de la Línea B)}$$

$$A_B = \frac{\pi \times di_B^2}{4} \text{ (Área de la Línea B)}$$

$$A_B = 0,019m^2$$

$$v_B = \frac{Q_B}{A_B} \text{ (Velocidad del fluido en la línea A)}$$

$$v_B = 0,82 \frac{m}{seg}$$

$$L_B = 87,81m \text{ (Longitud de la línea A)}$$

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \text{ (Ecuación 2.26) Capítulo II}$$

$$Re_B = \frac{\rho v_B di_B}{\mu}$$

$$Re_B = 1,42 \times 10^5$$

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} m \text{ (Rugosidad del Material)}$$

$$f_B = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{di_B}{\varepsilon} \right) + \left( \frac{5,74}{Re_B^{0,9}} \right)} \right) \right]^2} \text{ (Factor de Fricción para flujo Turbulento)}$$

$$f_B = 0,019$$

### Perdidas en la línea B (6 pulg)

$$h_B = f_B \times \left( \frac{L_B}{di_B} \right) \times \frac{v_B^2}{2g}$$

$$h_B = 0,36m$$

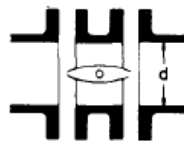
### Perdidas en los accesorios

$$ft_B = 0,015m \text{ (Factor de Fricción para Flujo Turbulento, Tubería } \varnothing 6 \text{ pulg.)}$$

### Válvula de Mariposa (6 pulg.)

$$Nvm_B = 1 \text{ (Cantidad de Válvulas de Mariposa)}$$

**Fig.4.21: Coeficiente de Resistencia para Válvulas de Mariposa**



Diámetro	50 mm (2") a 200 mm (8")	...	$K = 45 f_T$
Diámetro	250 mm (10") a 350 mm (14")	...	$K = 35 f_T$
Diámetro	400 mm (16") a 600 mm (24")	...	$K = 25 f_T$

**Fuente:** Crane; Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.

$$Kvm_B = 45 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para válvulas de Mariposa)}$$

$$hvm_B = ft_B \times Kvm_B \times Nvm_B \times \frac{v_B^2}{2g}$$

$$hvm_B = 0,023m$$

### Válvula de Diluvio (6 pulg.)

$$Nvd_B = 1 \text{ (Cantidad de Válvulas de Diluvio)}$$

$$Kvd_B = 66 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para válvulas de Diluvio)}$$

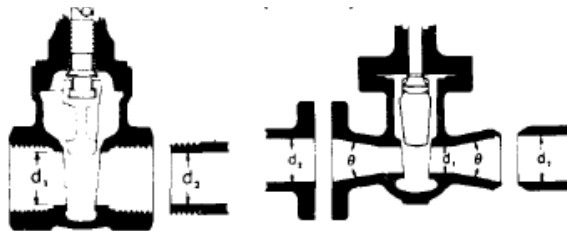
$$hvd_B = ft_B \times Kvd_B \times Nvd_B \times \frac{v_B^2}{2g}$$

$$hvd_B = 0,034m$$

### Válvula de Compuerta (6 pulg.)

$$Nvc_B = 1 \text{ (Cantidad de Válvulas de Compuerta)}$$

**Fig.4.22: Coeficiente de Resistencia para Válvulas de Compuerta**



$$\text{Si: } \beta = 1, \theta = 0 \dots \dots \dots K_1 = 8 f_T$$

$$\beta < 1 \text{ y } \theta < 45^\circ \dots \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 5}$$

$$\beta < 1 \text{ y } 45^\circ < \theta < 180^\circ \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 6}$$

**Fuente:** Crane; Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.

$$Kvc_B = 8 \text{ (Coeficiente de resistencia para válvulas de Compuerta)}$$

$$hvc_B = ft_B \times Kvc_B \times Nvc_B \times \frac{v_B^2}{2g}$$

$$hvd_B = 5,96 \times 10^{-4} m$$

### **Accesorio "T" (6 pulg)**

$$Nt_B = 2 \text{ (Cantidad de "T")}$$

$$Kt_B = 60 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para "T")}$$

$$ht_B = ft_B \times Kt_B \times Nt_B \times \frac{v_B^2}{2g}$$

$$ht_B = 0,062m \text{ (Perdida de energía para "T")}$$

### **Codos 90° (6 pulg)**

$$Nc_B = 1 \text{ (Cantidad de Codos 90° )}$$

$$Kc_B = 20 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para Codos de 90°)}$$

$$hc_B = ft_B \times Kc_B \times Nc_B \times \frac{v_A^2}{2g}$$

$$hc_B = 0,01m \text{ (Perdida de energía en Codos de 90°)}$$

### **Pérdida total por fricción y accesorios en la línea B.**

$$hT_B = h_B + hvm_B + hvd_B + hvc_B + hc_{B(90^\circ)} + ht_B$$

$$hT_B = 0,49m$$

### **Análisis de la línea C (2½pulg.)**

$$Q_C = 242,66gpm \text{ (Caudal que circula por la línea C)}$$

$$di_C = 0,063m \text{ (Diámetro Interior de la Línea C)}$$

$$A_C = \frac{\pi \times di_C^2}{4} \text{ (Área de la Línea C)}$$

$$A_c = 3,09 \times 10^{-3} m^2$$

$$v_c = \frac{Q_c}{A_c} \text{ (Velocidad del fluido en la línea C)}$$

$$v_c = 4,96 \frac{m}{seg}$$

$$L_c = 30,8m \text{ (Longitud de la línea C)}$$

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \text{ (Ecuación 2.27) Capítulo II}$$

$$Re_c = \frac{\rho v_c d_{i_c}}{\mu}$$

$$Re_c = 3,479 \times 10^5$$

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} m \text{ (Rugosidad del Material)}$$

$$f_c = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{d_{i_c}}{\varepsilon} \right) + \left( \frac{5,74}{Re_c^{0,9}} \right)} \right) \right]^2} \text{ (Factor de Fricción para flujo Turbulento)}$$

$$f_c = 0,019$$

### Perdidas en la línea C (2½pulg.)

$$h_c = f_c \times \left( \frac{L_c}{d_{i_c}} \right) \times \frac{v_c^2}{2g}$$

$$h_c = 11,97m$$

### Perdidas en los accesorios

$$ft_c = 0,018m \text{ (Factor de Fricción para Flujo Turbulento, Tubería Ø2-1/2 pulg.)}$$

### **Válvula de Mariposa (2½pulg.)**

$$Nvm_c = 1 \text{ (Cantidad de Válvulas de Mariposa)}$$

$$Kvm_c = 45 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para válvulas de Mariposa)}$$

$$hvm_c = ft_c \times Kvm_c \times Nvm_c \times \frac{v_c^2}{2g}$$

$$hvm_c = 1,017m$$

### **Válvula de Diluvio (2½pulg.)**

$$Nvd_c = 1 \text{ (Cantidad de Válvulas de Diluvio)}$$

$$Kvd_c = 66 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para válvulas de Diluvio)}$$

$$hvd_c = ft_c \times Kvd_c \times Nvd_c \times \frac{v_c^2}{2g}$$

$$hvd_c = 1,49m$$

### **Válvula de Compuerta (2½pulg.)**

$$Nvc_c = 1 \text{ (Cantidad de Válvulas de Compuerta)}$$

$$Kvc_c = 8 \text{ (Coeficiente de resistencia para válvulas de Compuerta)}$$

$$hvc_c = ft_c \times Kvc_c \times Nvc_c \times \frac{v_c^2}{2g}$$

$$hvc_c = 5,96 \times 10^{-4} m$$

### **Accesorio "T" (2½pulg.)**

$$Nt_B = 1 \text{ (Cantidad de "T")}$$

$$Kt_B = 60 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para "T")}$$

$$ht_c = ft_c \times Kt_c \times Nt_c \times \frac{v_c^2}{2g}$$

$$ht_B = 1,36m \text{ (Perdida de energía para "T")}$$

### **Codos 90° (2½pulg.)**

$$Nc_c = 2 \text{ (Cantidad de Codos)}$$

$$Kc_c = 20 \text{ (Coeficiente de Resistencia Para Codos de 90°)}$$

$$hc_c = ft_c \times Kc_c \times Nc_c \times \frac{v_c^2}{2g}$$

$$hc_c = 0,904m \text{ (Perdida de energía en Codos de 90°)}$$

### **Pérdida total por fricción y accesorios en la línea C**

$$hT_c = h_c + hvm_c + hvd_c + hvc_c + hc_{c(90^\circ)} + ht_c$$

$$hT_c = 5,13m$$

### **Balance de Energía entre el Punto 1 y el Punto 4**

$$P_1 = 138 \text{ psi (Presión a la salida de la bomba)}$$

$$P_{prop.} = 132 \text{ psi (Presión a la salida del proporcionador, perdida de 6psi por efecto del ratio controller<sup>38</sup>)}$$

$$p_{prop.} = \frac{P_{prop.}}{\gamma}$$

$$p_{prop.} = 92,96m \text{ (Cabeza de Presión en el Proporcionador)}$$

$$hT = hT_A + hT_B + hT_C \text{ (Pérdida Total en las Tuberías A, B, C)}$$

---

<sup>38</sup> El controlador de flujo de proporción es un dispositivo diseñado para medir la cantidad correcta de concentrado de espuma en la corriente de agua sobre una gran variedad de flujos y presiones con pérdida mínima de presión.

$$hT = 5,68m$$

$$z_1 = 0m \text{ (Cabeza de elevación en el punto 1)}$$

$$z_4 = 3m \text{ (Cabeza de elevación en el punto 4)}$$

$$p_4 = p_{prop.} + z_1 + \frac{v_A^2}{2g} - hT - z_4 - \frac{v_C^2}{2g} \text{ (Ecuación de balance de energía entre el punto 1 y el punto 4)}$$

$$p_4 = 83,02m \text{ (Cabeza de presión en el punto 4)}$$

$$P_4 = p_4 \times \gamma$$

$$P_4 = 117,89 \text{ (Presión en el punto 4)}$$

El cálculo realizado es un ejemplo de aplicación del cálculo manual de un sistema hidráulico el cual se continúa realizando mediante el uso del software PIPE FLOW EXPERT debido a la complejidad de otros ramales o determinadas redes en paralelo que solo pueden resolverse con software específico.

#### **4.8 SIMULACIÓN HIDRÁULICA Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO.**

Los cálculos hidráulicos se realizaron con ayuda del software PIPE FLOW EXPERT, con los diámetros de tubería calculados y los equipos de supresión ya determinados, se realiza una simulación del comportamiento hidráulico del sistema en cada una de las áreas explicadas anteriormente.

Este programa permite calcular complejas redes de distribución, desde un punto de vista hidráulico y de calidad, ofreciendo una rápida capacidad de reacción así como una previsión del comportamiento del sistema de ayuda en la toma de decisiones.



Una red puede estar constituida por tuberías, nodos, bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento. PIPE FLOW EXPERT efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nodos y los niveles en los depósitos.

#### **4.8.1 Simulación Hidráulica y Dimensionamiento del Equipo de Bombeo en el Cuarto de Bombas de Producto (Área 1).**

A partir de los datos que caracterizan la red presente en el plano P&ID (ANEXO D-3), se puede crear los datos de entrada para que PIPE FLOW EXPERT, calcule la red.

Para tener una visión clara del Software PIPE FLOW EXPERT, ver el manual de usuario en el (ANEXO C).

#### **Procedimiento para realizar la simulación hidráulica en Cuarto de Bombas de Producto.**

Para realizar la simulación de la red de extinción de las tuberías de solución agua-espuma en el cuarto de bombas de producto es necesario, ingresar los datos del fluido que va recorrer por la tubería en este caso solución agua-espuma, después se selecciona el material de la tubería de una base de datos del software, al final se procede a dibujar esquemáticamente el recorrido de la tubería con todos los accesorios para determinar las pérdidas de presión y dimensionar el proporcionador de espuma.

Será necesario que los siguientes datos se encuentren especificados:

#### **Fluido Para Extinción:**

Solución Agua-Espuma

3% AFFF (ANEXO A-3)

97% Agua

En la solución de agua-espuma el porcentaje de agua es mayor, por esta razón se realiza los cálculos con las propiedades del agua.

#### **Peso Específico**

$$\gamma = 9,81 \frac{kN}{m^3} \quad \left( \gamma = 62,2 \frac{lb_f}{pie^3} \right)$$

### **Densidad**

$$\rho = 997 \frac{kg}{m^3} \quad \left( \rho = 62,3 \frac{lb}{pie^3} \right)$$

### **Viscosidad Cinemática**

$$\nu = 8,94 \times 10^{-7} \frac{m^2}{seg} \quad \left( \nu = 9,15 \times 10^{-6} \frac{pie^2}{seg} \right)$$

### **Viscosidad Dinámica**

$$\eta = 8,91 \times 10^{-4} Pa.seg \quad \left( \eta = 1,77 \times 10^{-5} \frac{lb.seg}{pie^2} \right)$$

### **Tubería:**

Material: ASTM A106 GrB, SCH 40

### **Cantidad de Fluido Para Extinción**

$$Q_1 = 242,66 \text{ gpm} \quad (\text{Calculado en el numeral 4.2.1})$$

### **Presión Mínima y Máxima en Cada Rociador**

#### **Presión Mínima**

$$P=20,25 \text{ psi} \quad (\text{Calculado en el numeral 4.6.1, Presión Requerida en cada Rociador})$$

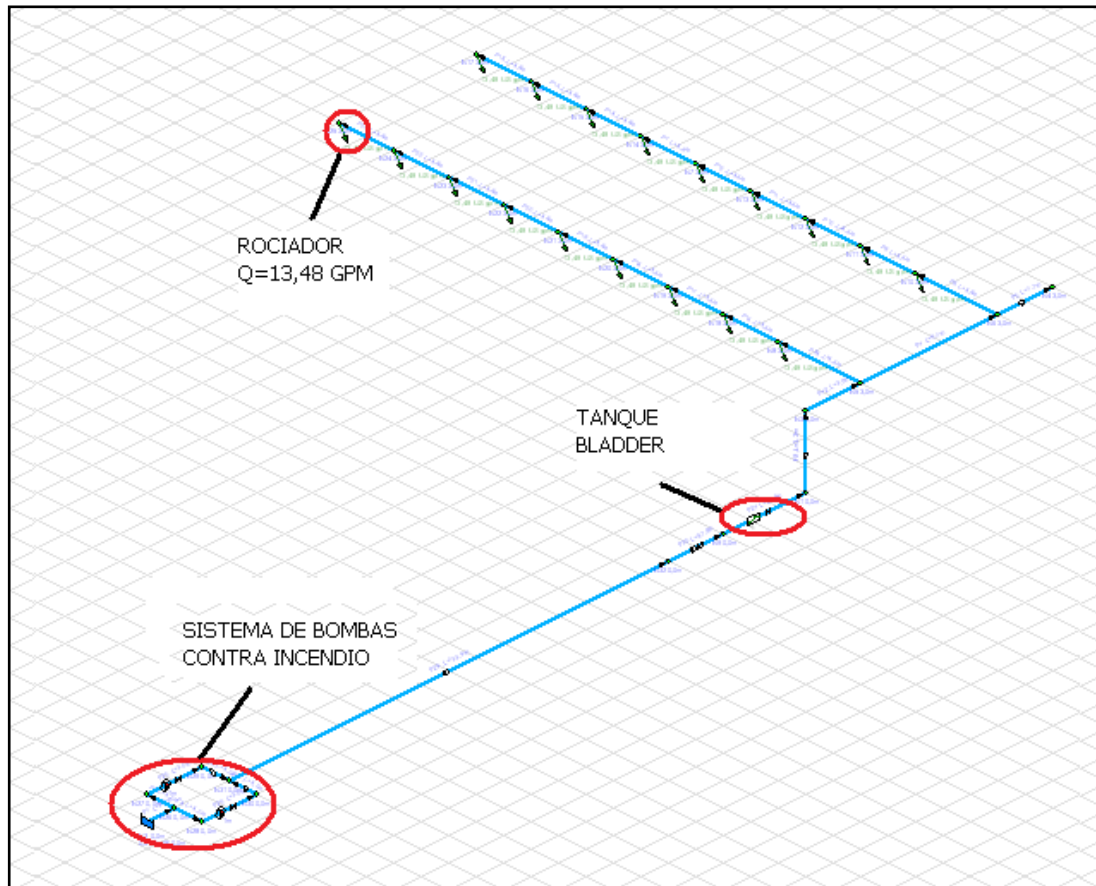
#### **Presión Máxima**

Datos fabricante (ANEXO A-1)

$$P=175 \text{ psi}$$

Introduciendo los datos antes mencionados y graficando el esquema en el entorno PIPE FLOW EXPERT, se puede apreciar la figura Fig. 4.23.

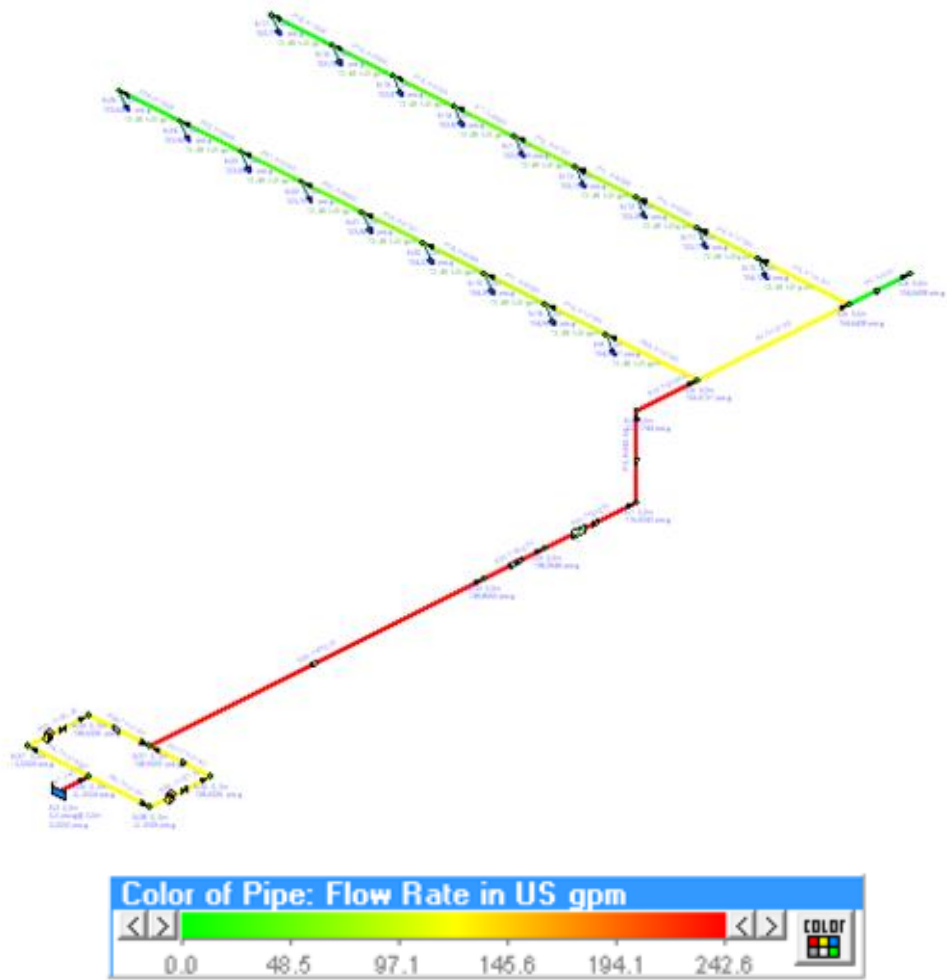
**Fig.4.23: Cuarto Bombas de Producto Entorno Pipe Flow Expert**



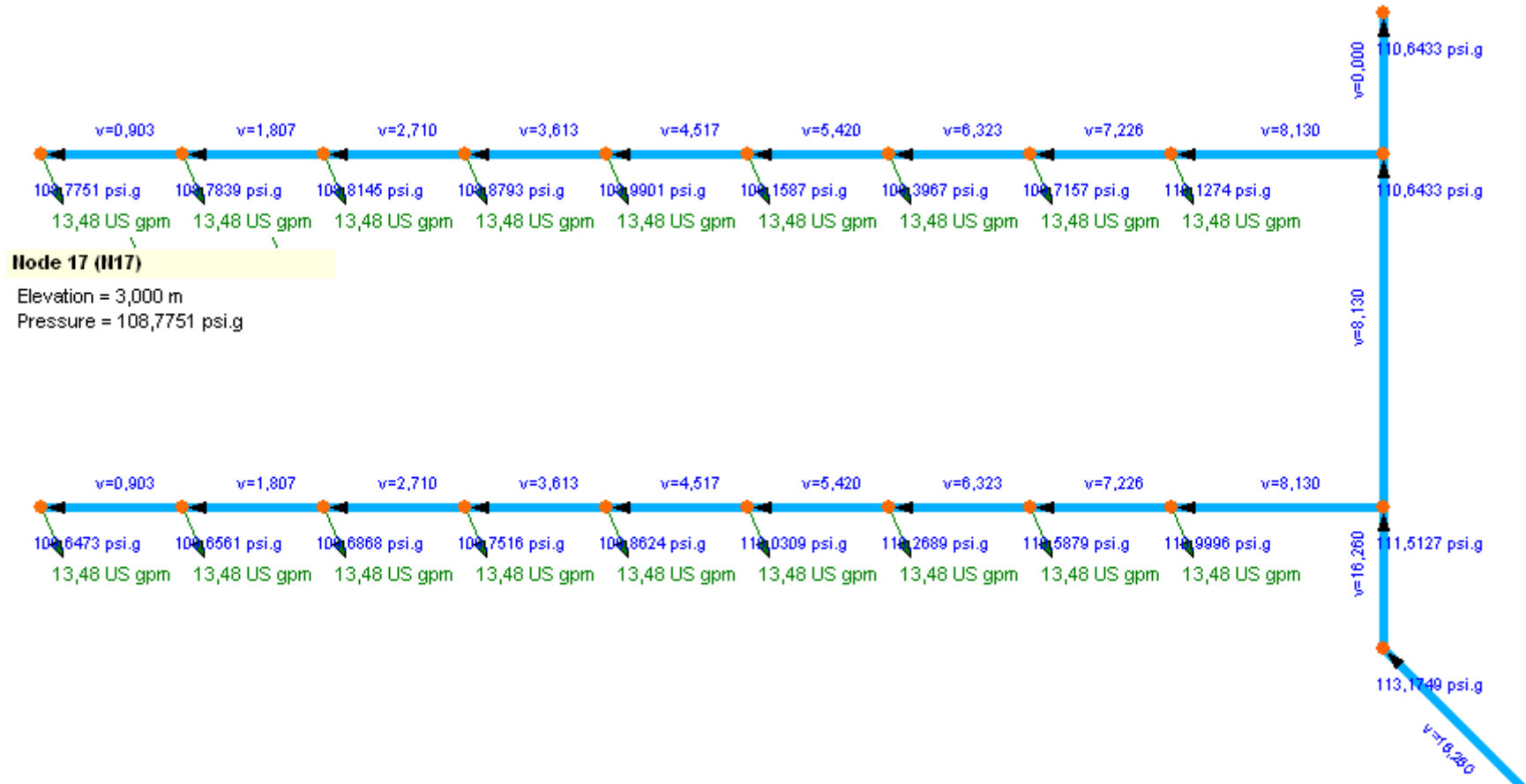
Simulando el programa se pueden visualizar los resultados. El caudal requerido en cada rociador, la presión de operación y la velocidad del fluido, con estos resultados se realiza un análisis comparativo con los cálculos hidráulicos (calculados en el numeral 4.7.1).

Estos resultados se encuentran representadas en las figuras (4.24) (4.25) (4.26) (4.27), respectivamente.

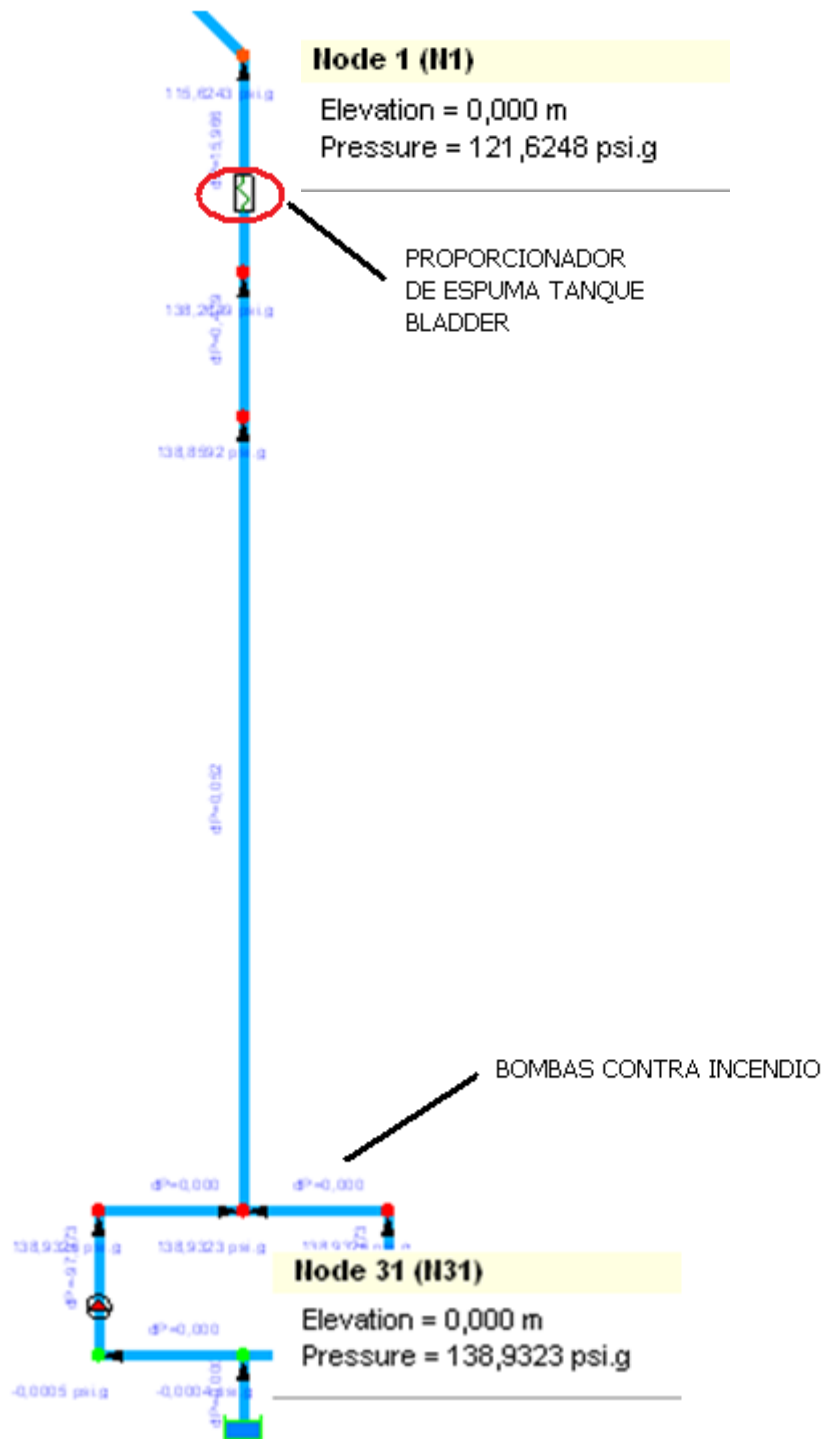
**Fig.4.24: Distribución Caudal**



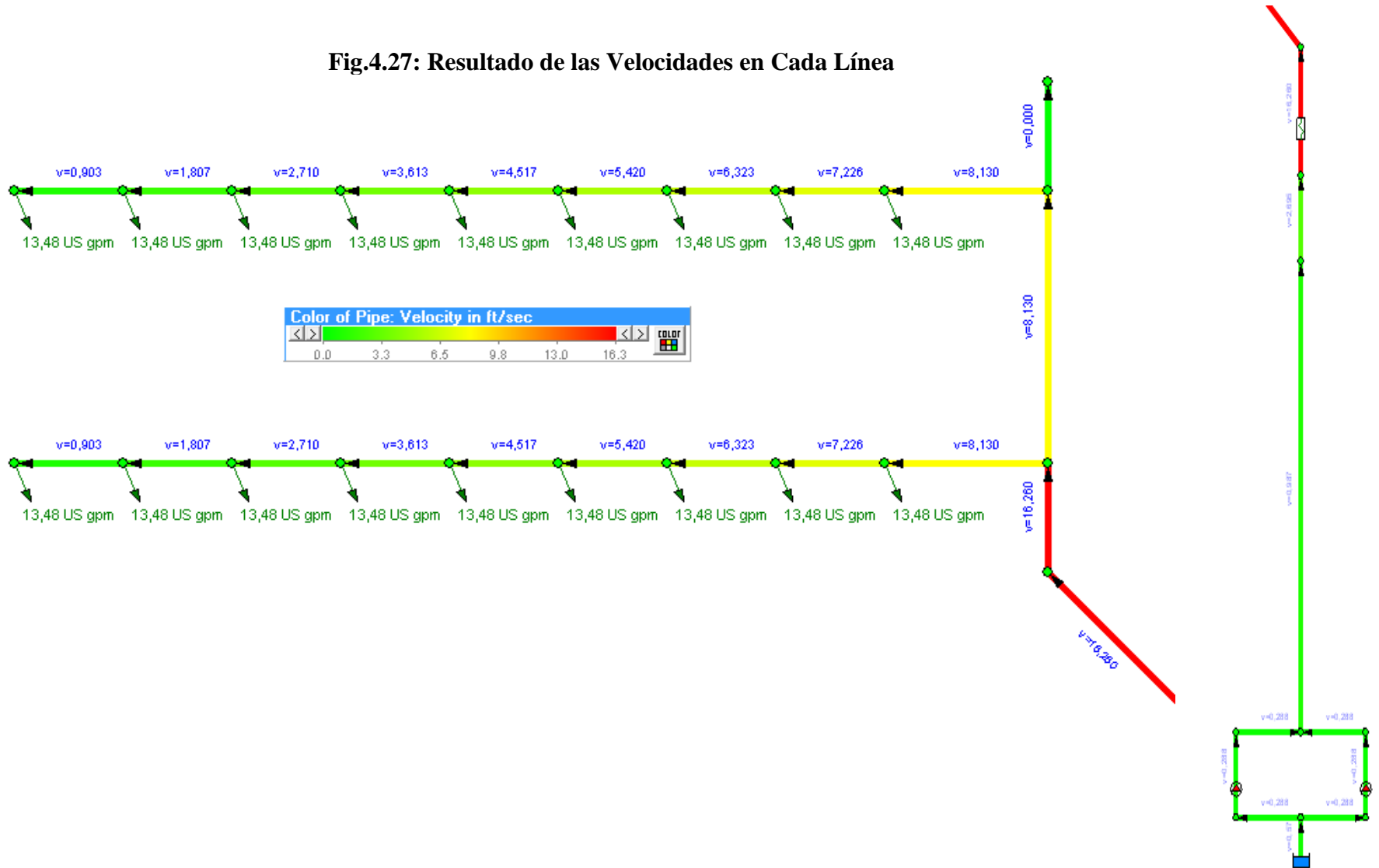
**Fig.4.25: Presión Rociador más lejano**



**Fig.4.26: Presión Inicial Proporcionador**



**Fig.4.27: Resultado de las Velocidades en Cada Línea**



Los resultados del caudal realizados en el software se pueden apreciar en la figura 4.24, el valor del caudal para cada rociador es 13,48 gpm, y el caudal para extinguir toda el área del cuarto de bombas de producto es 242,66 gpm. Analizando los valores del caudal de los resultados del software se puede apreciar que los valores coinciden con los cálculos del caudal para cada rociador (calculado en el numeral 4.6.1).

Realizando un análisis de los resultados de las presiones en la figura 4.25 y 4.26 se puede apreciar que la presión al inicio de los ramales para la distribución de los rociadores es 113,17 psi y la presión a la salida de la bomba es 138,93 psi. Comparando los resultados del software y los cálculos realizados manualmente (calculados en el numeral 4.7.1), se puede apreciar que en el cálculo manual la presión al inicio de los ramales para la distribución en el punto 4, es 117,89 psi, y la presión a la salida de la bomba es 138 psi.

La diferencia del resultado manual con el software es de 4 psi, por lo cual es recomendable utilizar los resultados del software para el dimensionamiento de los equipos ya que el cálculo manual es tedioso y conlleva a errores. Los valores de la presión emitidos por el software para cada rociador se le pueden considerar aceptables ya que los rangos del funcionamiento de cada rociador son:

### **Presión Mínima y Máxima en Cada Rociador**

#### **Presión Mínima**

$P=20,25$  psi (Calculado en el numeral 4.6.1, Presión Requerida en cada Rociador)

#### **Presión Máxima**

Datos fabricante (ANEXO A-1)

$P=175$  psi



➤ **Dimensionamiento Proporcionador Espuma (Tanque Bladder).**

Después de analizar el sistema de agua espuma en el cuarto de bombas de producto se determina la capacidad del proporcionador con los resultados obtenidos por la simulación en el software PIPE FLOW EXPERT.

Se elabora una hoja con las principales características del proporcionador de espuma para facilitar su adquisición (Tabla 4.35).

La explicación del funcionamiento del tanque bladder se encuentra en el Capítulo I, numeral 1.10.2 Sistemas de extinción de Espuma. En el (ANEXO A-4) se puede ver las características de montaje del proporcionador de espuma.

**Tabla 4.35: Hoja Técnica de Datos Proporcionador de Espuma**

HOJA TECNICA -Skid de Proporciónamiento de Espuma de Tanque Bladder Horizontal				
Proyecto:	Sistema Contra Incendios Terminal Pascuales			Pág.: 1 de 1
	Descripción	Revisión	Tanque de Bladder Horizontal	Rev.:
			Contrato:	Fecha:
			Req:	P.O.:
			Por:	Revisado
Datos Generales	1	Número de Equipo	TK-XX	
	2	Servicio	Almacenamiento de concentrado de espuma	
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
Datos Proceso	9	Ubicación	Junto a la zona de tanques de despacho, proporcionará espuma para los tanques de despacho y la sala de bombas de despacho.	
	10			
	11			
Datos del Tanque	12	Material de Origen	Acero al carbono	
	13	Especificaciones	ASME Sección VIII	
	14	Válvula de drenaje	Válvulas de bola con mango de bloqueo	
	15	Válvula de concentrado	Automático	
	16	Tuberías	Acero al carbono SCH 40 r	
	17	Otras válvulas	Válvulas de bola con mango de bloqueo	
	18	Acabado exterior	Alto terminado Epóxico	
	19	Soportes	2 bases soldadas al tanque	
	20	Etiquetas	Operación , Precauciones	
	21	Switch de nivel	Nivel Bajo	
	22	Tipo de Almacenamiento	Espuma AFFF	
	23	Tapa de inspección	Superior	
	Propiedades	24	Presión de Trabajo	175 p.s.i.
25		Resistencia a la tracción	70.000 p.s.i.	
26		Capacidad	850 Gal	
27		Radio Control	20 - 2500 GPM con EspumaAFFF	
28		Material del Radio Control	Fundición de Bronce	
29		Vejiga (Bladder)	Polímero de base vinílico.	
30		Resist. a la Tracción (vejiga)	3000 p.s.i. mínimo	
31		Válvula de alivio	Aprobado ASME	
32		Listado	UL y FM	
33		Resistencia al desgaste	ASTM D624 no menor a 420 psi.	
34		Visor	Incluye para nivel de espuma.	
35		Resistencia Tensil	Bajo ASTM D412 no menor a 300 psi.	
36		Conexión	Brida de 6"	
37				
Notas:				

#### 4.8.2 Simulación Hidráulica en Tuberías de Enfriamiento y Dimensionamiento del Equipo de Bombeo en Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora (Área 2).

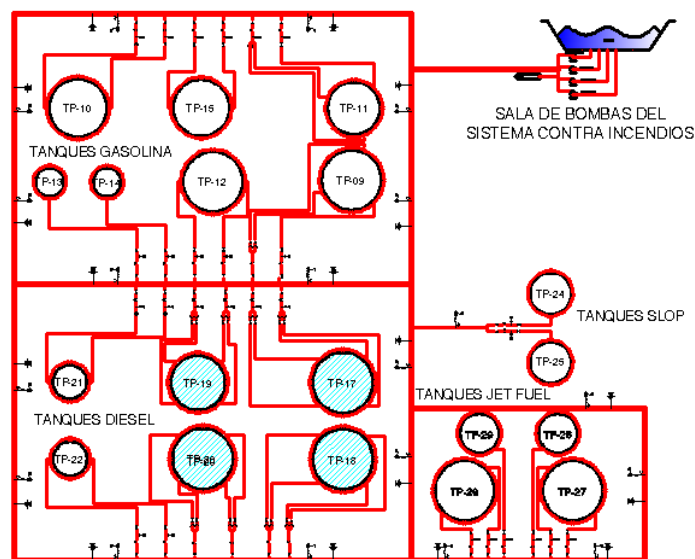
Una vez determinada la zona crítica: Tanque TP-17 en la estación Reductora (Área 2), se suman los caudales de agua de todos los equipos a utilizar en la zona como por ejemplo: el caudal de los monitores de agua, los anillos de enfriamiento y también se debe tomar en cuenta la cantidad de agua que está presente en la espuma.

En el análisis del comportamiento hidráulico de la estación reductora es necesaria la utilización del software Pipe Flow, ya que por la compleja distribución de la tubería el cálculo manual es tedioso y es propenso a varios errores.

El software Pipe Flow Expert es de gran ayuda para el análisis de redes hidráulicas malladas, ramificadas, y distribuidas paralelamente, el software utiliza el método de Hardy Cross realizando un número de sucesiones o iteraciones hasta llegar a la solución.

Para realizar la simulación se tiene que realizar un bosquejo de cómo va a ser el diseño dentro del terminal como se ve en la figura 4.28.

**Fig.4.28: Distribución Tuberías Estación Reductora**



Del plano P&ID (ANEXO D-2), determinamos la longitud de la tubería más remota. Para luego determinar las longitudes equivalentes de los accesorios y sumamos estos

resultados para obtener la longitud de tubería total y determinar las pérdidas por fricción en la tubería.

Sera necesario trabajar con los datos obtenidos anteriormente como dimensiones de tuberías, cantidades de rociadores, números de anillos, numero de secciones, y los datos especificados a continuación.

### **Fluido Para Extinción:**

Agente extintor. (Agua)

#### **Peso Específico**

$$\gamma = 9,81 \frac{kN}{m^3} \quad \left( \gamma = 62,2 \frac{lbf}{pie^3} \right)$$

#### **Densidad**

$$\rho = 997 \frac{kg}{m^3} \quad \left( \rho = 62,3 \frac{lb}{pie^3} \right)$$

#### **Viscosidad Cinemática**

$$\nu = 8,94 \times 10^{-7} \frac{m^2}{seg} \quad \left( \nu = 9,15 \times 10^{-6} \frac{pie^2}{seg} \right)$$

#### **Viscosidad Dinámica**

$$\eta = 8,91 \times 10^{-4} Pa.seg \quad \left( \eta = 1,77 \times 10^{-5} \frac{lb.seg}{pie^2} \right)$$

### **Tubería:**

Material: ASTM A106 GrB, SCH 40

### **Cantidad de Fluido Para Extinción**

$$Q_{total} = 6379,24 gpm \quad (\text{Calculado en el numeral 4.2.2})$$

### **Presión Mínima y Máxima en Cada Rociador**

### Presión Mínima

$P=19,08$  psi (Calculado en el numeral 4.6.2, Presión Requerida en cada Rociador)

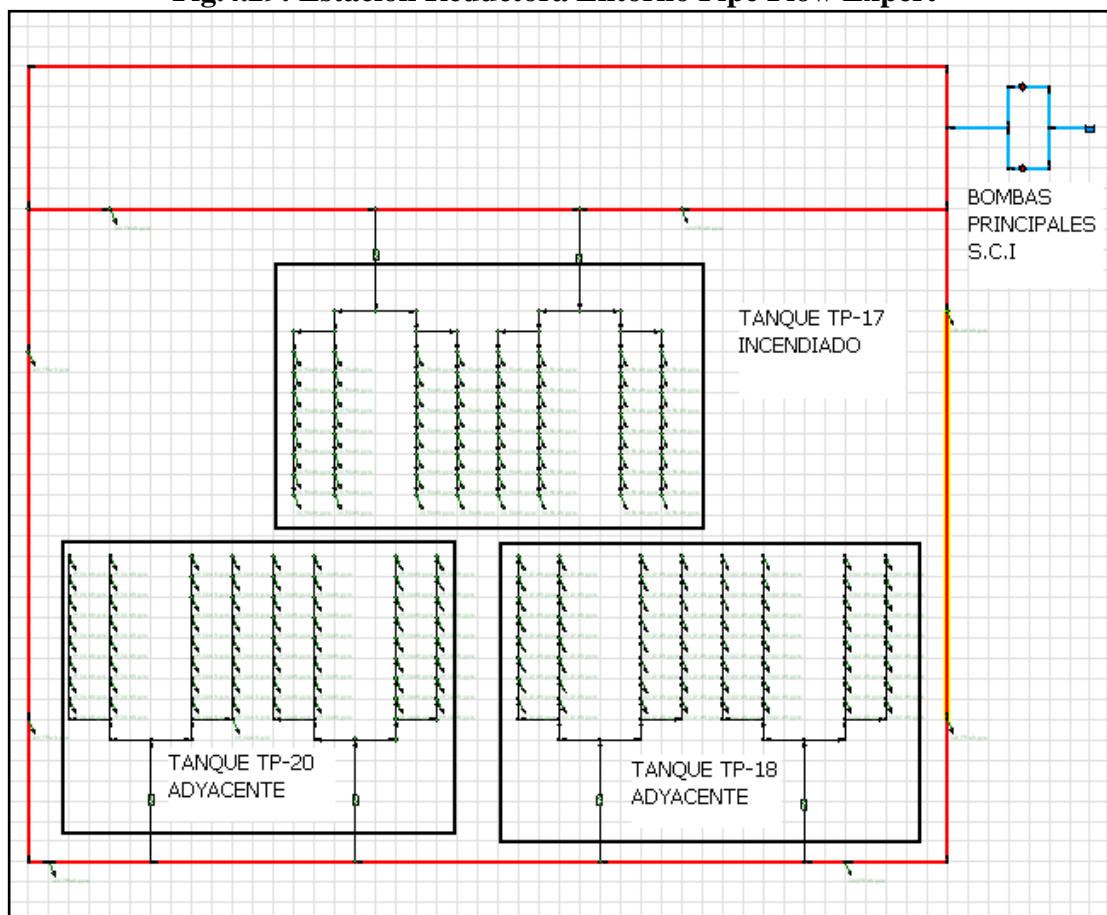
### Presión Máxima

Datos fabricante (ANEXO A-2)

$P=175$  psi

Introduciendo los datos antes mencionados y graficando el esquema en el entorno PIPE FLOW EXPERT, se puede apreciar la figura Fig. 4.29.

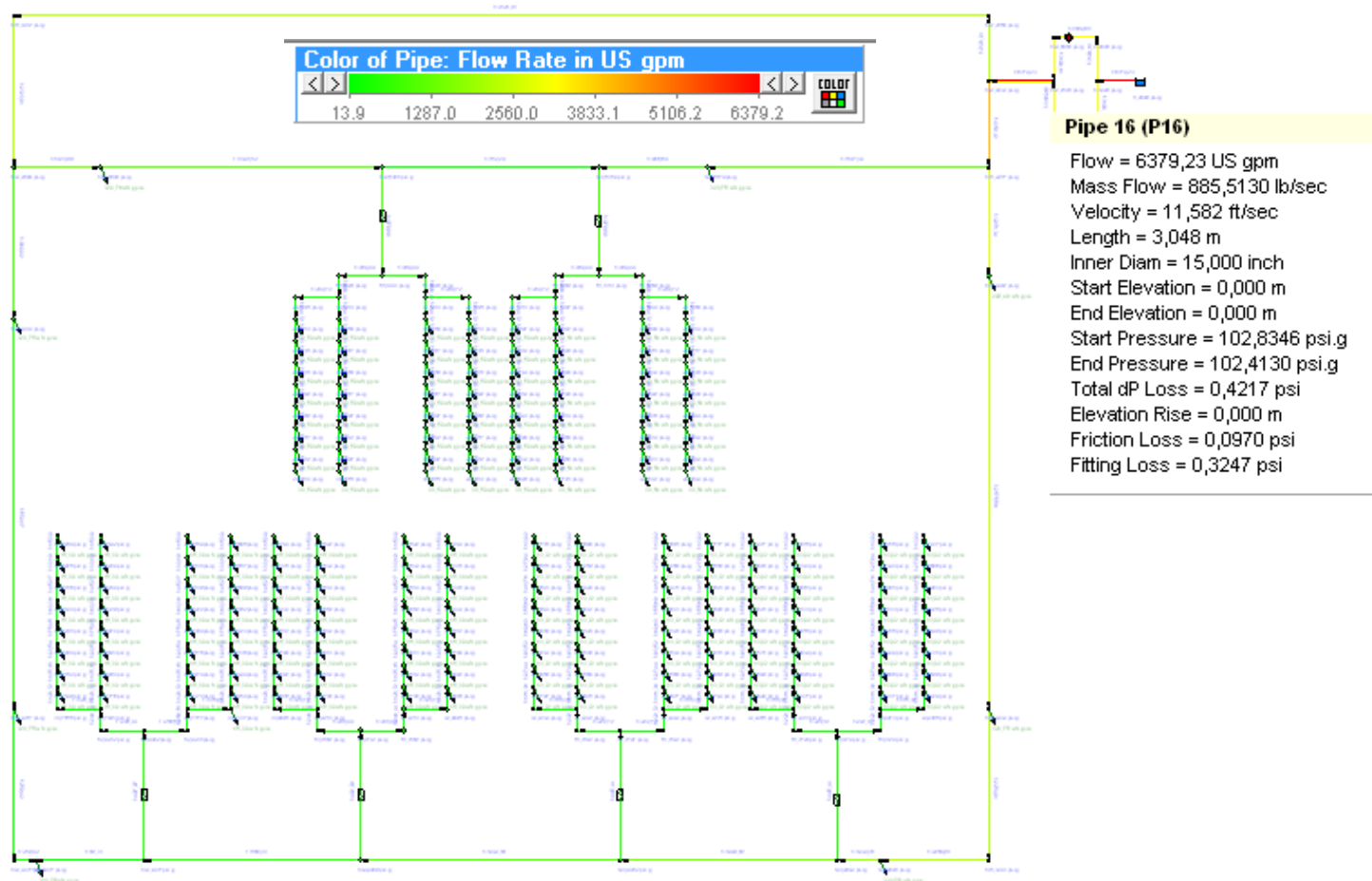
**Fig.4.29: Estación Reductora Entorno Pipe Flow Expert**



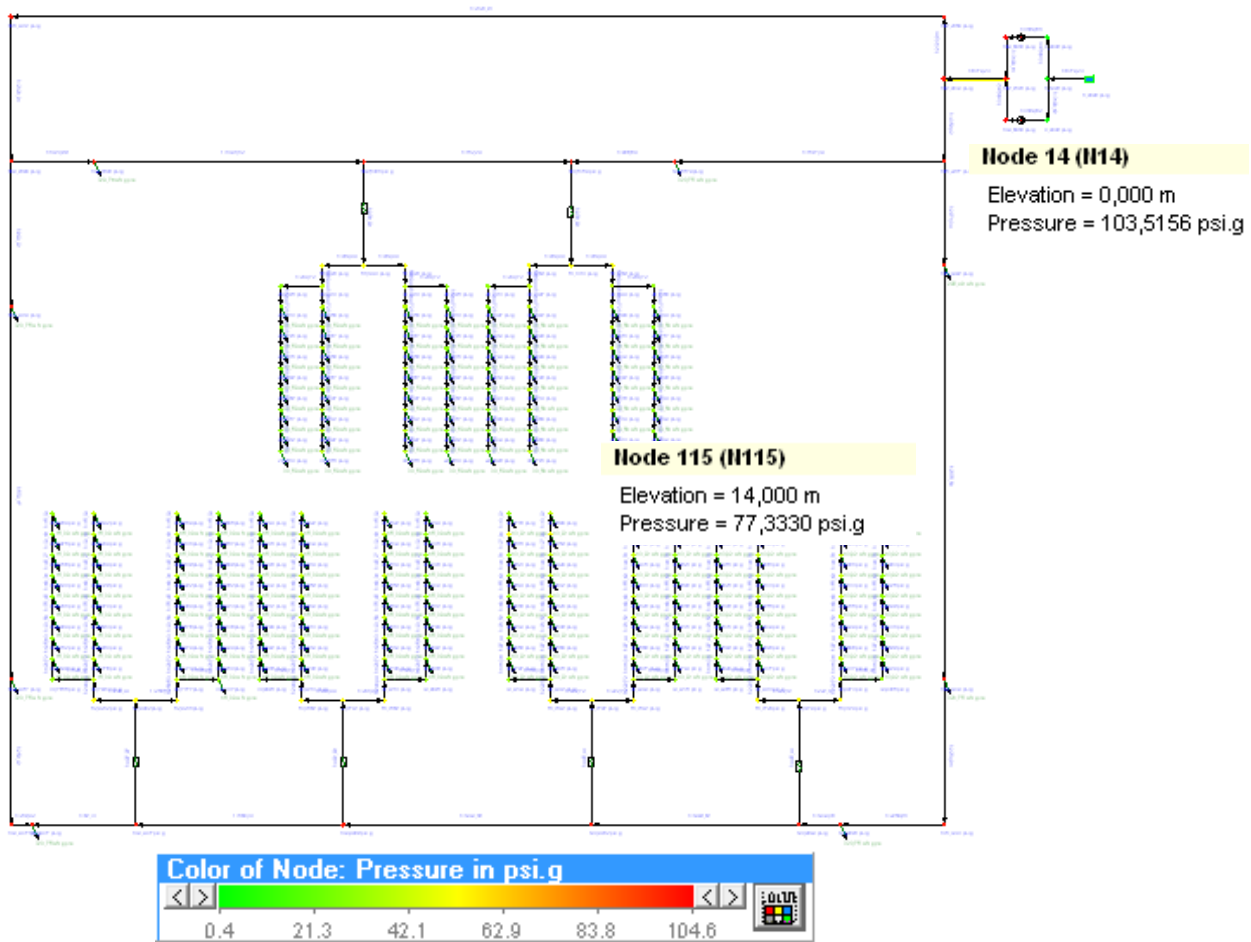
Simulando el programa se pueden visualizar los resultados. El caudal requerido en cada rociador, la presión de operación y la velocidad del fluido, con estos resultados se realiza un análisis comparativo con los datos obtenidos en el diseño.

Estos resultados se encuentran representadas en las figuras (4.30) (4.31) (4.32) (4.33), respectivamente.

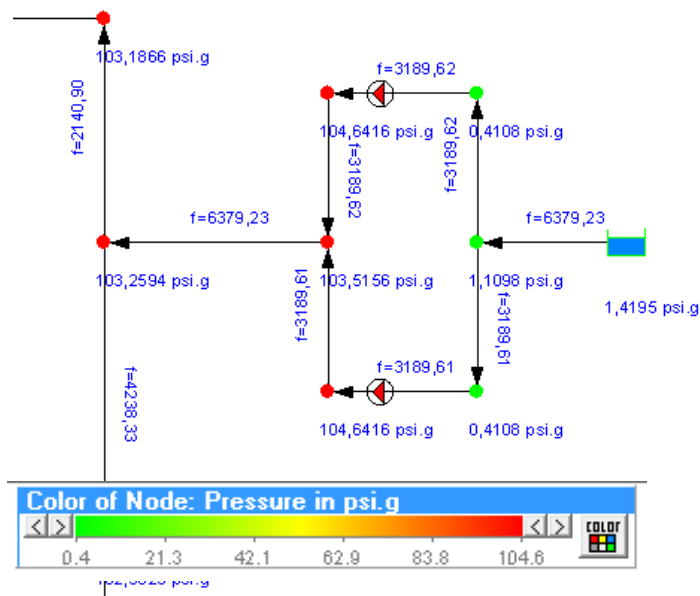
**Fig.4.30: Estación Reductora Distribución Caudal**



**Fig.4.31: Presión Inicial en Bombas y Presión en Rociador más Lejano**



**Fig.4.32: Ampliación Sala de Bombas de Agua Contra Incendios**



Los resultados del caudal realizados en el software se pueden apreciar en la figura 4.30, el valor del caudal para cada rociador es 13,48 gpm, y el caudal para extinguir el tanque TP-17 incendiado en el área reductora es 6379,24.

Analizando los valores del caudal de los resultados del software se puede apreciar que los valores coinciden con los cálculos del caudal para cada rociador (calculado en el numeral 4.2.2).

Realizando un análisis de los resultados de las presiones en la figura 4.31 y 4.32 se puede apreciar que la presión al inicio de los ramales para la distribución de los rociadores es 77,33 psi y la presión a la salida de la bomba es 103,51 psi.

Los valores de la presión emitidos por el software para cada rociador se le pueden considerar aceptables ya que los rangos del funcionamiento de cada rociador son:

#### **Presión Mínima**

$P=19,08$  psi (Calculado en el numeral 4.6.2, Presión Requerida en cada Rociador)

#### **Presión Máxima**

Datos fabricante (ANEXO A-2)

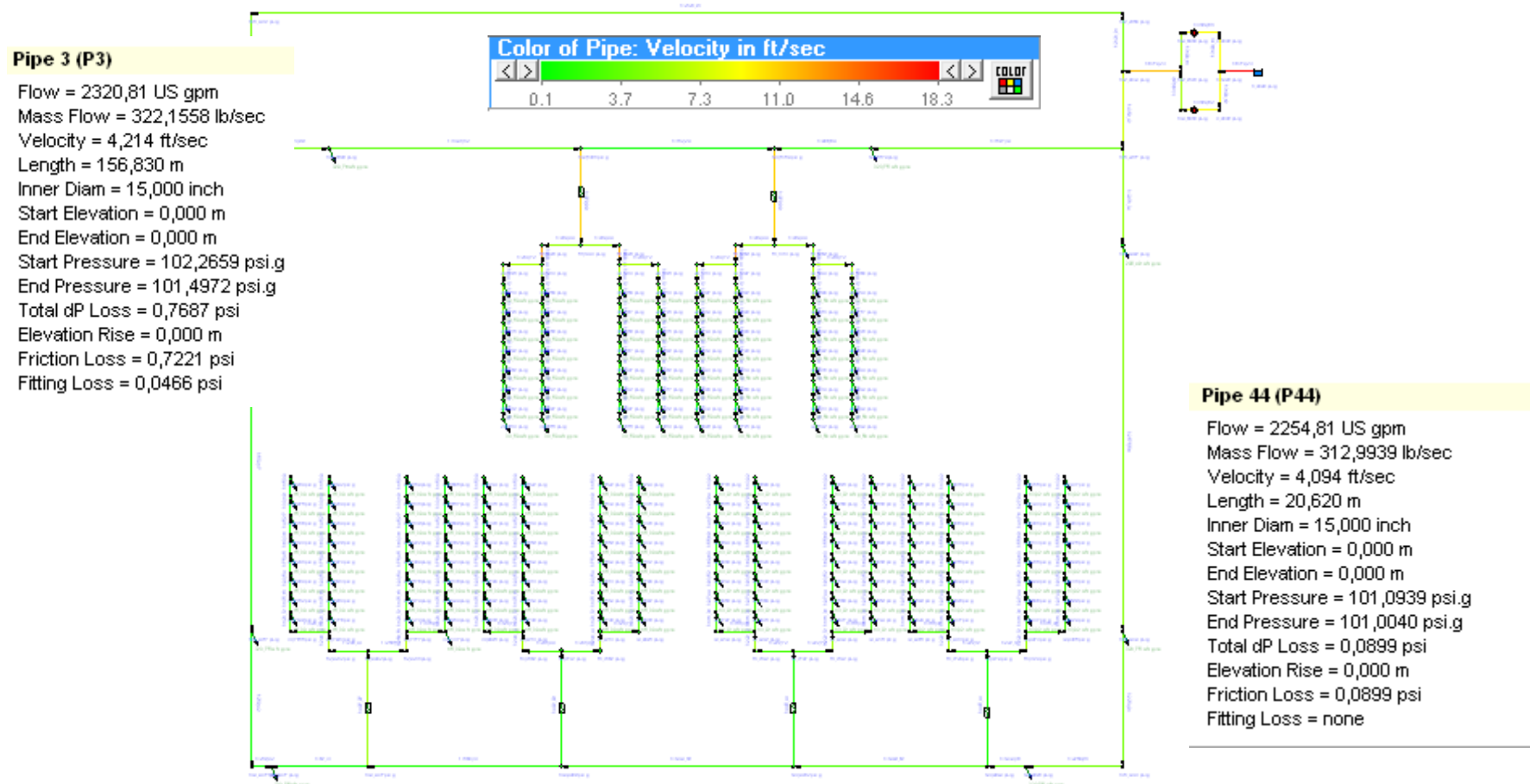
$P=175$  psi

Los resultados de las velocidades emitidos por el software se pueden apreciar en la figura 4.33,

Los valores de la velocidad emitidos por el software para las tuberías principales se encuentran en un rango de 4.5 pie/seg.

Comparando los valores del diseño con los resultados del software se le considera como aceptable ya que el rango máximo es de 10 pie/seg.

**Fig.4.33: Estación Reductora Resultados Velocidades en la Red.**





➤ **Dimensionamiento de las Bombas Principales del Sistema Contra Incendios.**

Se determinó que la capacidad del sistema contra incendio en el caso crítico es de 6379,24 gpm (Calculado en el numeral 4.2.2). La capacidad máxima de una bomba contra incendio es 5000 gpm, conforme establece la norma NFPA 20<sup>43</sup>. Por lo que, para abastecer la demanda del sistema en el caso crítico será necesario que operen simultáneamente dos bombas en paralelo de las mismas características a una capacidad nominal de 3500 gpm.

Según la Norma PE-SHI-18<sup>44</sup> establece que: se instalarán tres bombas en paralelo, dos accionadas por motor diesel y una accionada por motor eléctrico. En el caso crítico deberán actuar siempre en paralelo una bomba a diesel y la bomba eléctrica. La otra bomba a diesel servirá de respaldo. En caso de corte de energía eléctrica deberá entrar en funcionamiento la bomba a diesel de respaldo de modo que siempre funcionen dos bombas La distribución de la tubería se encuentra representada en el **(ANEXO D-2)**

La presión que entregará la bomba al caudal nominal deberá ser tal que las presiones de descarga del agua y, de la solución de agua y espuma por los principales componentes (monitores, boquillas, rociadores, cámaras de espuma) sea suficiente para que puedan operar estos componentes con normalidad.

Sobre la base de las consideraciones anteriores se seleccionarán tres bombas contra incendio:

Para dimensionar el equipo de bombeo en el software Pipe Flow Expert es necesario ingresar la curva característica emitida por el fabricante en este caso AURORA. **(ANEXO A-5)**

Con la curva característica de la bomba el software permite analizar la presión requerida para que el sistema sea satisfactorio.

---

<sup>43</sup>Norma NFPA 20-1999 Edition “Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.” Bombas Estacionarias Contra Incendio, Capitulo 2, Generalidades, Tabla 2-3 Capacidades Nominales de las Bombas.

<sup>44</sup>Norma Petroecuador PE-SHI-18, Seccion 5, Sistemas de Bombeo de Agua

## BOMBA ELECTRICA (1)

Marca: Aurora

Bomba Centrífuga Horizontal de carcasa partida

Caudal: 3500 gpm

Presión: 140 psi

Rpm: 1770

Diámetro succión: 12"

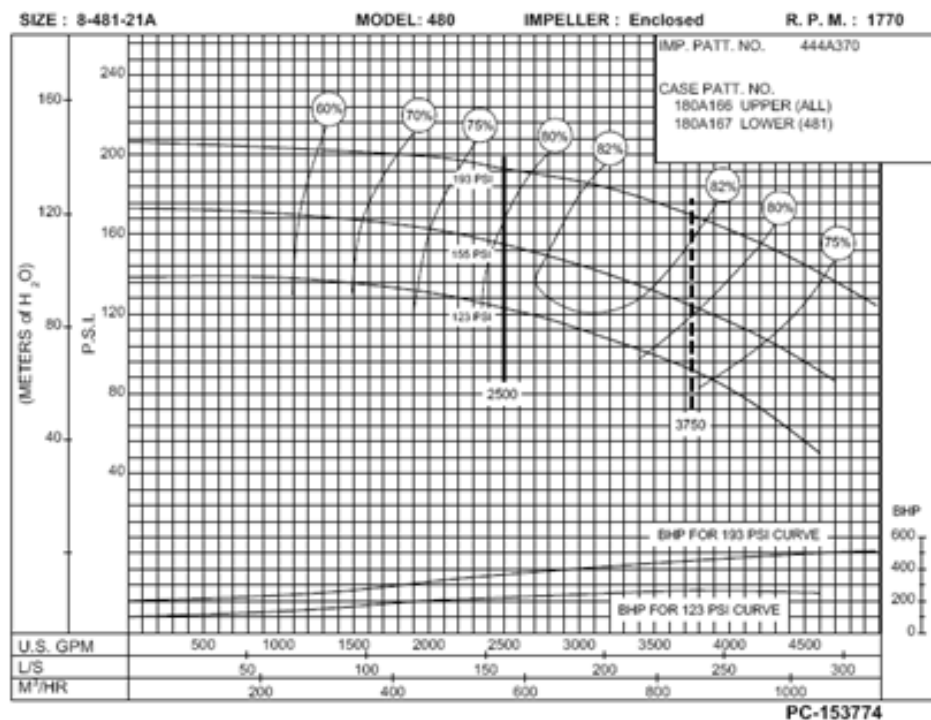
Diámetro descarga 12"

Potencia: 450 BHP

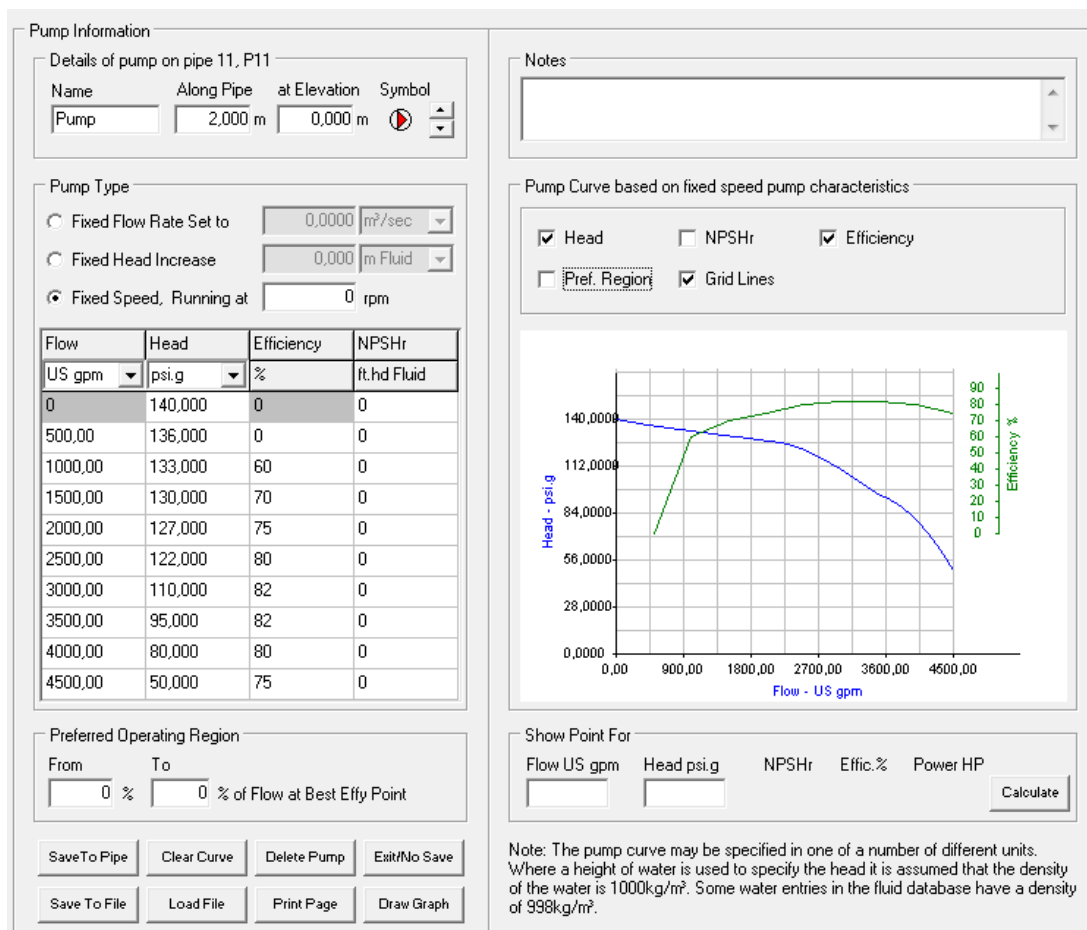
Alimentación Motor Eléctrico: 460V/3Ph/60Hz.

Los datos del fabricante se lo pueden apreciar en el ANEXO A-5.

**Fig.4.34: Curva Característica Bomba Eléctrica**



**Fig.4.35: Curva Característica Bomba Eléctrica Entorno Pipe Flow Expert.**



## BOMBA DIESEL (2)

Marca: Aurora

Bomba Centrífuga Horizontal de carcasa partida

Caudal: 3500 gpm

Presión: 140 psi

Rpm: 1750

Diámetro succión: 12"

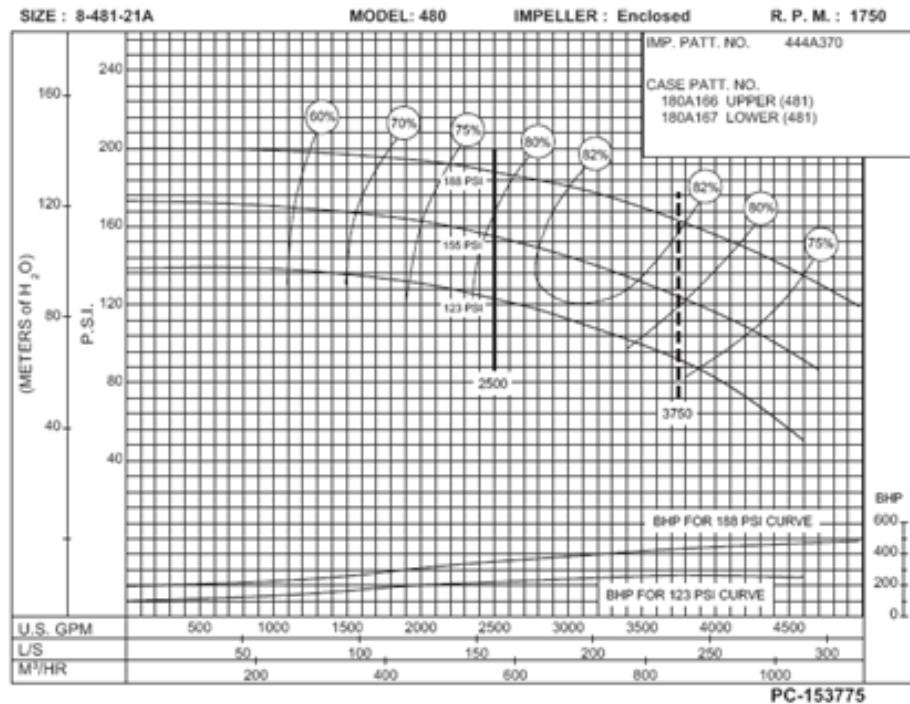
Diámetro descarga 12"

Motor diesel.

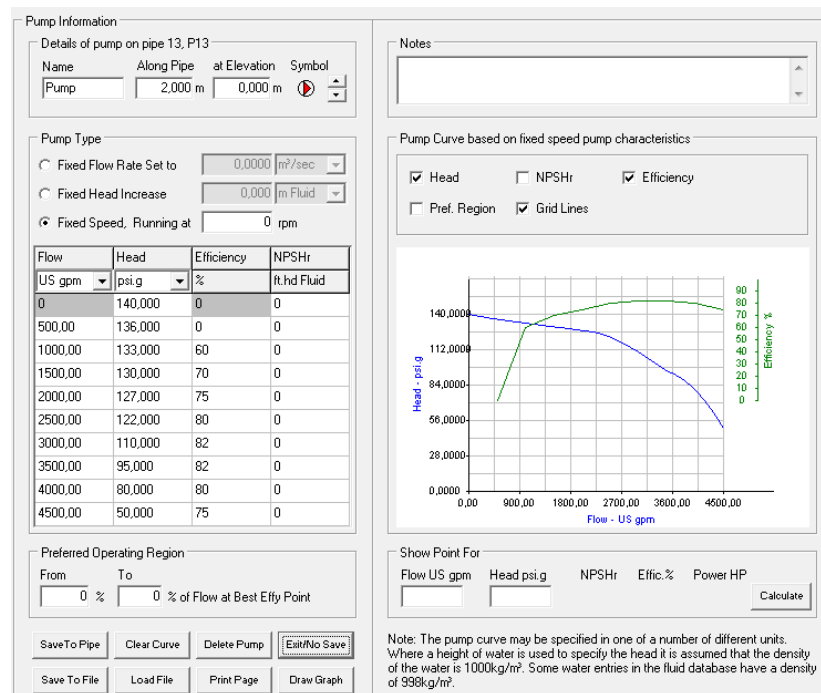
Potencia: 450BHP.

Los datos del fabricante se lo pueden apreciar en el ANEXO A-6.

**Fig.4.36: Curva Característica Bomba Diesel.**



**Fig.4.37: Curva Característica Bomba Diesel Entorno Pipe Flow Expert.**



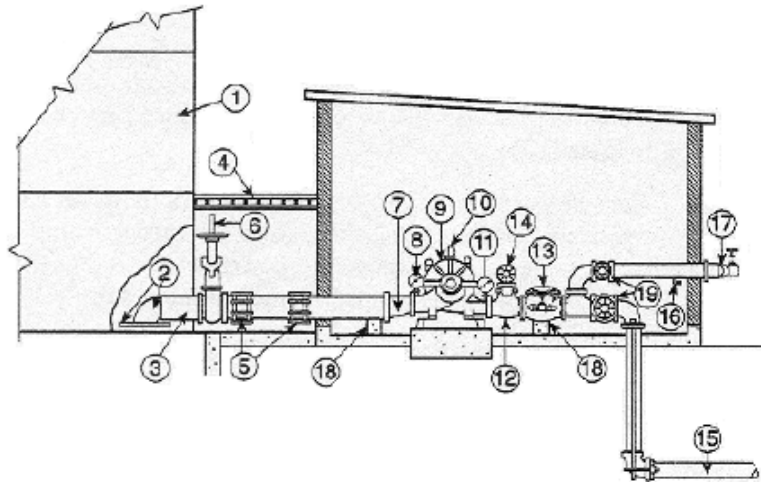
➤ **Componentes y Parámetros de Diseño para la Tubería de Succión y Descarga.**

En la Norma NFPA 20 en su capítulo 20 sección 5 establece los componentes y los criterios de selección y diseño de las tuberías y accesorios para las líneas de succión y descarga de una instalación de bomba horizontal contra incendio. A continuación se reproduce los apartados de la Norma que servirán para diseñar y seleccionar los componentes de la instalación:

**Tabla 4.36: Tamaños Mínimos de Tubería y Accesorios para Bombas Horizontales. (NFPA 20)**

Nominación de la bomba		Tamaño mínimos de tubería ( Nominal )						
GPM	L/min.	Succión	Descarga	Válvula de alivio	Válvula de alivio descarga	Dispositivo de medición	Cantidad y tamaño de válvulas de manguera	Suministro de cabezal de manguera
3500	13,24	12	12	8	12	10	12-2 1/2	12

**Fig.4.38: Esquema Bomba Contra Incendios Horizontal**



- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tanque de succión sobre la tierra</li> <li>2. Codo de entrada y placa vortex cuadrada de acero con dimensiones por lo menos al doble del diámetro de la tubería de succión. La distancia arriba del fondo del tanque es la mitad del diámetro de la tubería de succión con mínimo 6" (152 mm)</li> <li>3. Tubería de succión</li> <li>4. Carcasa a prueba de congelación</li> <li>5. Cople flexible para alivio de esfuerzo</li> <li>6. Válvula de compuerta OS&amp;Y (ver 2.9.5 y A-2.9.5)</li> <li>7. Reductor excéntrico</li> <li>8. Manómetro de succión</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Bomba contra incendio horizontal de carcasa bipartida</li> <li>10. Eliminador de aire automático</li> <li>11. Manómetro de descarga</li> <li>12. Tee reductora de descarga</li> <li>13. Válvula check de descarga</li> <li>14. Válvula de alivio (si se requiere)</li> <li>15. Tubería de suministro para sistema de protección contra incendio</li> <li>16. Válvula de drenado</li> <li>17. Ramificación de válvulas de mangueras con válvulas</li> <li>18. Soportes de tubería</li> <li>19. Compuerta indicadora ó válvula de mariposa</li> </ol> |
|---|---|

➤ **Selección de la Bomba Jockey.**

Una bomba jockey, o una bomba de mantenimiento de presión, es un aparato pequeño que funciona en conjunto con una bomba centrífuga, como parte de un sistema de rociadores de protección contra incendios. Una bomba jockey está diseñada para mantener la presión elevada en un sistema de extinción de incendios. Se compone de un motor, una bomba, y un controlador.

La bomba jockey mantiene la presión normal en el sistema en un nivel artificialmente alto. Cuando las bombas principales no han sido activadas debido a que no existe la presencia de un incendio que requiera de su funcionamiento.

La Norma PE-SHI-18 establece que: la bomba presurizadora (Jockey), deberá suministrar un caudal mínimo 100 gpm para sistemas complejos.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se seleccionará una bomba jockey de:

**BOMBA JOCKEY**

Marca: Aurora

Bomba Vertical Multietapa

Modelo: PVM (I/X) Serie 16

Caudal: 100 gpm

Presión: 140 psi

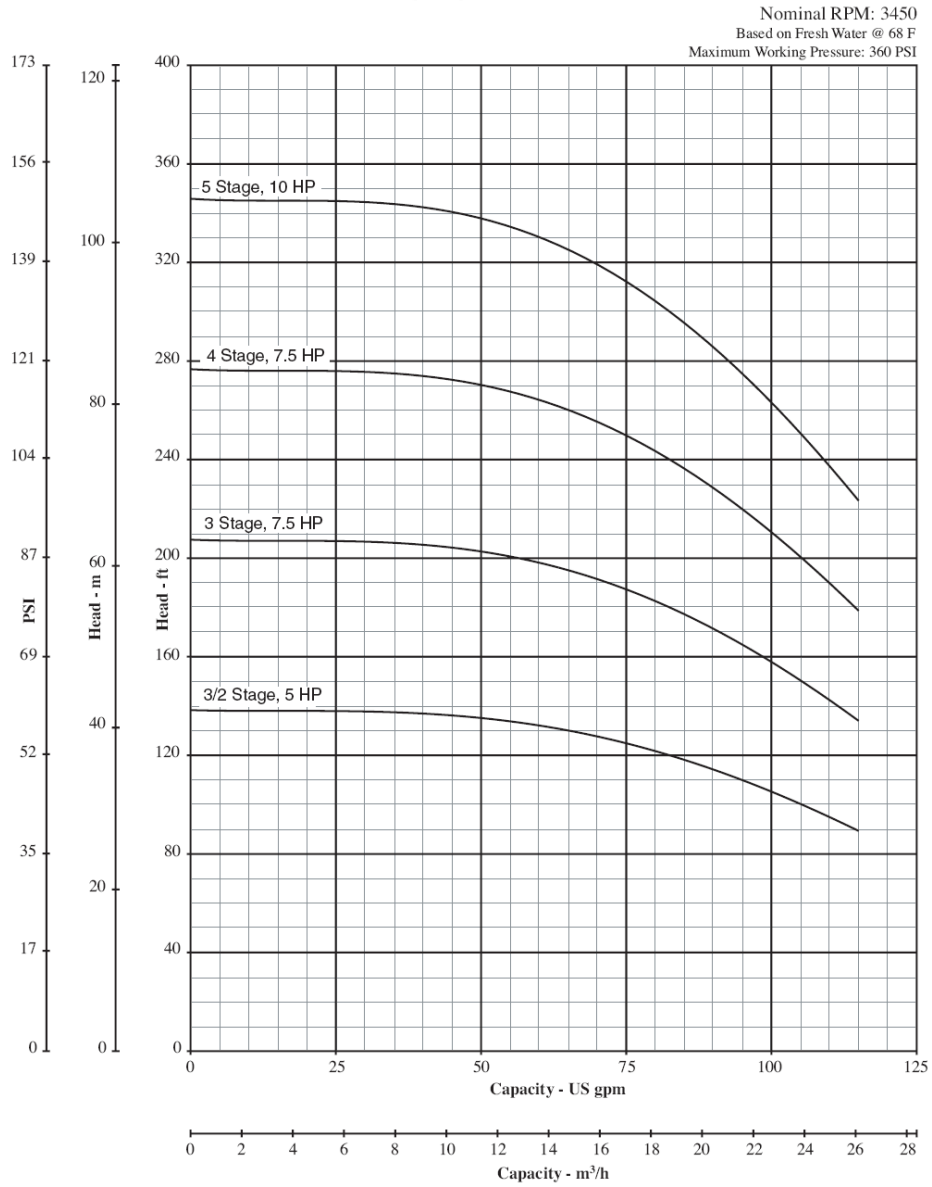
Rpm: 3450

Potencia: 10HP.

Los datos del fabricante se lo pueden apreciar en el **ANEXO A-6**.

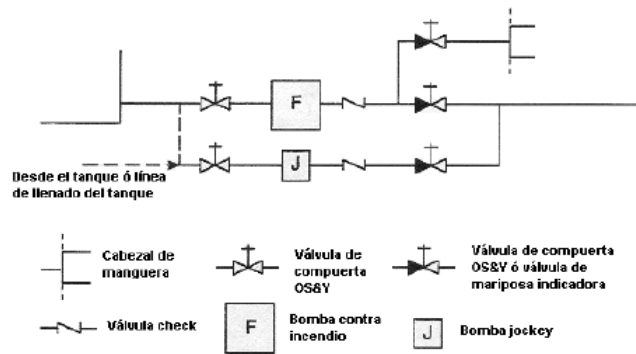
**Fig.4.39: Curva Característica Bomba Jockey.**

**Performance Curves – PVM (I/X) 16 Series**



La bomba jockey deberá instalarse en paralelo con las bombas principales.

**Fig.4.40: Instalación Bomba Jockey con la Bomba Contra Incendio.**

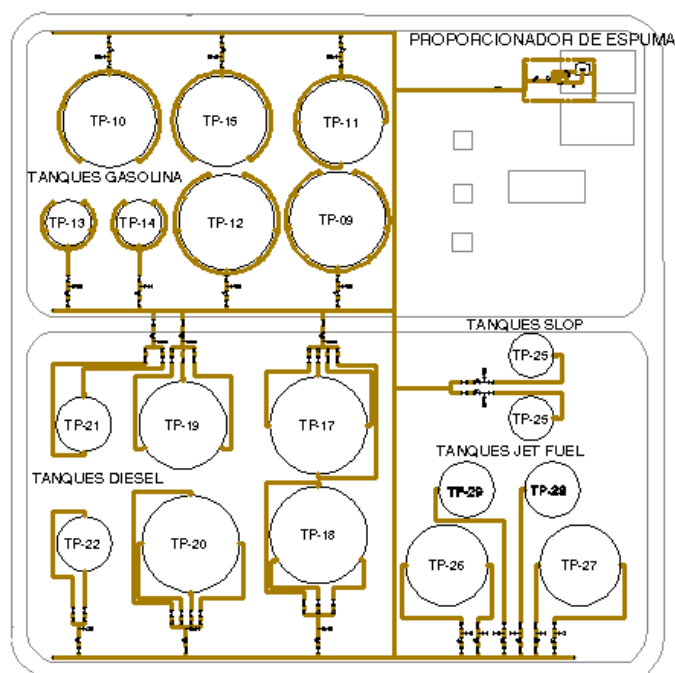


#### 4.8.3 Simulación Hidráulica en Tuberías de Solución Agua-Espuma en los Tanques de almacenamiento de la Estación Reductora. (Área 2).

Una vez determinada la zona crítica: Tanque TP-17 en la estación Reductora (Área 2), se realiza la simulación hidráulica para determinar la presión que necesita el proporcionador de espuma.

Para esto se debe realizar un bosquejo de cómo va a ser el diseño dentro del terminal como se ve en la figura 4.41.

**Fig.4.41: Distribución Tuberías de Agua-Espuma**



Del plano P&ID (ANEXO D-3), determinamos la longitud de la tubería más remota. Para luego determinar las longitudes equivalentes de los accesorios y sumamos estos resultados para obtener la longitud de tubería total y determinar las pérdidas por fricción en la tubería.

Será necesario que los siguientes datos se encuentren especificados:

#### **Fluido Para Extinción:**

Espuma 3% AFFF (ANEXO A-3)

Temperatura = 77°F (25°C)



Gravedad Específica = 1,020

Viscosidad Dinámica = 1.5 cps

**Tubería:**

Material: ASTM A106 GrB, SCH 40

**Cantidad de Fluido Para Extinción**

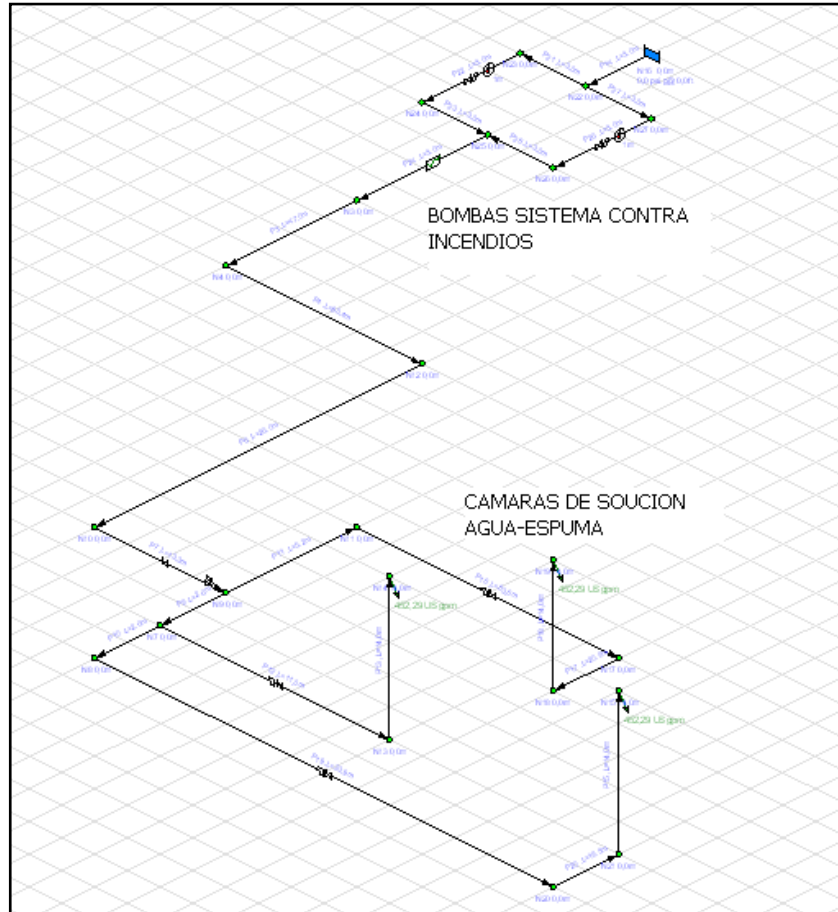
$$Q_1 = 242,66 \text{ gpm} \text{ (Calculado en el numeral 4.2.1)}$$

**Presión Mínima y Máxima en Cada Cámara**

P=40-100 psi (ANEXO A-8)

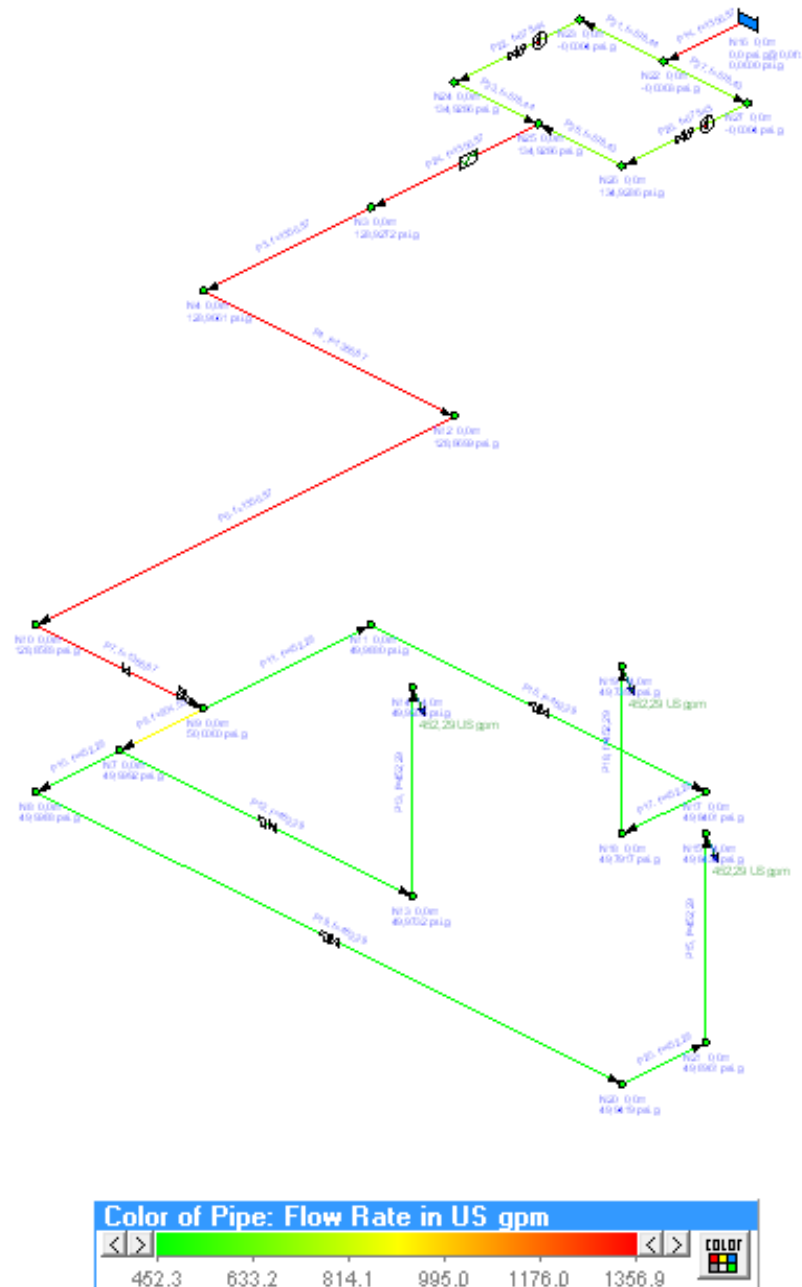
Introduciendo los datos antes mencionados y graficando el esquema en el entorno PIPE FLOW EXPERT, se puede apreciar la figura Fig. 4.42.

**Fig.4.42: Estación Reductora Tubería de Espuma Entorno Pipe Flow Expert**

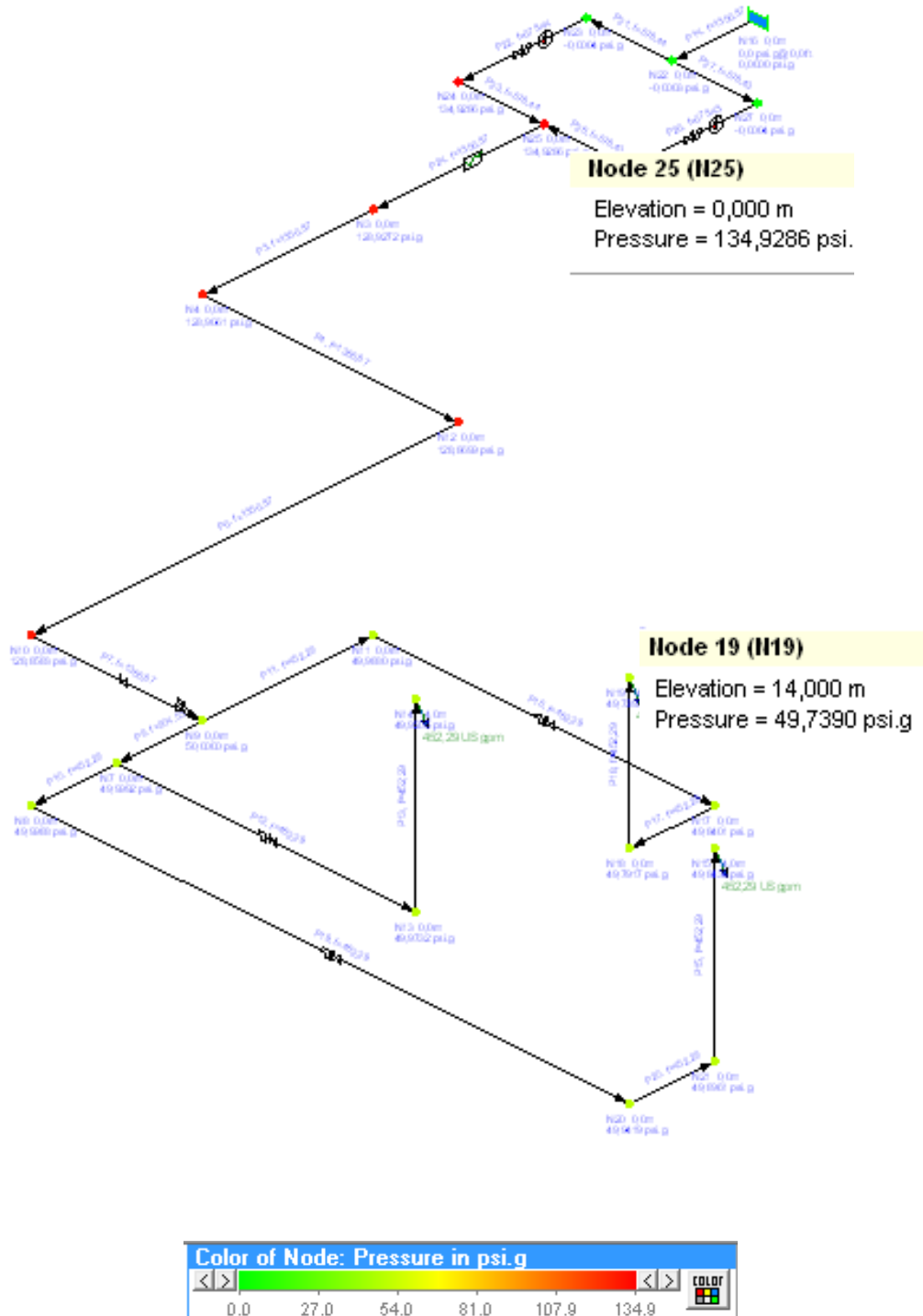


Simulando el programa se pueden visualizar los resultados. El caudal en la tubería, y las presiones en los nodos los cuales se encuentran representados en las figuras (4.43) (4.44), respectivamente.

**Fig.4.43: Estación Reductora Distribución Caudal**



**Fig.4.44: Estación Reductora Presión Inicial y Presión Final.**



Realizando un análisis de los resultados de las presiones en la figura 4.44 se puede apreciar que la presión en la cámara es 49,73 psi y la presión a la salida de la bomba es 134,92 psi.

Los valores de la presión emitidos por el software para cada cámara se le pueden considerar aceptables ya que los rangos del funcionamiento de cada cámara son:

### **Presión Mínima y Máxima en Cada Cámara**

P=40-100 psi (ANEXO A-8)

#### ➤ **Dimensionamiento Proporcionador de Presión Balanceada Espuma.**

El sistema de presión balanceada de concentrado de espuma es un sistema de suministro provisto de un tanque de almacenamiento de espuma, un sistema de bombas de desplazamiento positivo y un proporcionador de espuma. El sistema de presión balanceado es utilizado para proveer un preciso proporcionamiento a múltiples áreas alejadas del sistema de bombeo de espuma. El balance de presiones de agua y espuma en el proporcionador junto con una válvula de diafragma permite la proporción precisa de concentrado al flujo de agua

Después de analizar el sistema de agua espuma en la Estación Reductora se determina la capacidad del proporcionador con los resultados obtenidos por la simulación en el software PIPE FLOW EXPERT.

Se elabora una hoja con las principales características del proporcionador de espuma para facilitar su adquisición (Tabla 4.37)

En el (ANEXO A-9) se puede ver las características de montaje del proporcionador de presión balanceada.

**Tabla 4.37: Hoja Técnica de Datos Proporcionador de Presión Balanceada**

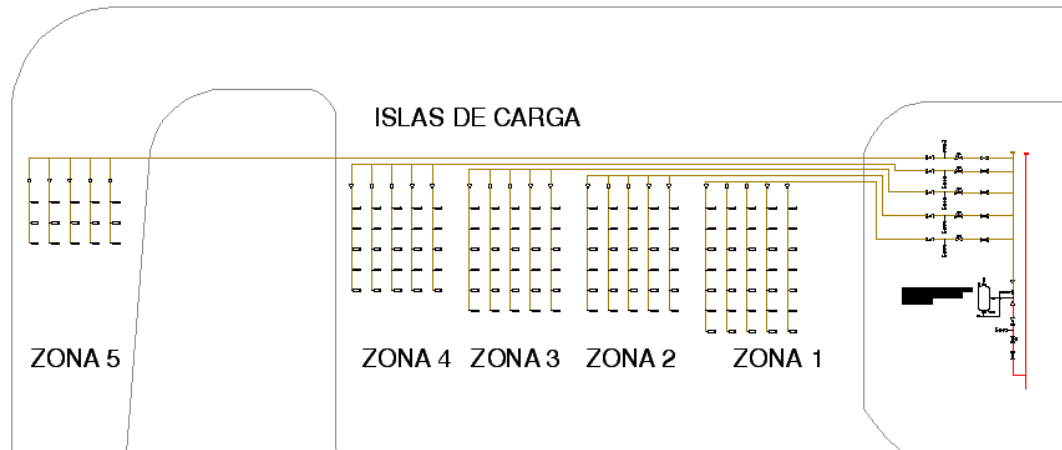
HOJA TECNICA - PROPORCIONADOR DE PRESION BALANCEADA				
Proyecto:	Sistema Contra Incendios Terminal Pascuales			Pág: 1 de 1
Fecha	Descripción	Revisión	Sistema de Presión Balanceada	Rev:
	Para Construcción		Contrato:	Fecha:
			Req:	P.O.:
			Por:	Revisado
Datos Generales	1	Número de Equipo		Aprobado:
	2	Servicio / Ubicación	Bomba el concentrado de espuma	
	3	Número P&ID		
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
Datos Proceso	9	Ubicación	Sala de Bombas Sistema Contra Incendio	
	10			
	11			
Datos del Sistema de Presión Balanceada	12	Material de la Base	Acero al Carbono con recubrimientos epóxicos.	
	13	Material de la Tubería	Tubería y Accesorios sch 40.	
	14	Válvulas Manuales	Válvulas de bola con mango de bloqueo.	
	15	Uso con	Concentrado de Espuma ARR al 3%	
	16	Rango de Proporcionamiento	Rango ancho 20 GPM hasta 2500 GPM	
	17	Presión de Trabajo	200 psi	
	18	Conexión con el TK de Espuma	Bridas ANSI 150 lb, 2 inch	
	19	Acabados	Recubrimientos epóxicos	
Datos de Radio Controlador	20	Supervisión	(NFPA) medidores de flujo	
	21	Controlador	6 inch	
	22	Spool	150# FF	
	23	Conexión	Bridas ANSI 150 lb, 6 inch	
Datos de las Bombas	24	Caudal	20 - 2500 GPM con Espuma AFFF	
	25	Bombas	Eléctrica	Diesel
	26	Caudal	50 GPM	50 GPM
	27	Material	Hierro Fundido	Hierro Fundido
	28	Presión de Trabajo	150psi	200 psi
	29	Controlador	Panel de Control Automático	Panel de Control Automático
	30	Operación	3 / 60 / 460V a 60 HZ	Combustible "Diesel"
	31	Desplazamiento	Positivo	Positivo
	32	Eje	Acero al Carbono	Acero al Carbono
	33	Manómetros	Succión y Descarga	Succión y Descarga
Propiedades	34	Motor	10 HP	19 HP a 1800 RPM
	35	Certificación	Aprobados UL y FM	
	36			
	37			
	38			
	39			
Notas:	40			
	41			
	42			

#### 4.8.4 Simulación Hidráulica y Dimensionamiento del Equipo de Bombeo Islas de Carga (Área 4).

El objetivo de realizar los cálculos hidráulicos es determinar la presión que se tendría en los componentes principales (rociadores) por donde se descargará la solución de agua-espuma y dimensionar la capacidad de operación del proporcionador de agua-espuma.

Para esto se debe realizar un esquema de cómo va a ser la distribución de la tubería en las islas de carga, con los diámetros y cantidades de rociadores como se ve en la figura 4.32.

**Fig.4.45: Distribución Tuberías Islas de Carga**



A partir de los datos de la red presentes en el plano P&ID (**ANEXO D-3**), se puede crear los datos de entrada para que PIPE FLOW EXPERT calcule la red.

Será necesario que los siguientes datos se encuentren especificados:

**Fluido Para Extinción:**

Solución Agua-Espuma

3% AFFF (**ANEXO A-3**)

97% Agua

En la solución de agua-espuma el porcentaje de agua es mayor, por esta razón se realiza los cálculos con las propiedades del agua.

**Peso Específico**

$$\gamma = 9,81 \frac{kN}{m^3} \quad \left( \gamma = 62,2 \frac{lbf}{pie^3} \right)$$

**Densidad**

$$\rho = 997 \frac{kg}{m^3} \quad \left( \rho = 62,3 \frac{lb}{pie^3} \right)$$

### **Viscosidad Cinemática**

$$\nu = 8,94 \times 10^{-7} \frac{m^2}{seg} \quad \left( \nu = 9,15 \times 10^{-6} \frac{pie^2}{seg} \right)$$

### **Viscosidad Dinámica**

$$\eta = 8,91 \times 10^{-4} Pa.seg \quad \left( \eta = 1,77 \times 10^{-5} \frac{lb.seg}{pie^2} \right)$$

### **Tubería:**

Material: ASTM A106 GrB, SCH 40

### **Cantidad de Fluido Para Extinción**

$$Q_1 = 559,03 gpm \quad (\text{Calculado en el numeral 4.2.4})$$

### **Presión Mínima y Máxima en Cada Rociador**

#### **Presión Mínima**

$$P=28,33 \text{ psi} \quad (\text{Calculado en el numeral 4.6.3, Presión Requerida en cada Rociador})$$

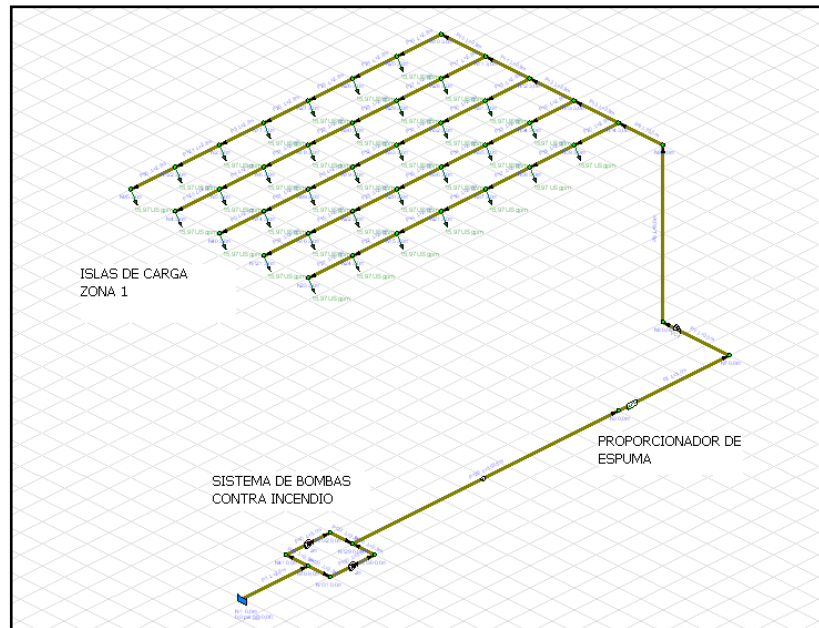
#### **Presión Máxima**

Datos fabricante (ANEXO A-1)

$$P=175 \text{ psi}$$

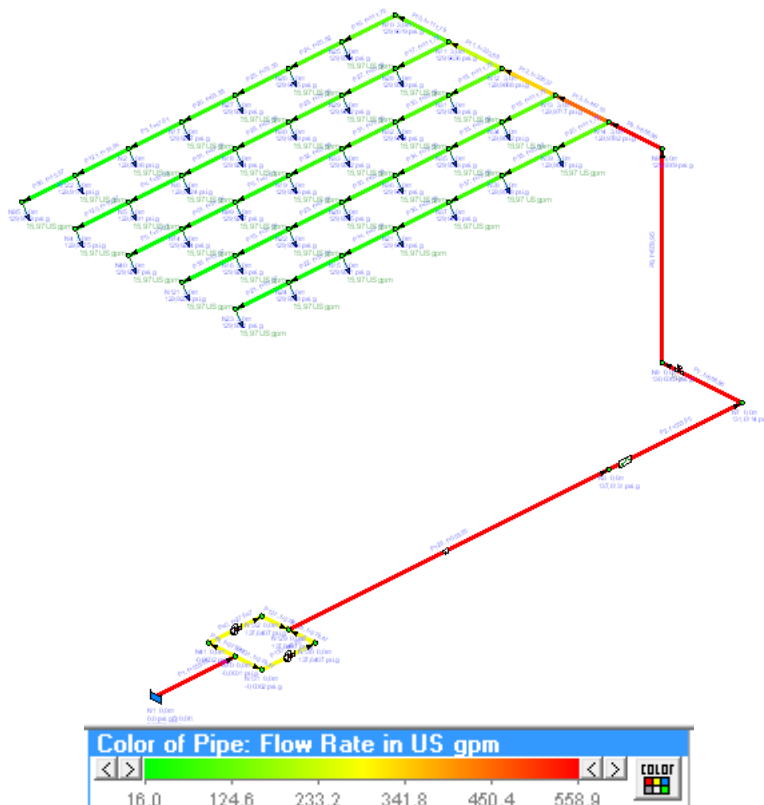
Introduciendo los datos antes mencionados y graficando el esquema en el entorno PIPE FLOW EXPERT, se puede apreciar la figura Fig. 4.46.

**Fig.4.46: Islas de Carga Entorno Pipe Flow Expert**



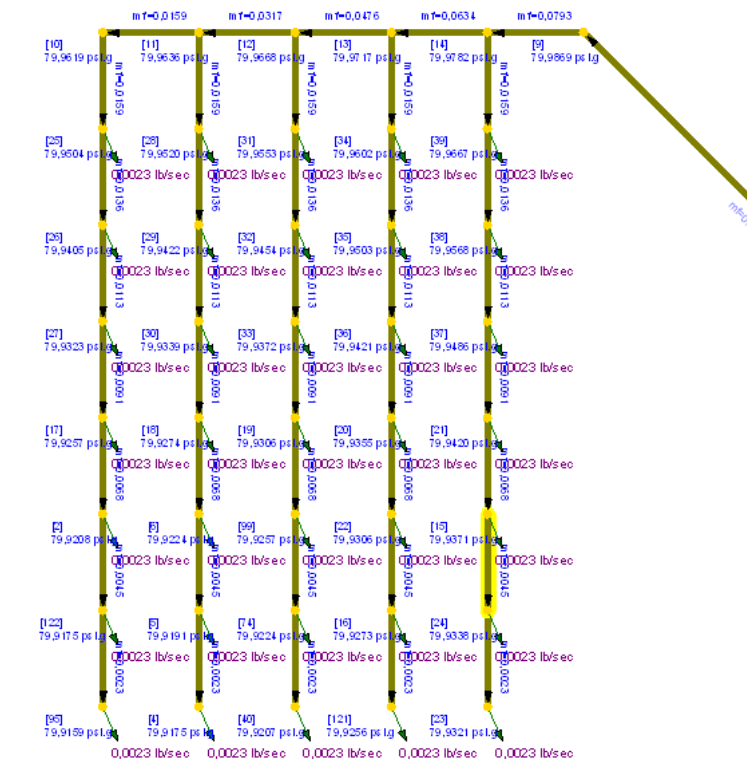
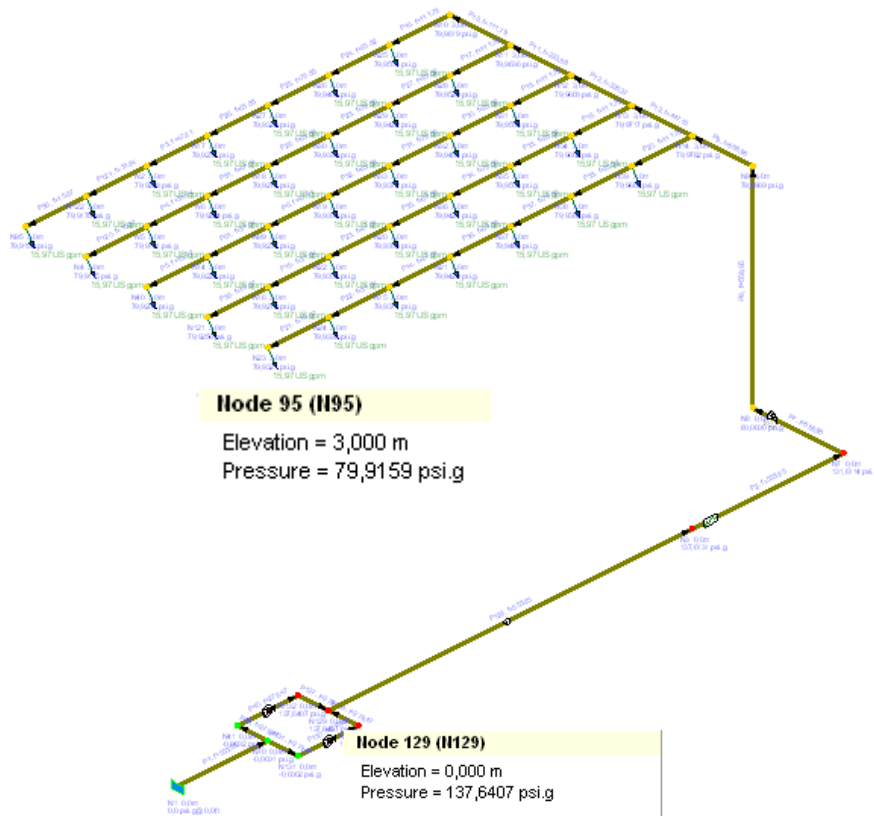
Simulando el programa se pueden visualizar los resultados. El caudal en las líneas, Las presiones en los nudos y las velocidades en las líneas se encuentran representadas en las figuras (4.47) (4.48) (4.49), respectivamente.

**Fig.4.47: Distribución Caudal**

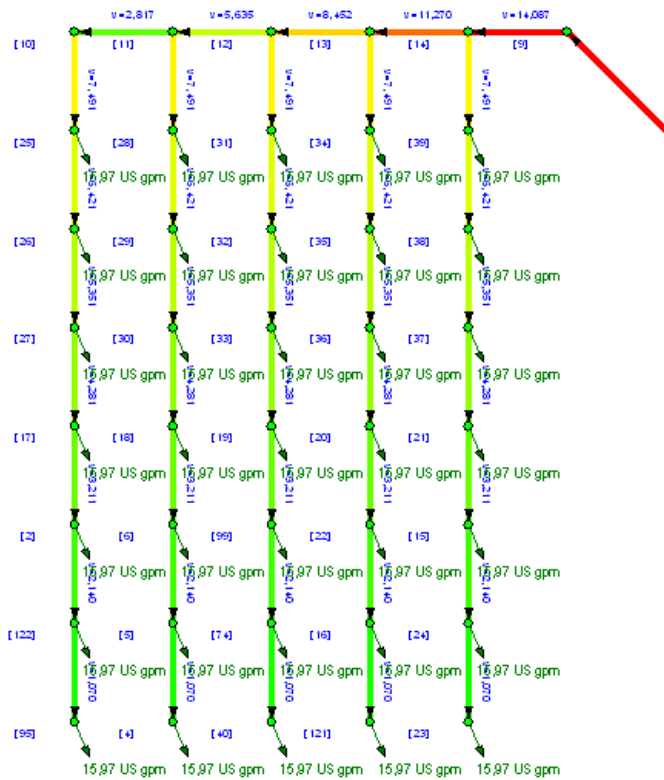
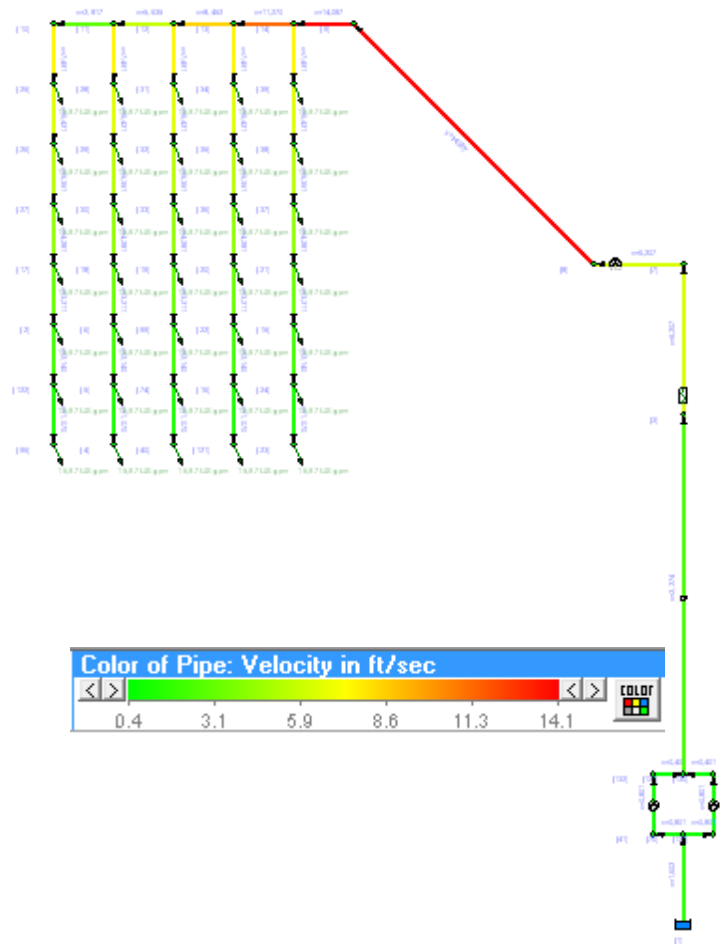




**Fig.4.48: Presión Rociador más lejano**



**Fig.4.49: Resultado de las Velocidades en Cada Línea**



Los resultados del caudal realizados en el software se pueden apreciar en la figura 4.47, el valor del caudal para cada rociador es 15,97 gpm, y el caudal para extinguir toda el área del cuarto de bombas de producto es 559,03 gpm. Analizando los valores del caudal de los resultados del software se puede apreciar que los valores coinciden con los cálculos del caudal para cada rociador (calculado en el numeral 4.2.4).

Realizando un análisis de los resultados de las presiones en la figura 4.48 se puede apreciar que la presión al inicio de los ramales para la distribución de los rociadores es 79,91 psi y la presión a la salida de la bomba es 137,64 psi. Comparando los resultados del software. Los valores de la presión emitidos por el software para cada rociador se le pueden considerar aceptables ya que los rangos del funcionamiento de cada rociador son:

#### **Presión Mínima y Máxima en Cada Rociador**

##### **Presión Mínima**

$P=28,33$  psi (Calculado en el numeral 4.6.3, Presión Requerida en cada Rociador)

##### **Presión Máxima**

Datos fabricante (ANEXO A-1)

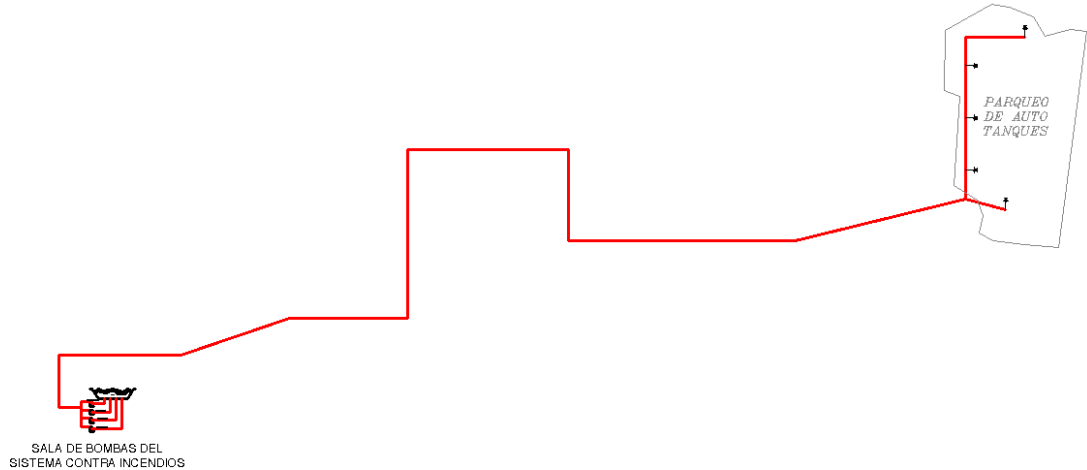
$P=175$  psi

#### **4.8.5 Simulación Hidráulica en Tuberías de Enfriamiento del Área de Parqueaderos.**

El objetivo de realizar los cálculos hidráulicos es determinar la presión que se tendría en los componentes principales (monitores) por donde se descargará el fluido (agua) y comprobar que la presión se encuentre dentro de los rangos de operación de los monitores.

Para realizar la simulación se tiene que realizar un bosquejo de cómo va a ser el diseño dentro del terminal como se ve en la figura 4.50.

**Fig.4.50: Distribución Tuberías Área de Parquederos**



A partir de los datos de la red presentes en el plano P&ID (ANEXO D-2), se puede crear los datos de entrada para que PIPE FLOW EXPERT calcule la red.

Será necesario que los siguientes datos se encuentren especificados:

**Fluido Para Extinción:**

Agente extintor. (Agua)

**Peso Específico**

$$\gamma = 9,81 \frac{kN}{m^3} \quad \left( \gamma = 62,2 \frac{lb_f}{pie^3} \right)$$

**Densidad**

$$\rho = 997 \frac{kg}{m^3} \quad \left( \rho = 62,3 \frac{lb}{pie^3} \right)$$

**Viscosidad Cinemática**

$$\nu = 8,94 \times 10^{-7} \frac{m^2}{seg} \quad \left( \nu = 9,15 \times 10^{-6} \frac{pie^2}{seg} \right)$$

**Viscosidad Dinámica**

$$\eta = 8,91 \times 10^{-4} Pa.seg \quad \left( \eta = 1,77 \times 10^{-5} \frac{lb.seg}{pie^2} \right)$$

### **Tubería:**

Material: ASTM A106 GrB, SCH 40

### **Cantidad de Fluido Para Extinción**

$$Q_{total} = 2500 gpm \text{ (Calculado en el numeral 4.2.5)}$$

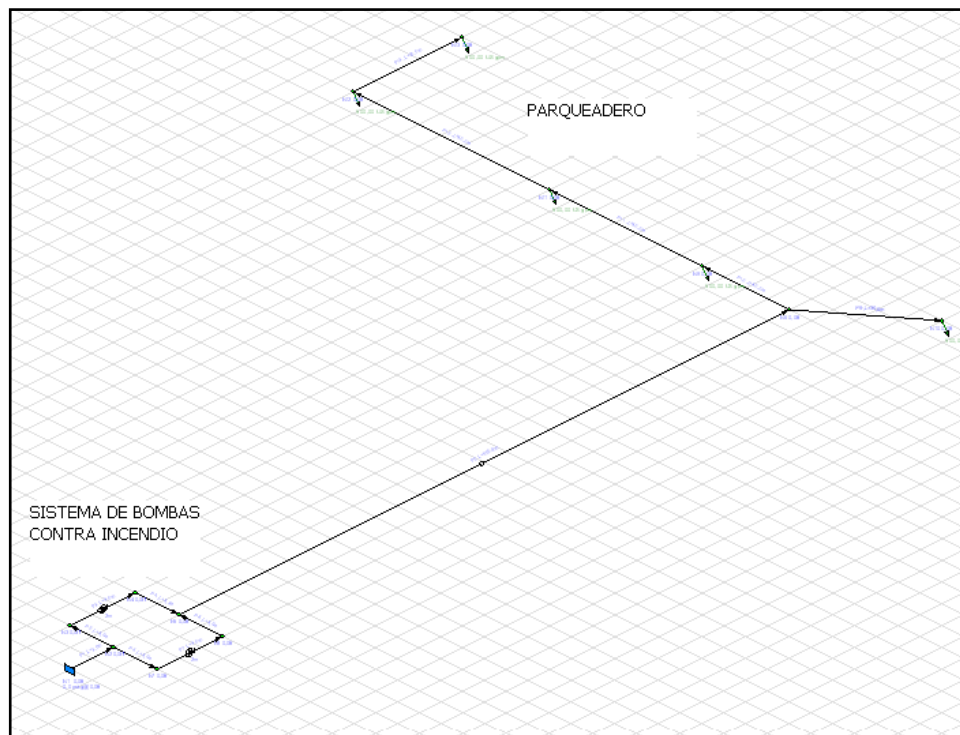
### **Presión en Cada Monitor**

Según la norma Petroecuador PE-SHI-018<sup>45</sup>.

P=100 psi

Introduciendo los datos antes mencionados y graficando el esquema en el entorno PIPE FLOW EXPERT, se puede apreciar la figura Fig. 4.51

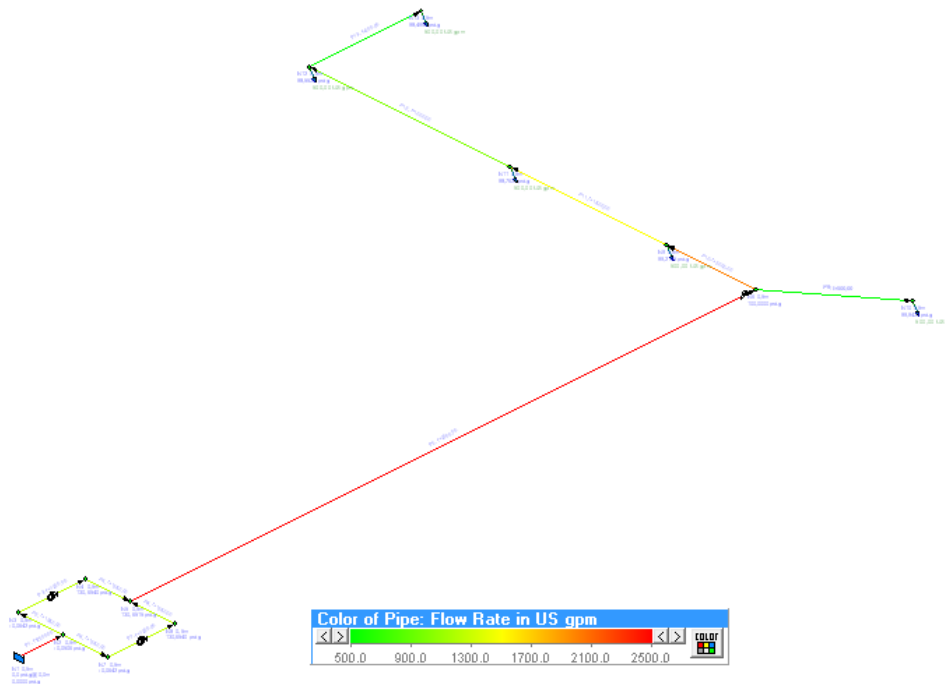
**Fig.4.51: Distribución Tuberías Área de Parqueaderos Entorno Pipe Flow**



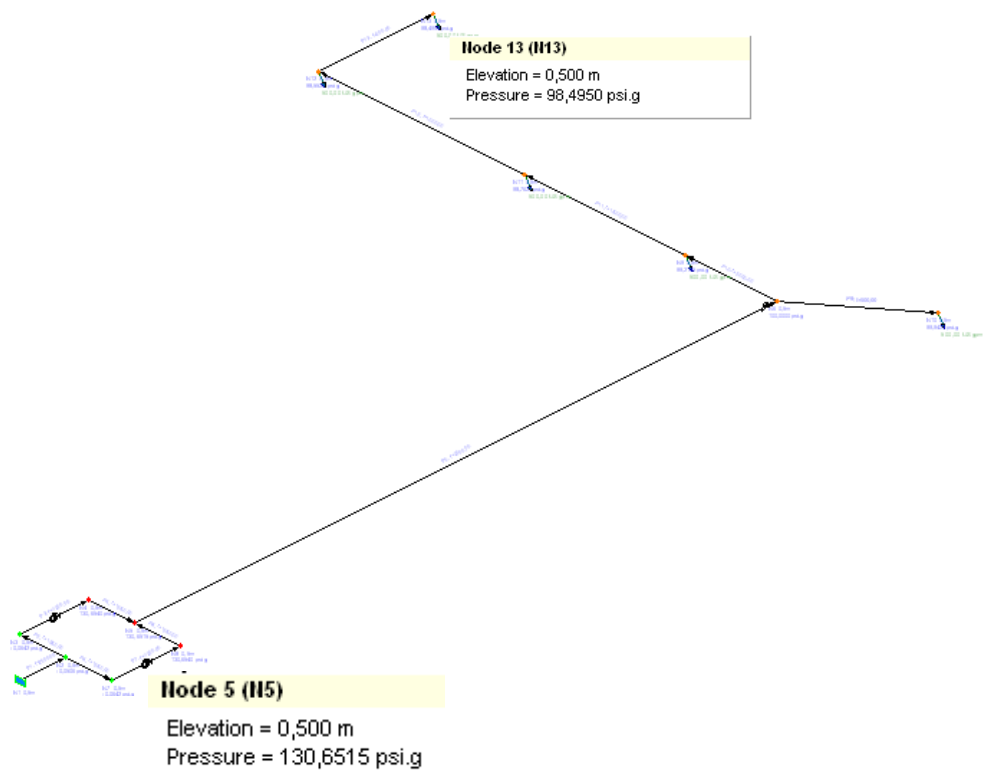
<sup>45</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-018, Sección 6.2, Hidrantes Industriales.

Simulando el programa se pueden visualizar los resultados. El caudal en las líneas, Las presiones en los monitores y las velocidades en las líneas se encuentran representadas en las figuras (4.52) (4.53) (4.54), respectivamente.

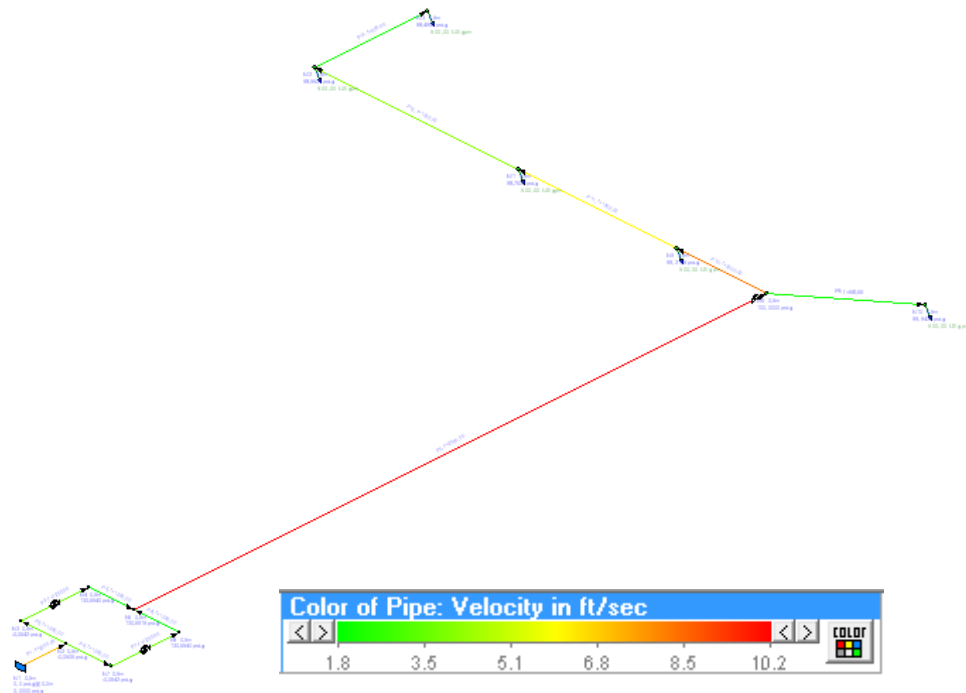
**Fig.4.52: Distribución Caudal**



**Fig.4.53: Presión Monitor más Lejano**



**Fig.4.54: Resultado de las Velocidades en Cada Línea**



Los resultados del caudal realizados en el software se pueden apreciar en la figura 4.52, el valor del caudal para cada monitor es 500 gpm, y el caudal para extinguir toda el área del cuarto de bombas de producto es 2500 gpm. Analizando los valores del caudal de los resultados del software se puede apreciar que los valores coinciden con los cálculos del caudal para cada monitor.

Realizando un análisis de los resultados de las presiones en la figura 4.53 se puede apreciar que la presión en el monitor más lejano es 98,49 psi y la presión a la salida de la bomba es 130,65 psi. Comparando los resultados del software. Los valores de la presión emitidos por el software para cada monitor se le pueden considerar aceptables ya que los rangos del funcionamiento de cada monitor son:

**Presión.**

P=100 psi

Comparando el resultado de la presión el requerido es 100 psi y el resultado del software es de 98,49 psi, por tanto el monitor va operar satisfactoriamente.

# **CAPÍTULO V**

## **DISEÑO DEL SISTEMA DETECCIÓN DE INCENDIOS**



## **5 DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.**

### **INTRODUCCIÓN.**

El sistema de detección y el sistema de extinción, son sistemas diferentes que están íntimamente relacionados, forman la parte medular de un S.C.I. (Sistema Contra Incendios). Cuando un incendio es detectado es necesario responder inmediatamente y esto solo se logra mediante un sistema que funcione de forma optima, tal es el caso que en el presente trabajo se plantea un sistema que permita una respuesta adecuada cuando se produzca un siniestro.

Con el motivo de proteger la integridad del personal, conservar las instalaciones, medio ambiente y bienes, es necesario actuar de manera inmediata cuando se presente un incendio o algún fenómeno que ponga en riesgo al Terminal. El sistema de detección está diseñado para funcionar ya sea de forma automática o de forma manual, cuando exista presencia de agentes que pongan en riesgo a las instalaciones y al personal la respuesta pueda ser la más rápida, para evitar su propagación y evitar el riesgo en el resto de las instalaciones.

El sistema de detección está compuesto por diferentes dispositivos, que interactúan con el sistema de extinción mediante la activación de actuadores, los que están instalados en todos los lugares de la estación donde es necesario proteger y en los lugares más apropiados para no interferir con la operación normal de la estación, inclusive el sistema está diseñado para activar de forma remota los dispositivos que forman parte del sistema de extinción.

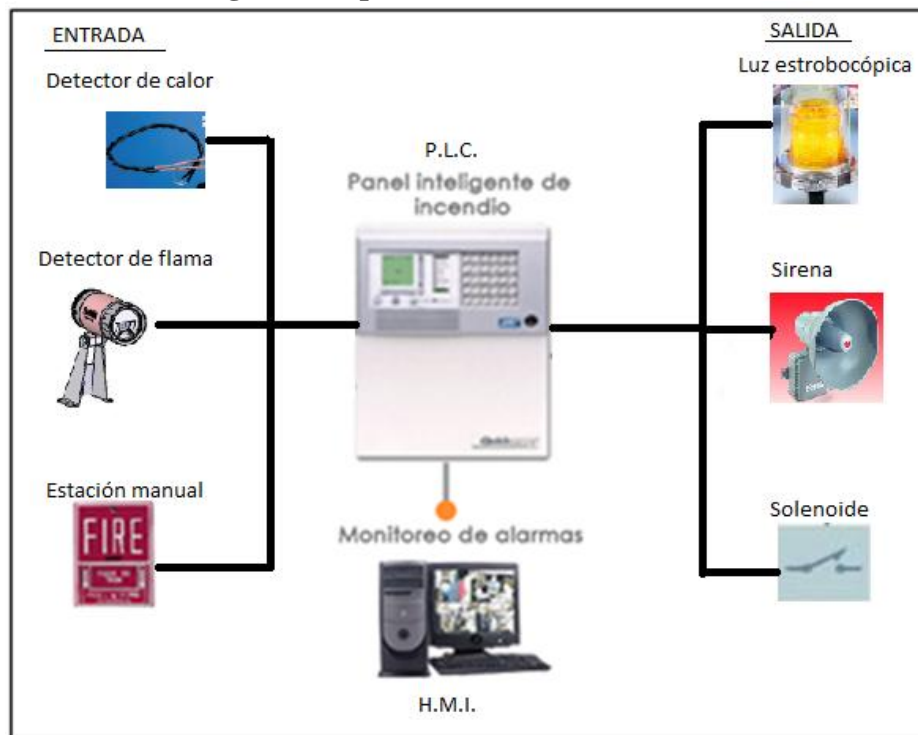
De acuerdo a la norma Petroecuador PE-SHI-022<sup>46</sup>. del compendio de normas de salud e higiene de Petroecuador, un sistema automático de detección y alarma de incendios está constituido fundamentalmente por: un tablero central de control, el mismo que tiene un PLC que a la vez es un HMI (Interfaz Hombre Maquina) para el control y monitoreo de los diferentes elementos y dispositivos del sistema de detección y extinción instalados en la estación, detectores de incendios, estaciones manuales de alarma, difusores de sonido, circuitos de señalización, etc. esto permite alertar al personal y responder de forma inmediata cuando ocurra algún fenómeno.

---

<sup>46</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-022, Tabla No. 1, Sistemas automáticos de detección y alarma de incendio, 1996, numeral 6, p2.

Un esquema representativo del sistema de detección se presenta en la figura 5.1.

**Fig. 5.1: Esquema Sistema de Detección**



## 5.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DETECCION DE INSENDIOS DEL TERMINAL PASCUALES.

### 5.1.1 Controlador Lógico Programable (PLC).

**PLC.** Estas siglas pueden tener significados como:

- Controlador Lógico Programable.
- **P**ower **L**ine **C**ommunications o comunicaciones utilizando las líneas eléctricas.

**Fig. 5.2: PLC. Controlador Lógico Programable.**



**Fuente:** Hoja Técnica Logo Siemens

Como su nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real, por lo general es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales. Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento y con un microprocesador integrado corre el programa, se tiene que saber que hay infinitudes de tipos de PLCs los cuales tienen diferentes propiedades que ayudan a facilitar ciertas tareas. Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar, esta información es recibida por captadores que gracias al programa lógico interno logran implementar a través de los accionadores o actuadores de la instalación.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones de detección y mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Entre las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin mayores costos adicionales, por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo, sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables,

o PLC, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y preparados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

Los PLC de la estación Pascuales recogen señales de entrada de los dispositivos de detección (detectores de calor, detectores de flama, estaciones manuales de alarma, etc.), coordinan el monitoreo y controlan las señales de salida de los actuadores (sirena, luces estroboscópicas, solenoides de las válvulas de diluvio, bombas de concentrado, bombas de agua, etc.), el reporte de fallas y el estado del S.C.I. se puede revisar en un H.M.I.

### 5.1.2 Detector de Flama (FD).

Los detectores de flama son dispositivos de vigilancia en tiempo real, típicamente ubicados a lo largo de las instalaciones con el objeto de alcanzar el área de cobertura específica y asegurar que se cumplan los requerimientos de seguridad del sitio. Cada detector es capaz de proveer señales de alarma por fuego luego de analizar características que permiten identificar que efectivamente se trata de un incendio, o alarma por fallas al equipo de control.

**Fig. 5.3: Esquema Detector de Flama.**

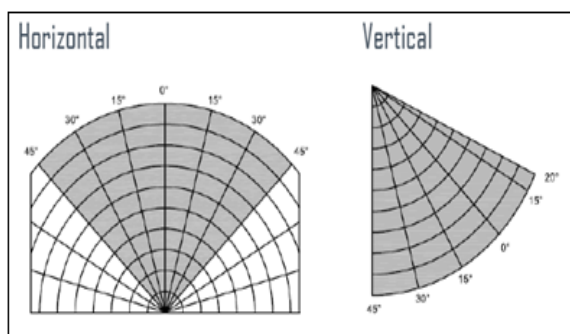


**Fuente:** Ficha Técnica, Net Safety Monitoring Inc.

### ➤ Campo de Visión del Detector de Flama.

Los detectores de llama tienen un ángulo de cobertura o protección aproximado de  $100^\circ$  en el plano horizontal y  $90^\circ$  en el plano vertical, este campo de visión forma una especie de pirámide con vértice en el centro del detector.

**Fig. 5.4: Campo de Visión.**



**Fuente:** Net Safety Monitoring Inc.

Tiene una distancia de captación de flama entre los 44 m, esta distancia puede ser mayor o menor dependiendo del material que esté en combustión y del equipo de detección. El detector de flama deberá montarse apuntando hacia abajo con algún grado de inclinación o de forma vertical, de modo que el polvo y la humedad no se acumulen sobre las ventanas ópticas de los detectores y para evitar que los rayos solares sean confundidos con llamas.

### 5.1.3 Sirena de Anuncio de Alarma (H).

La sirena es un dispositivo altavoz amplificado de alta potencia con controles internos y señal audible para servicio en áreas exteriores, cuyo propósito fundamental es el de alertar al recurso humano de la presencia de riesgo para que puedan reaccionar de manera adecuada. La cobertura de estos dispositivos es de  $360^\circ$ , por esto no es complicado el posicionamiento y su instalación. Se obtiene la distribución del sonido en todo el rededor del sitio.

**Fig. 5.5: Sirena.**

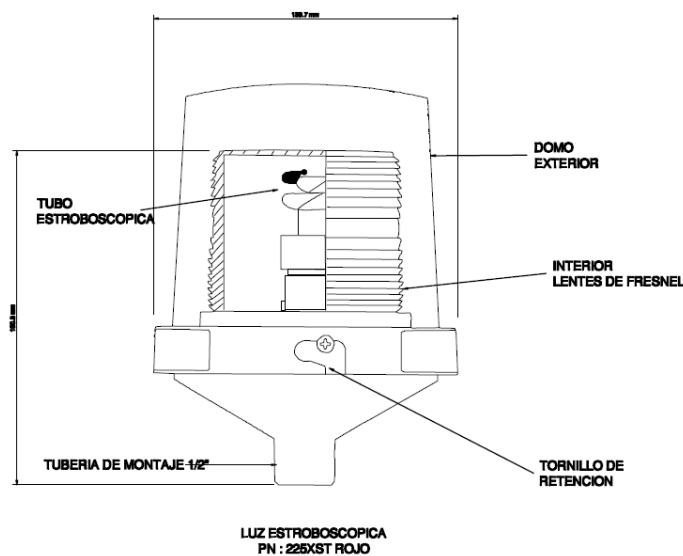


**Fuente:** Federal Signal Corporation.

#### **5.1.4 Luz Estroboscópica.**

Las luces estroboscópicas son señales visuales diseñadas para usarse en instalaciones peligrosas, tanto en interiores como al aire libre. Proporcionan una señal visible que alerta al personal sobre la presencia de peligro en las proximidades del lugar donde está encendiendo la luz estroboscópica.

**Fig. 5.6: Luz Estroboscópica.**



**Fuente:** Federal Signal Corporation.

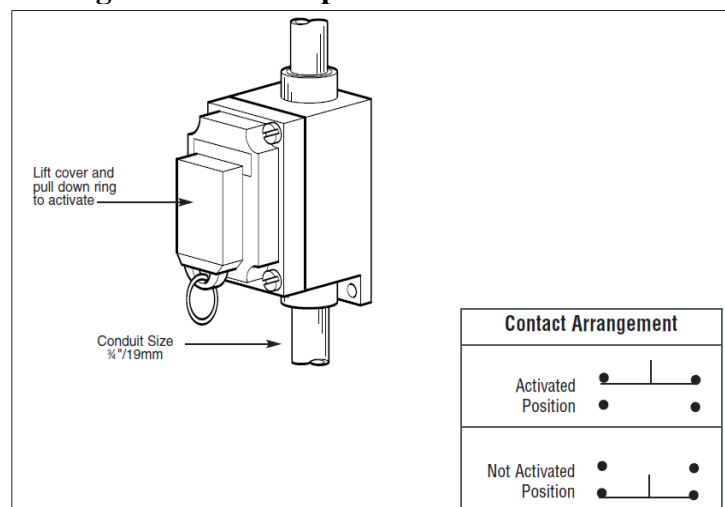
#### **5.1.5 Botoneras o Estaciones Manuales de Alarma (B).**

Las botoneras estarán ubicadas en todas las zonas de mayor riesgo, con la finalidad de que las personas puedan alertar de forma manual la presencia de un incendio, produciendo señales de alarma en el caso de no activarse automáticamente por los detectores del sistema.

Estas botoneras deben ser a prueba de explosión y de doble acción para prevenir cualquier activación por accidente.

Al ser activadas envían una señal al controlador y se procede de manera inmediata con la activación la luz estroboscópica y la sirena para dar alarma de la presencia de un siniestro. No activa los contactos de las bombas, las válvulas solenoides u otro equipo de extinción.

**Fig. 5.7: Botonera para Alarma de Incendio.**



**Fuente:** Federal Signal Corporation.

### 5.1.6 Detector Lineal de Calor (LHD).

El Detector Lineal de Calor es un cable que detecta el calor en cualquier punto de su extensión. El cable sensor se compone de dos conductores metálicos aislados individualmente con un polímero sensible al calor, los conductores aislados están trenzados para crear una presión de muelle entre sí, entonces se les envuelve con una funda exterior apropiada para el ambiente en el cual se ha de instalar el detector. Es un sensor de temperatura fija y capaz de activar una alarma cuando alcanza la temperatura de régimen activador. En la temperatura calibrada, el aislador de polímero sensible al calor se rinde contra la presión que censa, permitiendo que los conductores interiores se pongan en contacto y así activen una señal de alarma. Esta acción ocurre en cualquier lugar de la extensión del detector, no se requiere que se caliente una longitud específica para activar la alarma, ni se necesita calibrar el sistema para compensar por cambios de temperatura ambiental. La señal es enviada

a una caja de conexiones que está muy cerca del lugar donde está trabajando el LHD, esta caja de conexiones recibe la señal y a su vez envía la información al controlador para accionar los respectivos dispositivos a alarma y extinción.

#### **5.1.7 Panel de Control (CP).**

En el panel de control se encuentra el PLC, breakers y botones entre otros dispositivos que interfieren en la parte operacional del Terminal, también se dispone en la parte frontal de una pantalla de computador para el monitoreo y control de las zonas del S.C.I.

El mando remoto para activar los actuadores se podrá realizar desde cualquiera de las pantallas (PLC o pantalla de computador) instaladas en el panel de control que sirven como interfaz entre el operador y la maquina (H.M.I.).

### **5.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DEL TERMINAL PASCUALES.**

Para el monitoreo (detección) en las diversas zonas, se utilizará **detectores visuales de flama** que identifican la presencia de fuego presente en los tanques de almacenamiento tipo flotante, islas de carga y sala de bombeo, **detectores de calor** para los tanques de almacenamiento techo fijo, y estaciones manuales de alarma para zonas específicas donde las personas puedan físicamente pulsar un botón para alertar la presencia de fuego.

El sistema de extinción entrará en funcionamiento cuando una señal digital de entrada, proveniente de los detectores visuales de flama, LHD o estaciones manuales de alarma distribuidos en el terminal llegue al PLC, este envía otra señal que activará las válvulas de diluvio, válvulas de espuma, bombas, sirenas y luces estroboscópicas para propagar el fuego y dar alerta, o solo las señales que ejecutan alarmas sonoras y luminosas las cuales se encuentran distribuidas únicamente con la finalidad de alertar al personal. El PLC está programado de acuerdo con las estrategias de extinción de incendios revisadas en el capítulo anterior, con estas estrategias el controlador activa los diferentes recursos de extinción y alarmas.

Como el proceso de extinción se realiza a través del flujo de agua y solución de espuma por medio de rociadores y/o cámaras de espuma, estos necesitan que los



fluidos sean impulsados por bombas accionadas por motores, el funcionamiento del sistema es mediante motores eléctricos, en caso de pérdida de energía el sistema entra en funcionamiento mediante motores de combustión interna como respaldo.

La tabla 5.1. es una recomendación de los lugares donde se debe aplicar determinados sensores automáticos y manuales, en realidad es una recomendación ya que en ocasiones es necesario hacer excepciones por distintos motivos, ya sean por el tamaño de las áreas, por la disposición de los elementos a ser protegidos o cualquier otro factor que pueda alterar esta recomendación.

**Tabla 5.1: Aplicación de los Sensores.**

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>APLICACIÓN</b>
<b>Detector visual de flama DF</b>	Tanques de almacenamiento tipo flotante Isla de carga Isla de descarga Sala de bombeo
<b>Sensores LHD</b>	Tanques de almacenamiento techo fijo
<b>Detectores de humo SD</b>	Edificaciones Bodega Subestación
<b>Botonera</b>	Tanques de almacenamieto Estacion de carga Sala de bombas Oficinas Garita de ingreso Subestación

Para la selección del detector es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Cumplimiento de normas eléctricas y de seguridad, naturaleza de combustible, geometría del área protegida, factores ambientales, sensibilidad y tiempo de respuesta requeridos.

La Tabla 5.2. “Guía para la selección de detectores por tipo de instalación”<sup>47</sup> del compendio de normas de seguridad e higiene industrial de Petroecuador es otra herramienta para saber el tipo de detector que se debe aplicar en las diferentes instalaciones.

<sup>47</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-022, Tabla No. 1, Guía para la selección de detectores por tipo de instalación, 1996, p.19.

**Tabla 5.2: Guía para la Selección de Detectores por Tipo de Instalación.**

TIPO DE INSTALACION	TIPO DE DETECTOR		
	CALOR	HUMO	LLAMA
PLAN DE PROCESOS	X		X
ESTACION DE GENERACION ELECTRICA		X	
ESTACION DE BOMBEO	X		X
ISLAS DE CARGA	X		X
INSTALACIONES PORTUARIAS	X		X
INSTALACIONES DE FLUJO (PATIO DE BOMBAS)	X		X
TANQUES DE ALMACENAMIENTO (LIQUIDO INFLAMABLE)	X		X
SALA DE CONTROL		X	
SALA DE COMPUTO / ALMACENAMIENTO DE DATOS			
CENTRO DE DISTRIBUCION DE POTENCIA ELECTRICA(SUBESTACIONELECTRICA)		X	
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES		X	
CUARTO DE INTERRUCTORES		X	
LABORATORIOS	X	X	
BODEGAS			
a) MADERA Y PAPEL		X	X
b) PLASTICOS		X	
c) ALIMENTOS		X	
d) METALES	X		
e) LIQUIDO Y GASES INFLAMABLES		X	X
TALLERES DE PINTURA	X		
SALA DE REPRODUCCION/ARCHIVO DE DOCUMENTOS		X	

**Fuente:** Norma Petroecuador PE-SHI-022

### 5.2.1 Matriz Causa & Efecto.

La matriz causa efecto es una herramienta que permite conocer el comportamiento de los dispositivos que intervienen en el sistema de detección y también en el sistema de extinción. Mediante la aplicación de la matriz causa efecto se puede determinar los elementos que actúan cuando una señal de entrada indica que existe un incendio. En esta matriz se evidencia que ocurre cuando un elemento manual o un dispositivo automático de entrada son activados y además representa los elementos que han de intervenir como efecto de la señal enviada por el dispositivo de entrada que a su vez representa un incendio. Todo lo que en una matriz se representa, se implementa en un sistema automático compuesto por sensores, actuadores y un controlador lógico programable o PLC el mismo que es programado para realizar las funciones que se representan en las matrices.

La matriz causa efecto para cada una de las zonas del Terminal Pascuales, enlaza la detección con la extinción, la representación de la misma está basada en las consideraciones del compendio de normas de Petroecuador PE-SHI-18 y revisadas en el Capítulo IV (**Cfr. Supra**) que se resume a continuación:

- En los tanques de techo flotante únicamente se analiza el incendiado y no los adyacentes.
- En los de techo fijo consideramos el incendiado y los adyacentes que son más representativos del cuadrante de selección.

Para leer la matriz solo se requiere trazar líneas perpendiculares en los lugares donde se encuentra marcado con un X, los datos del lado derecho son los datos de entrada comprendido por lo detectores y los del lado derecho son las señales de salida que sirven para activar los actuadores.

**Tabla 5.3: Matriz Causa Efecto.**

ZONA 1 SALA DE BOMBEO			EFFECTO											
			DISPOSITIVO	TAG	UBICACIÓN									
DISPOSITIVO	TAG	UBICACIÓN	LUZ ESTROBOSCOPICAS	SL-1A	SALA DE BOMBEO	SIRENA	H-1A	SALA DE BOMBEO	SOLENOIDE	S-1A	ESPUMA SALA DE BOMBEO	SOLENOIDE	S-2A	AGUA DEL TANQUE BLADER SALA DE BOMBEO
PULSADOR	B-1A	SALA DE BOMBEO		X		X								
DETECTOR DE FLAMA	FD-1A	SALA DE BOMBEO		X		X		X		X		X		X
LHD	LHD-1A	SALA DE BOMBEO		X		X		X		X		X		X

El funcionamiento del sistema se representa en la matriz causa efecto donde la causa son las señales de entrada (detección) y el efecto son las señales de salida (extinción).

La matriz de la tabla 5.3. indica que cuando es accionado el pulsador B-1A que corresponde a la sala de bombeo se enciende de forma automática y simultáneamente la luz estroboscópica SL-1A y la sirena H-1A, mientras que la válvula solenoide de la sala de bombas S-1A y la válvula solenoide de agua que alimenta al tanque blader

S-2A para la formación de la espuma no se activan desde esta estación manual de alarma o botonera. Cuando el detector de flama o el detector de calor envían una señal digital al PLC que indique que ha variado su estado normal este manda la señal para activar la luz estroboscópica SL-1A, la sirena H-1A, la válvula solenoide de la sala de bombas S-1A y la válvula solenoide de agua que alimenta al tanque blader S-2A simultáneamente.

La matriz causa y efecto de cada área se analizará posteriormente en la zonificación.

### **5.3 ZONIFICACION Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS EN EL TERMINAL PASCUALES.**

El sistema de detección de Incendios del Terminal Pascuales está distribuido de formas similar que la Zonificación de las Áreas de Riesgo Del Terminal Pascuales del Capítulo IV, numeral 4.1 **(Cfr. Supra)**, con la diferencia que en el presente capítulo no se realiza detección en la zona de parqueadero, por ser un lugar donde no es necesario la detección automática.

#### **5.3.1 Área 1: Cuarto de Bombas de Producto.**

En el cuarto bombas de producto se maneja combustibles inflamables, por medio de la aplicación de la guía para la selección de detectores por tipo de instalación de la norma Petroecuador PE-SHI-22<sup>48</sup> se determina que esta área debe protegerse con los siguientes equipos:

➤ **Detector de flama en el cuarto de bombas de producto.**

Según la norma de Petroecuador PE-SHI-022<sup>49</sup>, podemos seleccionar entre sensores de flama ultravioletas y sensores infrarrojos. El equipo seleccionado corresponde a un sistema infrarrojo (IR), en estos se limita la sensibilidad del detector a una estrecha banda de alrededor de 4,3 micrones (longitud de onda de emisión del CO<sub>2</sub>), a fin de evitar la respuesta a la radiación solar. Además, incorpora dispositivos que permiten únicamente la respuesta del detector cuando la fuente de radiación no es estática, sino que "parpadea", tal como ocurre con la llama de un incendio.

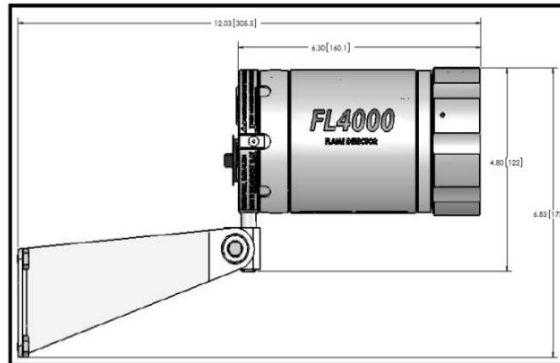
---

<sup>48</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-022, Op. Cit. p.19.

<sup>49</sup> Idem., Sección 7 Criterios para selección de un Sistema, Detectores de flama. P 14.

El detector de flama aplicado es el FL4000, que tiene características y capacidades que se detallan en el ANEXO B-1

**Fig. 5.8: Detector de Flama FL4000.**



**Fuente:** Hoja Técnica General Monitors.

Este tipo de detector tiene una capacidad máxima de cobertura de 230 ft que equivale a 70.10 m con un ángulo de 100° @ 100 pies; 90° @ 210 pies y un tiempo de respuesta menor a 10 segundos.

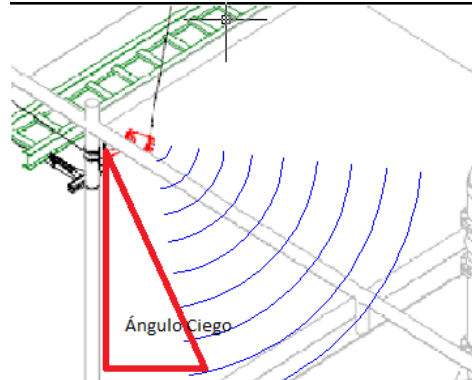
En el cuarto de bombas de producto se utiliza **cuatro** (4) detectores de flama colocados en lugares opuestos para tener una cobertura total y mejor nivel de seguridad basado en la redundancia.

El detector FL4000 tiene una cobertura de 70.10 m, debido a la cobertura angular del detector, en los lugares cercanos al mismo existe sitios donde no está protegido (ángulo ciego), ya que el detector está colocado en un lugar elevado apuntando hacia abajo con un ángulo de inclinación para evitar que el lente se ensucie con cualquier tipo de impureza y también para evitar que los rayos del sol produzcan falsas alarmas como se ilustra en la figura 5.9, este inconveniente del ángulo ciego se soluciona colocando otro sensor en el extremo opuesto, el mismo que tendrá una cobertura redundante cruzar sus campos de cobertura, esto es beneficioso para el S.C.I. ya que permite tener mayor seguridad en la detección, sobre la redundancia el compendio de normas de Petroecuador indica que:

Cuando se utilicen detectores de humo o llama para activación automática de sistemas de extinción de incendios, en su localización deberá adoptarse un diseño de zonas cruzadas, lo cual permite reducir la posibilidad de falsas alarmas. La operación de un detector producirá solamente una señal de alarma. Cuando un segundo detector, no conectado al mismo circuito de señalización que el

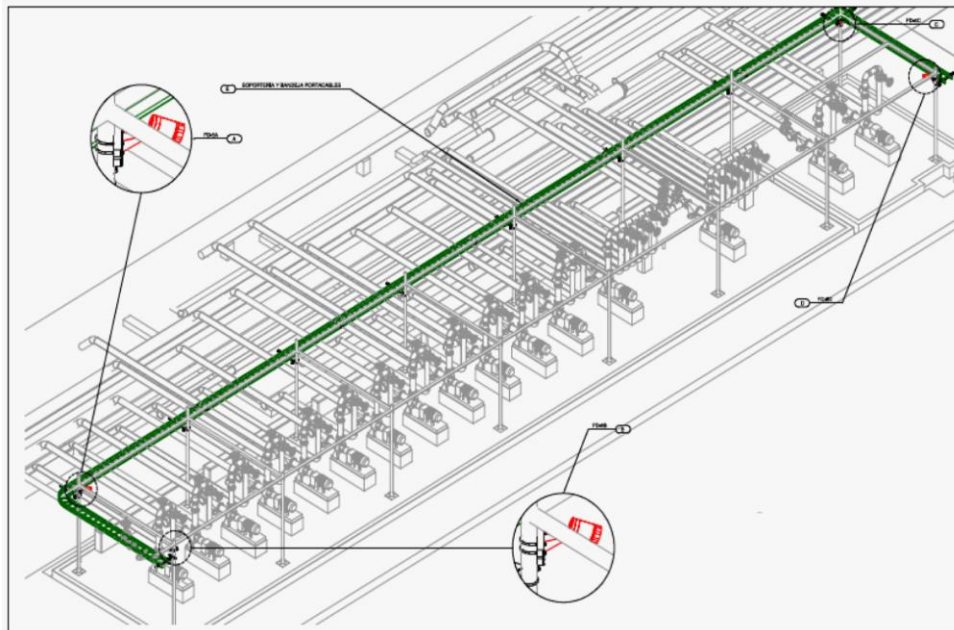
primero, es activado, se producirá la operación automática del sistema de extinción de incendios. (Norma Petroecuador PE-SHI-022)<sup>50</sup>.

**Fig. 5.9: Cobertura del Detector de Flama**



El esquema de la ubicación de los detectores de flama en el cuarto de bombas de producto se muestra en la figura 5.10.

**Fig. 5.10: Disposición de los Sensores de Flama en el Cuarto de Bombas de Producto.**



<sup>50</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-022, Sección 7.2 Activación de Sistemas de Extinción de Incendios. P 17.

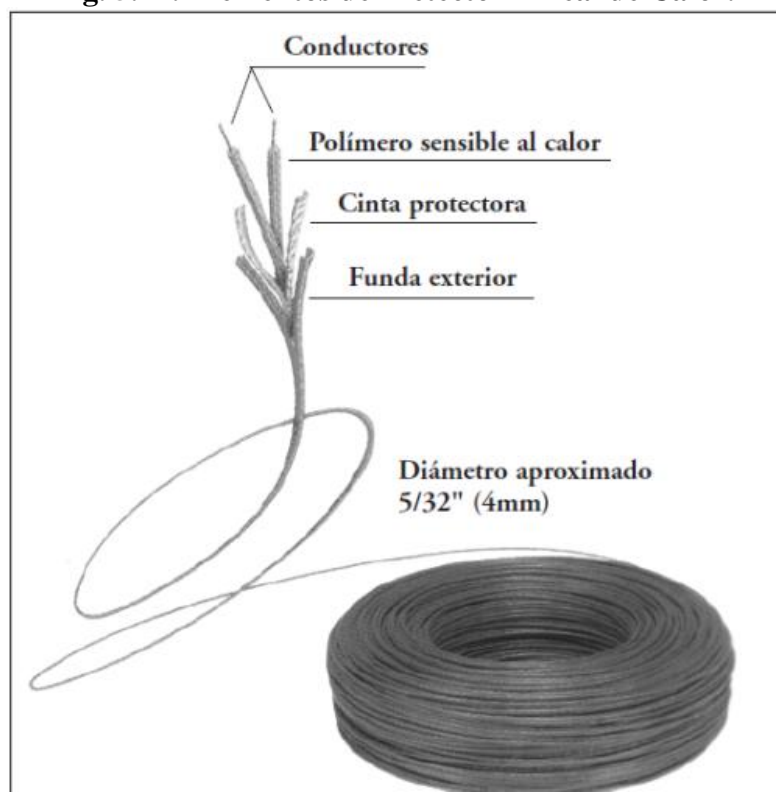
➤ **Detector de calor en el cuarto de bombas de producto.**

La “Guía para la selección de detectores por tipo de instalación” revisada en el presente capítulo (**Cfr. Supra**), sugiere que las estaciones de bombeo sean protegidas por detectores de calor y detectores de flama.

El compendio de normas de Petroecuador PE-SHI-022<sup>51</sup> indica que: “En equipos al aire libre, es conveniente instalar detectores de calor del tipo lineal”. Este tipo de detectores es conocido como LHD –Linear Heat Detector- (Detector Lineal de Calor).

Los LHD en cualquier parte de su extensión puede detectar la presencia anormal de calor mediante el contacto de sus conductores eléctricos internos al derretirse el polímero que los aísla por efecto del calor.

**Fig. 5.11: Elementos del Detector Lineal de Calor.**



**Fuente:** Protectowire Fire Sistem, manual de instalación.

<sup>51</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-022, Sección 7.2.1.1 Detectores de Calor, Aplicación. P 7

Los detalles y características técnicas de los LHD se presentan en el **ANEXO B-2**.

Los LHD se seleccionan en base a la temperatura ambiente y a la temperatura de alarma. Ver **ANEXO B-3**.

En el **ANEXO B-3** se escoge el producto PHSC-190-EPR, de tipo EPR ya que la temperatura ambiente máxima en el Terminal Pascuales no supera los 66° C en un día por más caluroso que este sea, la temperatura ambiente no suele superar los 45°C. El LHD de tipo EPR tiene buenas características físicas, las mismas que cumplen con los requerimientos del lugar donde se debe aplicar el detector. La calidad de la estructura del cable es un factor importante dependiendo del medio en el cual se lo aplica, se debe considerar factores tales como la protección UV, resistencia a la abrasión, resistencia a la acides de los aceites, etc., características que el LHD tipo EPR cumple satisfactoriamente. Como el trabajo del LHD será en la intemperie, bajo sol o lluvias, etc., el producto seleccionado es el más adecuado para la aplicación según la temperatura y el medio ambiente usando. El **ANEXO B-3** a su vez establece la distancia S, la cual el fabricante indica que es la separación máxima en la instalación. La distancia de separación S recomendada por el fabricante de 30 pies. que equivale a 9.1 m y la temperatura de alarma está en los 88° C, que es la temperatura aproximada a la cual los cables del LHD se unirán en cualquier parte de su longitud.

Los cables están identificados por un código de colores que determinan las características físicas y las especificaciones de los detectores LHD, El código de colores está detallado en el **ANEXO B-4**. El color correspondiente al EPR con alarma en los 88° C es el plomo.

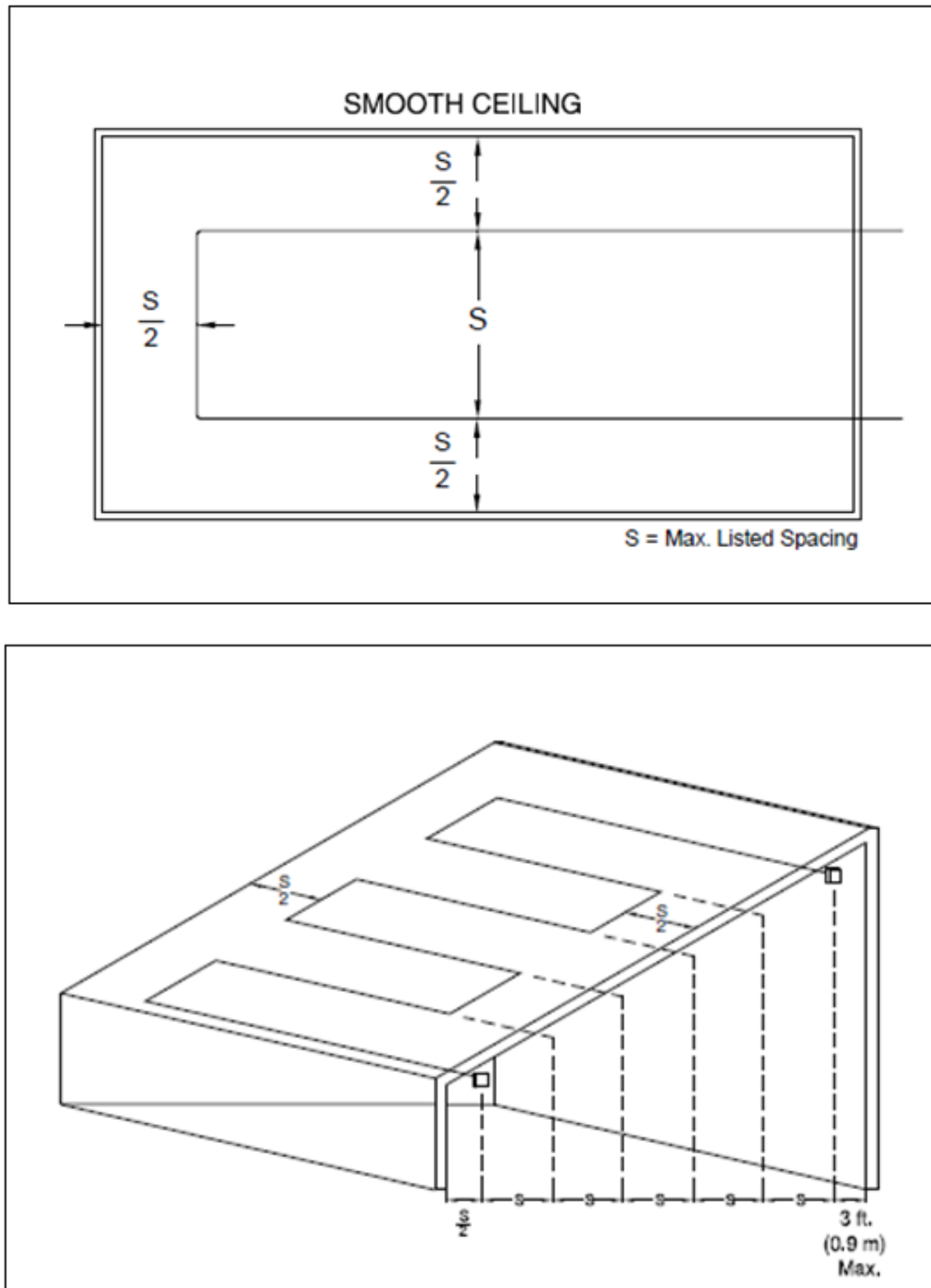
La norma NFPA72<sup>52</sup> recomienda que la ubicación de los LHD se realiza de conformidad con los valores determinados por los fabricantes identificado con la letra S valor que corresponde a la separación que debe existir entre las diferentes pasadas del LHD, y  $\frac{S}{2}$  en los lugares cercanos a las paredes, cubriendo de forma total toda la instalación, tal como se muestra en la figura 5.12., la misma que nos da referencia de cómo debe ir colocados los LHD.

---

<sup>52</sup> Norma NFPA-72 - 1996 edition "National Fire Alarm Code." Código Nacional de Alarmas, sección A-2-5.2.2



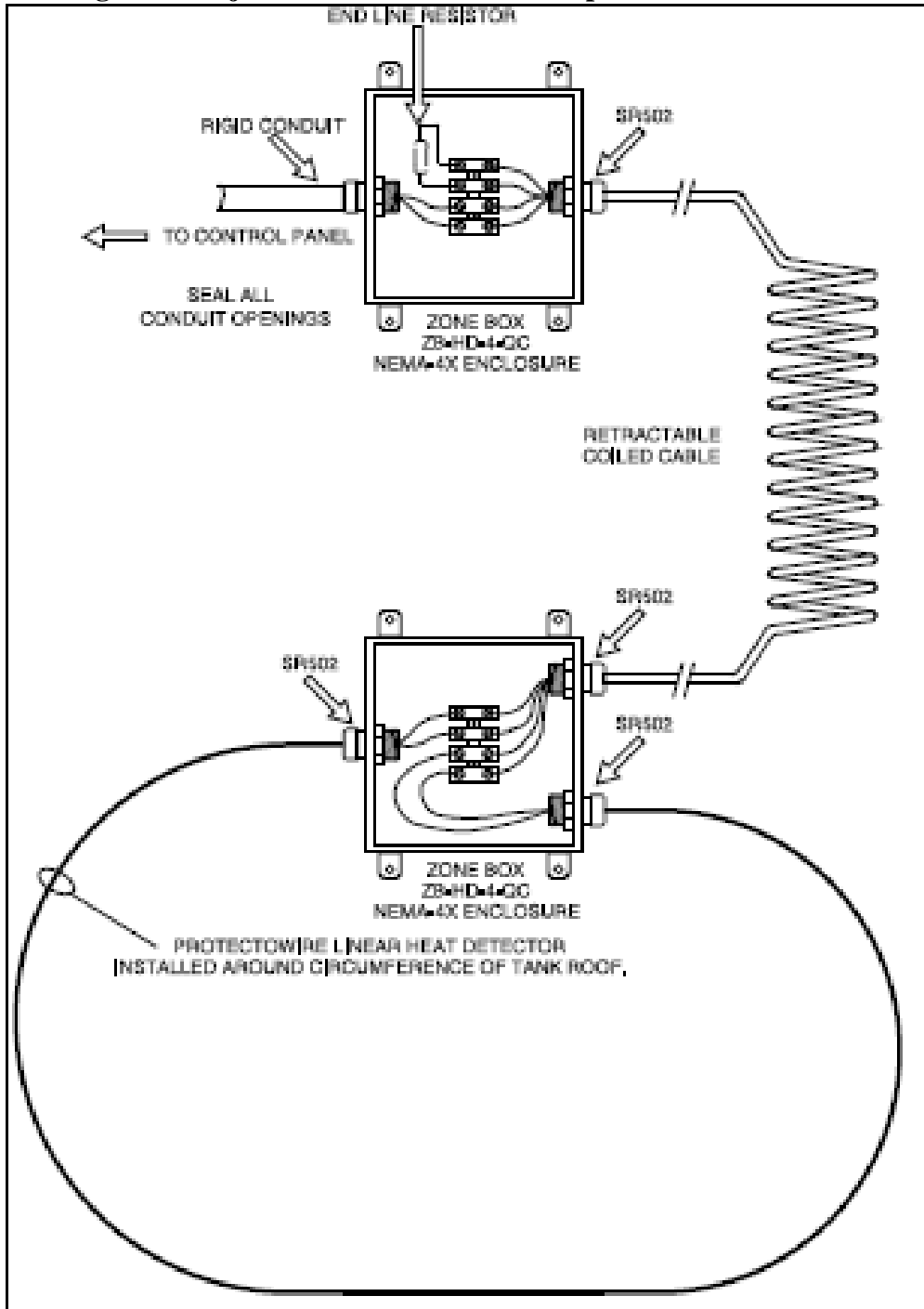
**Fig. 5.12: Espaciamiento de los Detectores de Calor (LHD).**



**Fuente:** Protectowire Fire Sistem, manual de instalación.

Los detectores de calor LHD se conectan a cajas de conexiones eléctricas como se muestra en la figura 5.13, que llevan la información a los PLC, por medio de otro tipo de cable para proteger la información y evitar falsas alarmas.

**Fig. 5.13: Caja de Conexiones Eléctricas para Detectores LHD.**



**Fuente:** Protectowire Fire Sistem, manual de instalación.

➤ **Estaciones manuales de alarma (BOTONERAS).**

Las estaciones manuales de alarma son dispositivos que permiten transmitir una situación de emergencia en una instalación y se instalan en las áreas de riesgo

potencial, como unidades de procesos, áreas de almacenamiento, estaciones de bombas, islas de carga, etc.

La norma Petroecuador PE-SHI-022 presenta los criterios con los cuales se instala las estaciones manuales de alarma:

- Deberá colocarse una estación manual de alarma en locales cuya área sea igual o mayor de 900 m<sup>2</sup>.
- En las vías de escape, cercanas a las salidas de la instalación.
- En las áreas de procesos al aire libre, se ubicarán en la periferia de la instalación, junto a las vías normales de paso y en el exterior de las salidas del edificio de control.
- En edificaciones y locales cerrados, en sitios visibles y de fácil acceso.
- La distribución de las estaciones manuales se realizará de forma que la distancia a recorrer para su activación no sea excesiva en áreas de proceso y de almacenamiento. **(Petroecuador PE-SHI-022)<sup>53</sup>.**

Las estaciones manuales de alarma deben tener a una altura no mayor a 1.50 m. sobre el nivel del piso.

En el cuarto de bombas de producto es suficiente contar con una sola estación manual de alarma la misma que debe estar bien compartida para servir tanto al cuarto de bombas de producto, área de tanques de almacenamiento de la estación de despacho y a las islas de carga, porque las dimensiones de estas áreas no son muy representativas y así lo permiten, además las estaciones manuales solo activan las alarmas visuales y sonoras.

La representación del funcionamiento entre los diferentes dispositivos del cuarto de bombas de producto se representa en el **ANEXO B-5**.

### **5.3.2 Área 2: Área de Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**

El diseño del sistema de detección de la estación reductora se realiza considerando la norma Petroecuador PE-SHI-022 Guía para la selección de detectores por tipo de instalación (**Cfr. Supra**), mediante la aplicación de esta guía se determina que la estación reductora se debe proteger con:

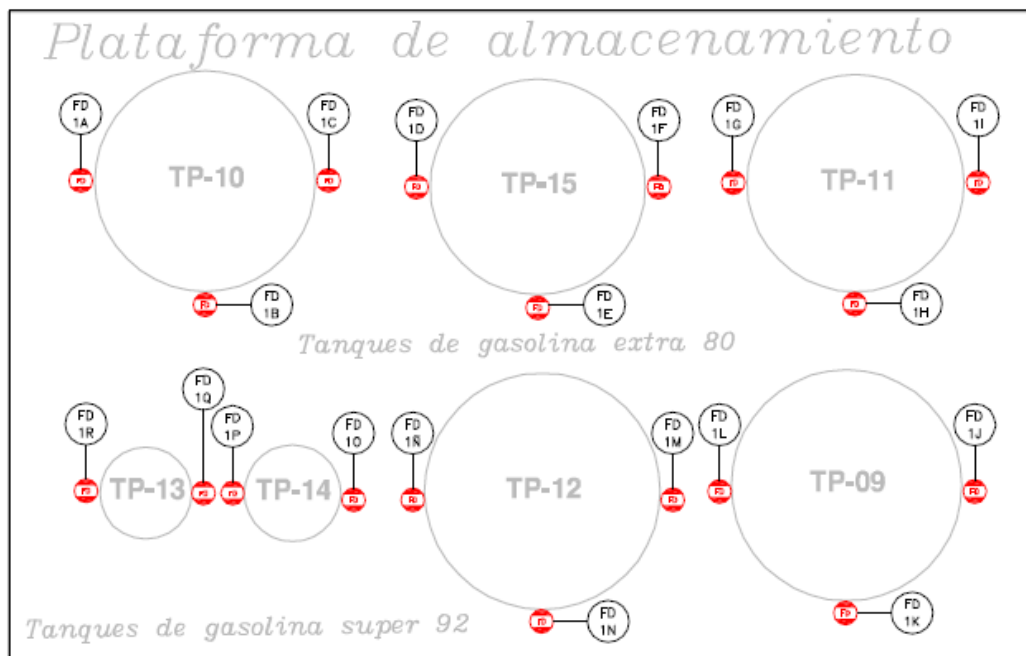
---

<sup>53</sup> Norma Petroecuador PE-SHI-022, Sección 7.4.2 Estaciones manuales de Alarmas. P 18.

➤ **Detector de flama en el área de tanques de almacenamiento de la estación reductora.**

Para la colocación y ubicación de detectores de flama en los tanques de almacenamiento se considera si el tanque es de techo fijo o de techo flotante. Únicamente los tanques de techo flotante (Tanque de techo plano) incorporan en su sistema de detección a los detectores de flama, correspondiendo a este tipo de tanques los tanques TP-09, TP-10, TP-11, TP-12, TP-13, TP-14, TP-15. Estos tanques ocupan el mismo tipo de detector de flama utilizado en la zona anterior. (Cfr. Supra). Para el caso de tanques grandes se coloca tres detectores de flama en cada tanque de manera que exista redundancia en la cobertura, esto permite que el sensor tenga una cobertura completa de la superficie del techo de los tanques, para los tanques más pequeños como el TP-13 y TP-14 es suficiente con dos detectores de flama colocados en puntos opuestos. La ubicación de los detectores de flama distinguidos como un símbolo de color rojo, están ubicados en los tanques de almacenamiento de la estación reductora como se representa en la figura 5.14.

**Fig. 5.14: Distribución de los Detectores de Flama en los Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**

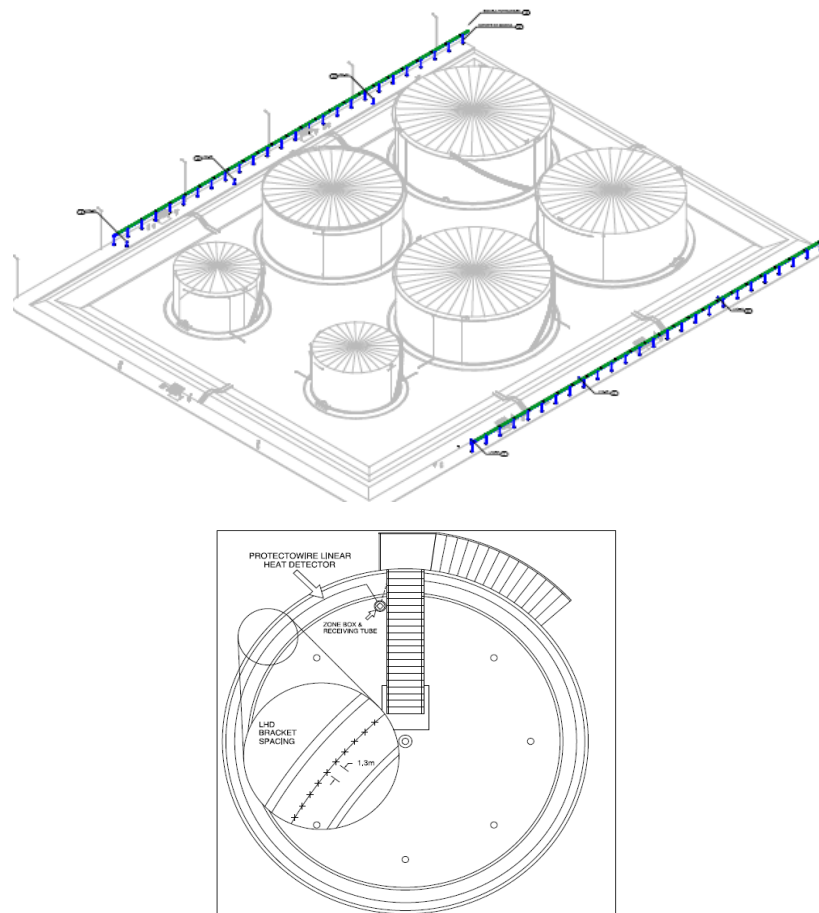


➤ **Detector de calor en el área de tanques de almacenamiento de la estación reductora**

Para la colocación y ubicación de detectores de calor en los tanques de almacenamiento se considera si el tanque es de techo fijo ya que únicamente los tanques de techo fijo (Tanque de techo cónico) incorporan en su sistema de detección a los detectores de calor, correspondiendo a este tipo tenemos los tanques TP-17, TP-18, TP-19, TP-20, TP-21, TP-22, TP-24, TP-25, TP-26, TP-27, TP-28 Y TP-29. Estos tanques ocupan el mismo tipo de detector de calor utilizado en la zona anterior (Cfr. **Supra**).

La manera de ubicar los detectores de calor LHD en los tanques de almacenamiento es en el techo del mismo, de forma circunferencial e inscrita a la parte periférica del tanque, como se muestra en la figura 5.15, cada tanque cuenta con su respectiva caja de conexiones.

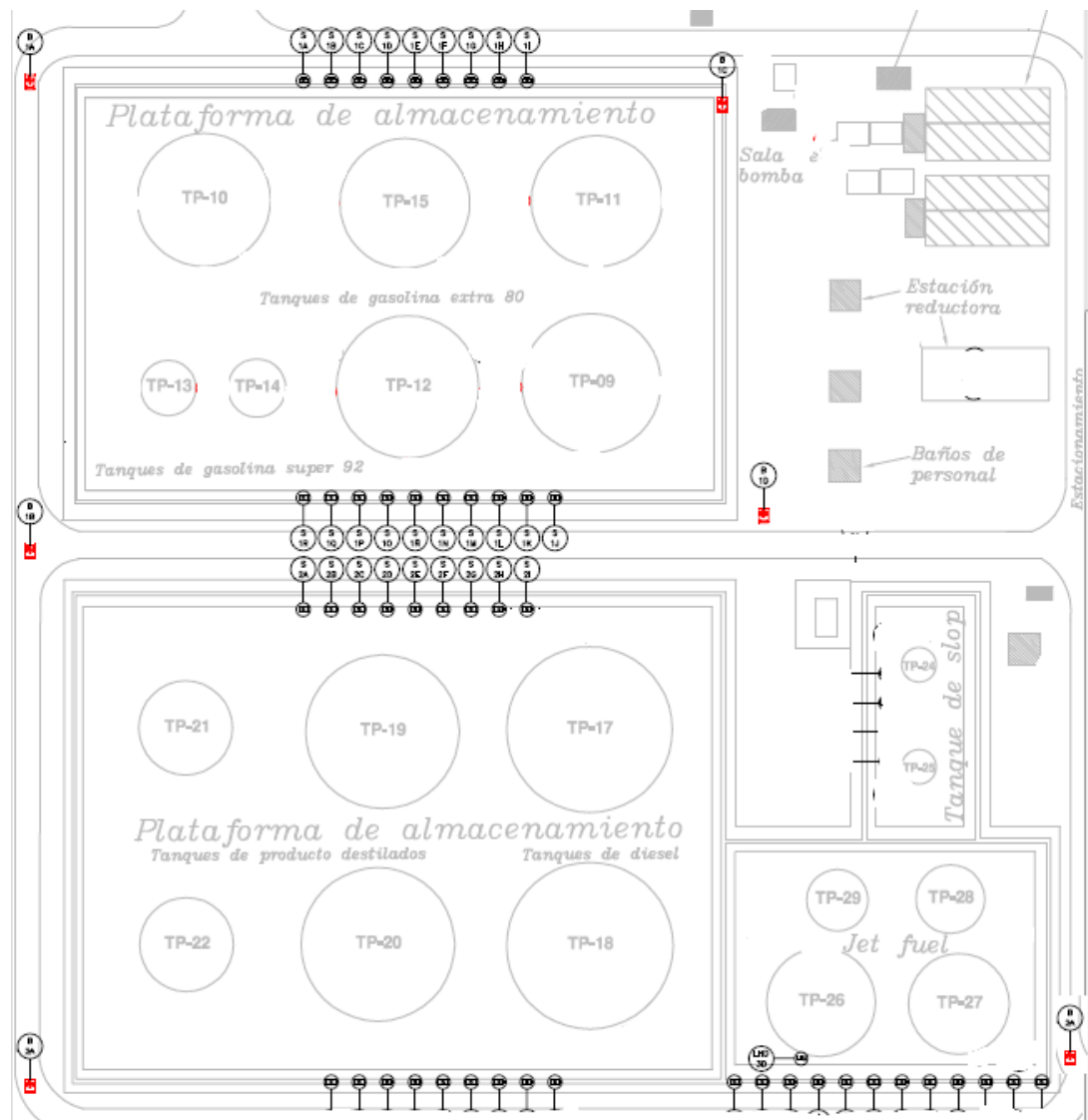
**Fig. 5.15: Ubicación y Distribución de los Detectores LHD en los Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**



➤ **Estaciones manuales de alarma (BOTONERAS) en el área de tanques de almacenamiento de la estación reductora.**

Con los criterios presentados anteriormente en la zona de cuarto de bombas de producto (Cfr. **Supra**) en base a la norma Petroecuador PE-SHI-022, las estaciones manuales de alarmas se colocaran en vías de escape, que están en la periferia de los cubetos para que cualquier persona pueda dar alarma en el momento de un siniestro al mismo instante que está evacuando. En la figura 5.16. se muestra esquemáticamente la ubicación de seis Estaciones Manuales de Alarma marcadas de color rojo, colocadas según los criterios anteriormente expuestos.

**Fig. 5.16: Estaciones Manuales de Alarma en los Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora.**



Mediante el ANEXO B-6 se representa el funcionamiento de los diferentes elementos que intervienen en la detección y la respuesta obtenida por parte de los dispositivos de alarma y extinción del área de tanques de almacenamiento de la estación reductora.

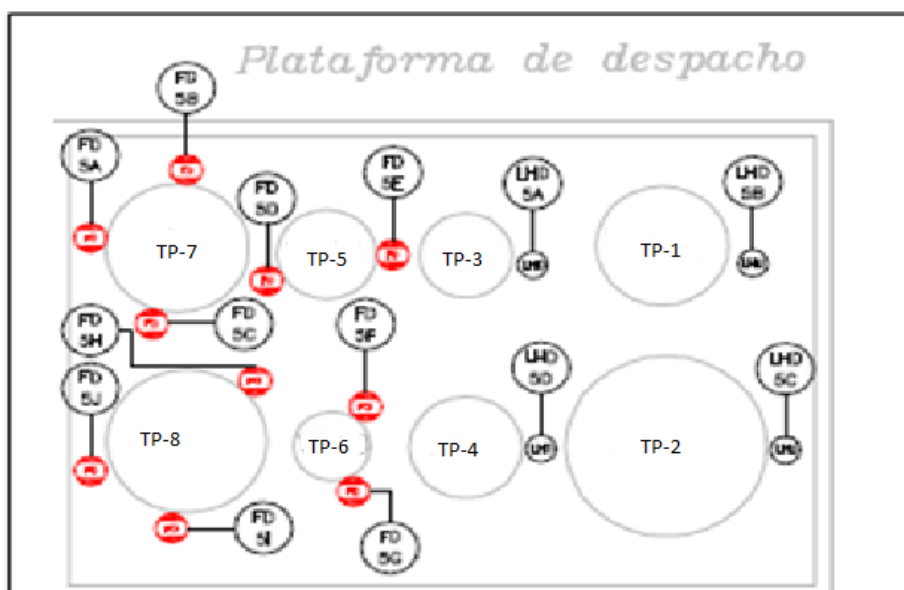
### 5.3.3 Área 3: Área de Tanques de Almacenamiento de la Estación de Despacho.

El diseño del sistema de detección de la estación de despacho se realiza considerando la norma Petroecuador PE-SHI-022. Guía para la selección de detectores por tipo de instalación (Cfr. Supra), mediante la aplicación de esta guía se determina que en el Área de Almacenamiento de la Estación de Despacho se debe proteger con los siguientes equipos:

- Detectores de flama en el área de tanques de almacenamiento de la estación de despacho.

Con el mismo criterio aplicado en los tanques del Área 2 (Cfr. Supra), los tanques TP-07 y TP-08 de techo flotante (planos) son tanques grandes y está protegido por tres detectores de flama, mientras que los tanques TP-05 y TP-06 son tanques de techo flotante relativamente más pequeños y son protegidos por dos detectores de flama debido a su menor área de protección.

**Fig. 5.17: Distribución de los Detectores de Flama y LHD en los Tanques de Almacenamiento de la Estación de Despacho.**



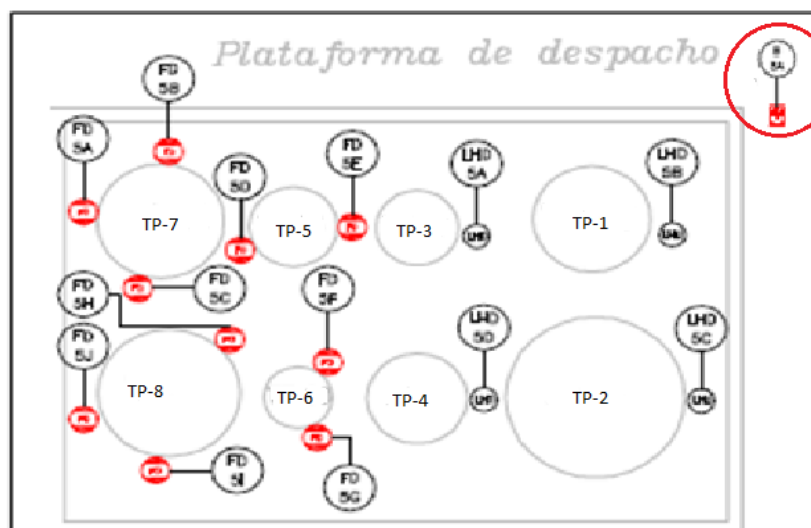
- **Detector de calor en el área de tanques de almacenamiento de la estación de despacho.**

De igual manera que en la selección y ubicación de los detectores de calor usados en las anteriores áreas, se aplica para los tanques TP-01, TP-02, TP-03 y TP-04 de techo fijo (cónico), se usa el mismo tipo de sensor LHD (PHSC-190-EPR) especificado para las áreas anteriores, así como también su criterio de ubicación (**Cfr. Supra**).

- **Estaciones manuales de alarma (BOTONERAS) en el área de tanques de almacenamiento de la estación de despacho.**

En el área de tanques de despacho es suficiente colocar una estación manual para alertar al personal en caso de presentarse algún siniestro en, es suficiente una estación manual bien distribuida en esta área como se ilustra en la figura 5.18, la misma que también se ocupara para el cuarto de bombas de producto y para las islas de carga.

**Fig. 5.18: Estación Manual de Alarma en los Tanques de Almacenamiento de la Estación de Despacho.**



Mediante la Matriz Causa –Efecto del **ANEXO B-7** se representa el funcionamiento de los diferentes elementos que intervienen en la detección y la respuesta obtenida por parte de los dispositivos de alarma y extinción del área de tanques de almacenamiento de la estación de despacho.

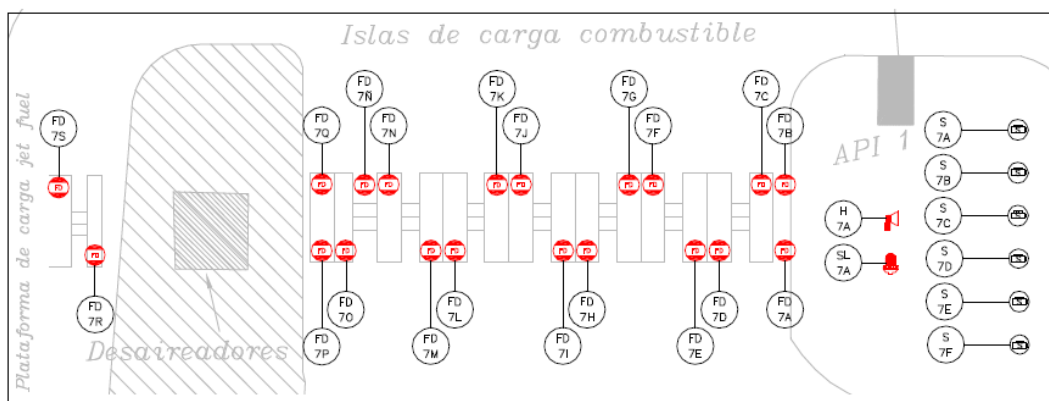


### 5.3.4 Área 4: Área de Islas de Carga de Combustible.

#### ➤ Detectores de flama en el área de islas de carga de combustible.

La “Guía para la selección de detectores por tipo de instalación”, mencionada en este mismo capítulo (Cfr. Supra) sugiere que las islas de carga pueden estar protegidas por detectores de calor y/o detectores de flama, para el diseño del presente trabajo se considera la aplicación de detectores de flama. La compleja estructura que tiene esta área produce interrupciones de la línea de vista o campo visual del detector en cortas distancias, evitando que el detector pueda monitorear lo que está atrás de los obstáculos, por esto y en base a la norma NFPA72<sup>54</sup>, la disposición de los sensores es de tal forma que los extremos laterales de la isla de carga están protegidos por dos detectores apuntando hacia afuera y su campo visual es cruzado en cada uno de los extremos, y en las áreas internas se intercala los detectores en forma cruzada como se representa en la figura 5.19. Se utiliza veinte (20) detectores de flama del mismo modelo de detector aplicado en las áreas anteriores (FL4000).

**Fig. 5.19: Distribución de los Detectores de Flama en las Islas de Carga de Combustible.**



En esta área no se aplica el detecto de calor LHD ya que la redundancia de los sensores de flama brindan una gran cobertura y seguridad a pesar que la guía para la selección de detectores de las normas de Petroecuador así lo sugiera.

<sup>54</sup> Norma NFPA-72 - 1996 edition “National Fire Alarm Code.” Código Nacional de Alarmas, sección A-5-4.2. Principios de operación de los detectores.

- **Estaciones manuales de alarma (BOTONERAS) en el área de islas de carga.**

Una sola botonera ubicada de manera estratégica sirve para cubrir el área de cuarto de bombas de producto, área de tanque de despacho y el área de islas de carga.

La representación del área de islas de carga se encuentra representada en la matriz causa efecto en **ANEXO B-8**.

#### **5.4 ESTÁNDARES DE PROTECCIÓN "IP" Y "NEMA" DE LOS DETECTORES Y ACTUADORES APLICADOS EN EL SISTEMA DE DETECCIÓN DEL TERMINAL PASCUALES.**

Los equipos diseñados para trabajo en ambientes hostiles deben cumplir con ciertos estándares que aseguren su robustez y permitan a la gente saber hasta dónde pueden llegar en su utilización. Para saber si un equipo, tal como detector de flama, un LHD, una botonera o una luz estroboscópica son los adecuados para una aplicación que funcionará bajo condiciones extremas, es necesario revisar sus especificaciones, donde generalmente encontraremos grados IP, NEMA o IEC. Seguramente han leído estas especificaciones y sabe que, por ejemplo, un indicador con NEMA 4X ó un lector con IP 69 son muy robustos, pero ¿son realmente apropiados para la aplicación que tiene en mente? En el **ANEXO B-9** se explican brevemente los fundamentos de éstos estándares.

Las hojas técnicas de los equipos utilizados especifican el estándar de protección Nema o IP que tiene cada uno de ellos.

**Tabla 5.4: Estándares de Protección de los Detectores**

<b>Equipo</b>	<b>Norma Según Hoja Técnica</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Referencia</b>
<b>Estación Manual</b>	Nema 7CD		Anexo E1
<b>Detector de Flama</b>	IP-67 (SIL 3)	Totalmente protegida contra polvo, protegido contra efectos de la inmersión de 15 cm - 1 m	Anexo E2
<b>LHD</b>	N/D	Utiliza otro tipo de nomenclatura	
<b>Luz Estroboscópica</b>	IP-66	Totalmente protegida contra polvo, protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	Anexo E4

## 5.5 SEGURIDAD FUNCIONAL EN LA INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS, SIL (Safety Integrity Level).

Puesto que muchos países tenían normas distintas para el correcto funcionamiento de dispositivos de seguridad, se emitió por este motivo en el año 1998 una norma básica IEC para seguridad funcional válida para todo el mundo. A partir de esta norma nació una serie de normas en las que se definieron los requisitos organizativos y técnicos exigidos a las instalaciones de seguridad y a su implantación.

El 1 de agosto de 2004 se aprobó una norma unificada para plantas de la industria de procesos. Para la instrumentación de procesos son relevantes las dos normas siguientes:

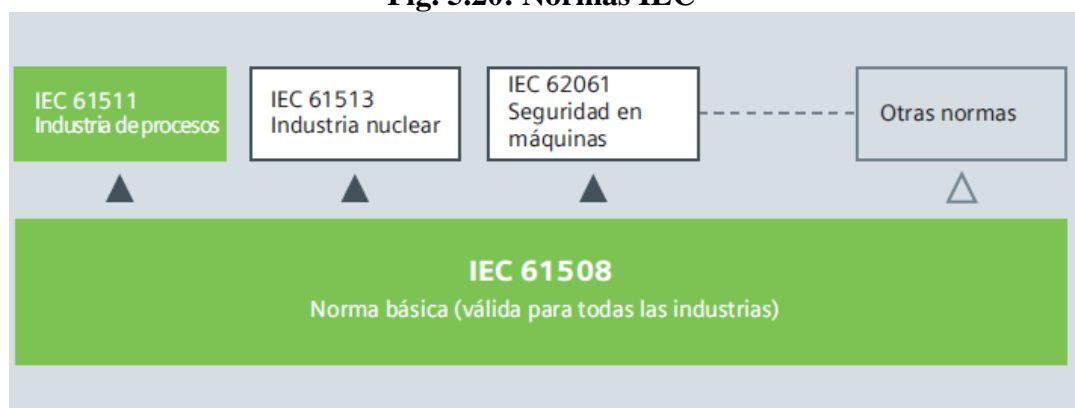
- IEC 61508 (norma básica).

Es válida en todo el mundo como base para especificaciones, diseño y operación de sistemas de seguridad (Sistemas instrumentados de seguridad, SIS).

- IEC 61511 (norma específica de cada aplicación para la industria de procesos).

Implementación de la IEC 61508 para la industria de procesos.

**Fig. 5.20: Normas IEC**



**Fuente:** Siemens, Manual Process Automation 2007

La IEC 61508 se ha de emplear en sistemas relacionados con la seguridad si éstos contienen uno o más de los dispositivos siguientes:

- Dispositivos eléctricos (E)
- Dispositivos electrónicos (E)
- Dispositivos electrónicos programables (PE)

La norma contempla los posibles riesgos que se originan como consecuencia del fallo de funciones de seguridad. No están cubiertos los peligros originados por los propios dispositivos E/E/PE, como por ejemplo el choque eléctrico (electrocución). La norma es utilizable en general en sistemas E/E/PE relacionados con la seguridad, independientemente de la correspondiente aplicación.

### **5.5.1 Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS).**

Un sistema instrumentado de seguridad (SIS) se utiliza para proteger un proceso peligroso y para reducir el riesgo de un accidente. Los instrumentos de proceso forman parte de un sistema instrumentado de seguridad. Éste consta de los componentes esenciales de una unidad de proceso completa de seguridad:

- Sensor
- Unidad de procesamiento de seguridad
- Actuador

Como se puede observar un sistema contra incendio es un sistema de seguridad por lo tanto genéricamente es un SIS.

Las instalaciones o las unidades son el origen de diferentes riesgos. Por consiguiente, cuantos mayores son los riesgos, mayores son también los requisitos impuestos a la seguridad frente a fallos del sistema instrumentado de seguridad (SIS). Las normas IEC 61508 y IEC 61511 definen cuatro niveles de seguridad diferentes, que describen las medidas para la reducción del riesgo de estos componentes. Estos cuatro niveles de seguridad son el denominado **Safety Integrity Level (SIL)**.

### **5.5.2 Cálculo del Índice SIL.**

Cuanta más alta es la cifra del Safety Integrity Level (SIL), mayor es la reducción del riesgo. El índice SIL representa, por consiguiente, la probabilidad de que el sistema de seguridad cumpla correctamente las funciones de seguridad requeridas durante un determinado intervalo de tiempo.

Para calcular el SIL necesario de una instalación o de una parte de la instalación, hay diferentes metodologías. En las normas IEC 61508 y IEC 61511 (Aplicación de la IEC 61508 para la industria de procesos) se indican diferentes métodos para definir el índice SIL. Puesto que la temática es muy compleja y de gran magnitud, aquí se presenta sólo un nivel necesario para la comprensión básica.

➤ **Cálculo del Índice SIL con Metodología Cuantitativa.**

El riesgo de un proceso peligroso viene determinado por la probabilidad con la que puede producirse un suceso peligroso sin que haya medidas de seguridad, multiplicado por el efecto del suceso peligroso. Debe determinarse cuan alta es la probabilidad que puede conducir a un estado peligroso. Esta probabilidad puede estimarse empleando métodos de valoración de riesgo cuantitativos y fijarse con un valor límite numérico.

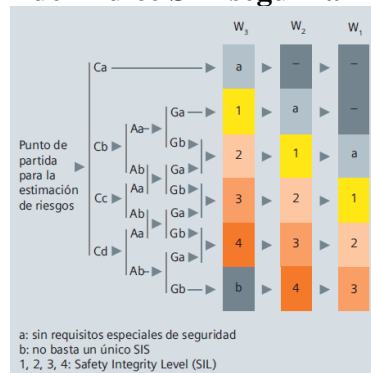
La probabilidad se puede determinar mediante:

- Análisis de las tasas de fallo en situaciones comparables
- Datos contenidos en bases de datos relevantes
- Cálculo empleando métodos de predicción adecuados

➤ **Cálculo del Índice SIL con Metodología Cualitativa.**

La metodología cualitativa es un modelo simplificado que ilustra perfectamente el SIL requerido para cada riesgo. Se estima el SIL adecuado mediante la identificación y aplicación de las cualidades del riesgo de la tabla 4.4. en la figura 5.21.

**Fig. 5.21: Determinación del índice SIL según la "metodología cualitativa"**



**Fuente:** Siemens, Manual Process Automation 2007.

**Tabla 5.5: Cualidades del Riesgo.**

Grado de los daños	
C <sub>a</sub>	lesiones leves de una persona, pequeños daños medioambientales
C <sub>b</sub>	lesiones graves o muerte de una persona
C <sub>c</sub>	Muerte de varias personas
C <sub>d</sub>	Muerte de muchas personas

Duración de la estancia de una persona en la zona peligrosa	
A <sub>a</sub>	ocasional a frecuente
A <sub>b</sub>	frecuente a permanente

Eliminación del peligro	
G <sub>a</sub>	posible en determinadas condiciones
G <sub>b</sub>	apenas posible

Probabilidad de ocurrencia	
W <sub>1</sub>	muy reducida
W <sub>2</sub>	reducida
W <sub>3</sub>	relativamente alta

**Fuente:** Siemens, Manual Process Automation 2007.

Para alcanzar un nivel SIL de 1 a 4, el SIS completo debe cumplir los requisitos para fallos sistemáticos (especialmente el software) y fallos aleatorios (hardware). Por consiguiente, el resultado del cálculo del SIS completo debe atenerse al SIL requerido. En la práctica, esto depende principalmente del diseño conceptual de la instalación o del circuito de medición. Así, en una instalación SIL 3 pueden emplearse también dispositivos SIL 2, con dispositivos SIL 1 no se cumplen generalmente los requisitos, en muchos casos resulta ventajoso emplear dos sensores, ya que el operador de la instalación exige redundancia por motivos de disponibilidad.

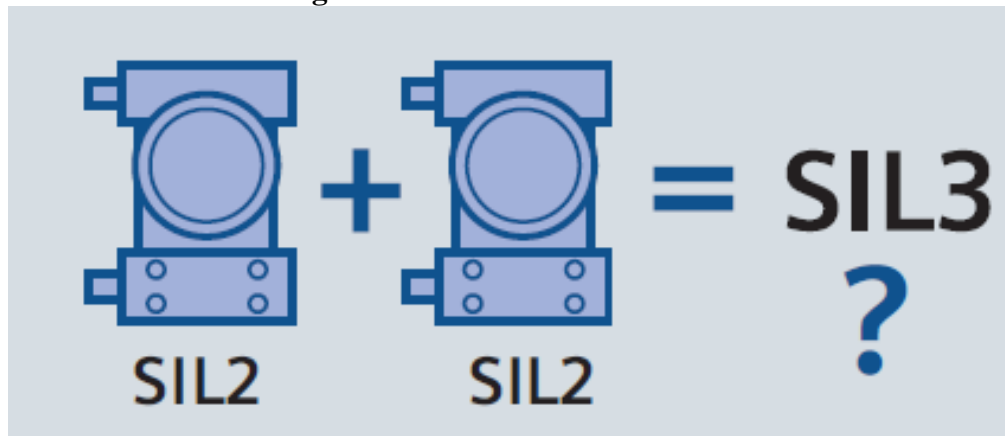
Una pequeña ventaja adicional radica en que el coste de dos dispositivos SIL 2 en la mayoría de los casos es más favorable que para un dispositivo SIL 3.

SIL 4 no es realizable con dispositivos tradicionales.

Si dos dispositivos SIL 2 operan con redundancia no tengo automáticamente SIL 3, en principio se puede decir que la probabilidad de fallo del SIS completo debe conducir por cálculo a SIL 3, mediante la operación redundante de dispositivos SIL 2

se puede reducir la probabilidad de fallo para fallos aleatorios, pero para saber si es suficiente para SIL 3, debe determinarse contemplando los fallos sistemáticos y los aleatorios. Por lo que respecta a los fallos sistemáticos (p. ej. software) el sistema completo debe cumplir también los requisitos para SIL 3. Análogamente, esta forma de proceder es aplicable también para otros niveles SIL.

**Fig. 5.22: Determinación de SIL.**



**Fuente:** Siemens, Manual Process Automation 2007.

El requisito de un determinado SIL se obtiene determinando el riesgo remanente que deriva de la instalación. En principio se persigue un SIL lo más bajo posible. Esto no sólo supone un considerable ahorro de costes, sino también una gama de dispositivos mucho mayor. Un SIL alto sólo es necesario cuando es inevitable o cuando con él se consigue un ahorro de costes que permita compensar los costes adicionales (por ejemplo, ahorrando medidas constructivas adicionales).

La norma proporciona también una base común para fabricantes y usuarios que permite vigilar la eficacia del proceso de desarrollo. Si los usuarios eligen dispositivos seguros para conseguir el SIL previsto para su instalación, pueden estar seguros que en el desarrollo se han empleado procedimientos unificados. Así se le facilita al operador de la instalación la acreditación de la reducción del riesgo exigida legalmente. Esta acreditación la precisa para obtener el permiso de funcionamiento de la instalación.

No es obligatorio emplear productos con clasificación SIL. Sin embargo, con ellos se facilita considerablemente la acreditación porque en estos productos el riesgo remanente ya es conocido (e inequívoco). Los requerimientos de Petroecuador no señalan la aplicación de un SIL específico y únicamente los detectores de flama empleados en la detección tienen clasificación SIL 3.



# **CAPÍTULO VI**

## **PRESUPUESTO**

### **DEL SISTEMA DE EXTINCION Y DETECCION DE INCENDIOS**

## **6 PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN Y DETECCIÓN DE INCENDIOS.**

### **INTRODUCCIÓN**

Para realizar una inversión en un proyecto, es importante conocer los beneficios que traerá ejecutar este proyecto para la empresa, así como también, los recursos, el tiempo y la recuperación de esta inversión, los beneficios no solo pueden ser económicos, sino también en aspectos de seguridad y protección integral para el personal que está implicado en las operaciones del Terminal Pascuales.

Cabe mencionar que el presente trabajo es un análisis técnico por lo tanto se presentaran cálculos de precios aproximados.

En este capítulo se mencionarán todos los equipos principales necesarios para la implementación de un Sistema Contra Incendios en el Terminal Pascuales planteados con sus respectivos precios y características generales.

El análisis de costo-beneficio en un proyecto de esta magnitud debe ser desarrollado con una amplia cantidad de conocimientos de temas económicos o profesionales expertos en la materia ya que se trata de un estudio muy amplio. Al ser este un trabajo de tesis de investigación netamente técnica se realizara una breve estimación de los costos de los equipos, accesorios, y la implementación de la misma.

## 6.1 COSTOS.

Para obtener el costo total del proyecto se debe determinar los siguientes costos:

- Costos de materiales requeridos para el montaje del sistema contra incendios.
- Costos de equipos de Bombeo.
- Costo del sistema de detección y alarma.
- Costos de Instalación de equipos.

A continuación se detalla el costo de materiales requeridos para cada área

## 6.2 COSTOS DE MATERIALES REQUERIDOS PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

### 6.2.1 Cuarto Bombas de Producto (Área 1).

#### ➤ Costos de materiales Requeridos.

**Tabla 6.1: Costos de Materiales en el Cuarto de Bombas de Producto.**

CUARTO BOMBAS DE PRODUCTO								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	VALVULA DE BOLA 150# ANSI ASTM-A352 Gr LCC	1	U	1"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	999,12	999,12
2	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 Gr WCB RF	1	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	557,89	557,89
3	VALVULA DE DILUVIO	1	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	5.766,72	5.766,72
4	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	1	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	132,72	132,72
5	SPRAY NOZZLES TYPE D3 P/N 49-318-4-140	18	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	123,72	2.226,96
6	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	16	U	2 1/2"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	141,72	2.267,52
<b>TOTAL</b>								11.950,93

## 6.2.2 Tanques de Almacenamiento de la Estación Reductora (Área 2).

- **Costos de materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma.**

**Tabla 6.2: Costos de materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma.**

TANQUES DE ALMACENAMIENTO ESTACIÓN REDUCTORA								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	CAMARA DE ESPUMA Ø 2-1/2"x4", 60 - 175 GPM, PRESION TRABAJO = 40 - 100 PSI.	55	U	2 1/2"	-	NATIONAL FOAM, CHENGUARD	5.766,72	317.169,60
2	CAMARA DE ESPUMA Ø 3"x4", 60 - 175 GPM, PRESION TRABAJO = 40 - 100 PSI.	6	U	2 1/2"	-	NATIONAL FOAM, CHENGUARD	5.866,72	35.200,32
3	CAMARA DE ESPUMA Ø 4"x4", 60 - 175 GPM, PRESION TRABAJO = 40 - 100 PSI.	14	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	5.966,72	83.534,08
4	VALVULA DE DILUVIO	9	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	5.766,72	51.900,48
5	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GfWCB RF	9	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	557,89	5.021,01
6	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	9	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	132,72	1.194,48
7	VALVULA DE BOLA 150# ANSI ASTM-A352 Gf LCC	21	U	1"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	999,12	20.981,52
8	VALVULA DE DILUVIO	6	U	3"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	5.766,72	34.600,32
9	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GfWCB RF	6	U	3"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	557,89	3.347,34
10	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	6	U	3"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	132,72	796,32
11	VALVULA DE DILUVIO	6	U	8"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	10.926,72	65.560,32
12	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GfWCB RF	6	U	8"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	2.256,72	13.540,32
13	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	6	U	8"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	403,72	2.422,32
14	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GfWCB RF	15	U	4"	-	CHEMPROIND S.A, VALVULAS BT&V SA	816,72	12.250,80
15	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	40,22	U	2 1/2"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	141,72	5.699,98
16	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	57	U	3"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	161,66	9.214,62
17	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	111	U	4"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	188,37	20.909,07
18	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	120	U	8"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	1.113,72	133.646,40
<b>TOTAL</b>								<b>816.989,30</b>

➤ **Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua de Enfriamiento.**

**Tabla 6.3: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua de Enfriamiento.**

TANQUES DE ALMACENAMIENTO ESTACIÓN REDUCTORA								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM	SCH	FABRICANTE	PRECIO/UNITARIO	PRECIO/TOTAL
1	VALVULA DE DILUVIO	18	U	6"	-	CHEM PROIND SA, VALVULAS BT&V SA	8.526,72	153480,96
2	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GrWCB RF	34	U	6"	-	CHEM PROIND SA, VALVULAS BT&V SA	1.311,72	44598,48
3	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	17	U	6"	-	CHEM PROIND SA, VALVULAS BT&V SA	303,72	5163,24
4	VALVULA DE BOLA 150# ANSI ASTM-A352 Gr LCC	34	U	1"	-	CHEM PROIND SA, VALVULAS BT&V SA	999,12	33970,08
5	VALVULA DE DILUVIO	9	U	4"	-	CHEM PROIND SA, VALVULAS BT&V SA	6.216,72	55950,48
6	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GrWCB RF	9	U	4"	-	CHEM PROIND SA, VALVULAS BT&V SA	816,72	7350,48
7	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	9	U	4"	-	CHEM PROIND SA, VALVULAS BT&V SA	222,72	2004,48
8	MONITOR 1500GPM, ENTRADA DE Ø 4", 150#,RF, SALIDA Ø2-1/2"	18	U	4"		AURORA : PENTAIR WATER, RV,ITT, PATERSON	4.566,72	82200,96
9	ROCIADOR DE Ø 1/2", NPT MACHO,K=3,	722	U	1/2"	-	TYCO	123,72	89325,84
10	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	65	U	4"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO SA	188,37	12244,05
11	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	47	U	8"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO SA	1.113,72	52344,84
12	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	152	U	16"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO SA	1.500,00	228000,00
13	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	281	U	6"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO SA	751,92	211289,52
<b>TOTAL</b>								<b>977923,41</b>

### 6.2.3 Tanques de Almacenamiento de la Estación Despacho (Área 3).

- **Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma.**

**Tabla 6.4: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma.**

TANQUES DE ALMACENAMIENTO ESTACIÓN DESPACHO								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	CAMARA DE ESPUMA Ø 2-1/2"x4", 60 - 175 GPM, PRESION TRABAJO = 40 - 100 PSI,	16	U	2 1/2"	-	NATIONAL FOAM, CHENGUARD	5.766,72	92.267,52
2	VALVULA DE DILUVIO	8	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	5.766,72	46.133,76
3	VALVULA DE COMPUERTA 150# ANSI CS ASTM-A216 Gr WCB RF	8	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	557,89	4.463,12
4	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	8	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	132,72	1.061,76
5	VALVULA DE BOLA 150# ANSI ASTM-A352 Gr LCC	8	U	1"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	999,12	7.992,96
6	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	46	U	2 1/2"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	141,72	6.519,12
7	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	17	U	6"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	751,92	12.782,64
<b>TOTAL</b>								<b>171.220,88</b>

- **Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua de Enfriamiento.**

**Tabla 6.5: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua de Enfriamiento.**

TANQUES DE ALMACENAMIENTO ESTACIÓN DESPACHO								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	VALVULA DE DILUVIO	6	U	3"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	5.766,72	34.600,32
2	VALVULA DE COMPUERTA 150# ANSI CS ASTM-A216 Gr WCB RF	6	U	3"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	557,89	3.347,34
3	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	6	U	3"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	132,72	796,32
4	VALVULA DE BOLA 150# ANSI ASTM-A352 Gr LCC	6	U	1"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	999,12	5.994,72
5	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	43	U	3"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	141,72	6.093,96
6	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	17	U	4"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	188,37	3.202,29
7	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	27,33	U	6"	41	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	752,92	20.577,30
9	ROCIADOR DE Ø 1/2", NPT MACHO, K=3 ,	66	U	1/2"	-	TYCO	123,72	8.165,52
<b>TOTAL</b>								<b>82.777,77</b>

## 6.2.4 Islas de Carga (Área 4).

- **Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma en Islas de Carga.**

**Tabla 6.6: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Solución de Agua-Espuma en Islas de Carga.**

ISLAS DE CARGA								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	VALVULA DE BOLA 150# ANSI ASTM-A352 Gr LCC	5	U	1"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	999,12	4.995,60
2	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GrWCB RF	1	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	557,89	557,89
3	VALVULA DE DILUVIO	1	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	5.766,72	5.766,72
4	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	1	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	132,72	132,72
5	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GrWCB RF	1	U	3"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	557,89	557,89
6	VALVULA DE DILUVIO	1	U	3"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	5.766,72	5.766,72
7	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	1	U	3"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	132,72	132,72
8	VALVULA DE COMPUERTA 150#ANSI CS ASTM-A216 GrWCB RF	3	U	4"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	816,72	2.450,16
9	VALVULA DE DILUVIO	3	U	4"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	5.766,72	17.300,16
10	VALVULA DE MARIPOSA 150 PSI ASME B16.1 SERIE 200	3	U	4"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	222,72	668,16
11	SPRAY NOZZLES TYPE D3 P/N 49-318-4-140	88	U	2 1/2"	-	CHEMPROIND S.A. VALVULAS BT&V S.A	123,72	10.887,36
12	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	37	U	2 1/2"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	141,72	5.243,64
13	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	15	U	3"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	161,66	2.424,90
14	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	29	U	4"	40	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	188,37	5.462,73
<b>TOTAL</b>								<b>62.347,37</b>

## 6.2.5 Parqueaderos (Área 5).

- **Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua.**

**Tabla 6.7: Costos de Materiales Requeridos en la Instalación de la Tubería de Agua.**

PARQUEADEROS								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	MONITOR 1500GPM, ENTRADA DE Ø 4", 150#,RF, SALIDA Ø2-1/2"	18	U	4"		AURORA : PENTAIR WATER, RV, ITT, PATERSON	4.566,72	82.200,96
2	TUBERIA SMLS ASTM A 106-B, L=6m	135	U	10"	41	ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A	752,92	101.644,20
<b>TOTAL</b>								<b>183.845,16</b>

### 6.3 COSTOS DE EQUIPOS DE BOMBEO.

**Tabla 6.8: Costos de Materiales de los Equipos de Bombeo**

EQUIPOS DE BOMBEO								
Sistema de Agua de Enfriamiento								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	BOMBA HORIZONTAL DE CARCAZA PARTIDA 3500 GPM @ 130 PSI, Ø12"x12", MOTOR DIESEL, INCLUYE TABLERO Y TANQUE DE COMBUSTIBLE	2	U			AURORA	132.006,72	264.013,44
2	BOMBA HORIZONTAL DE CARCAZA PARTIDA 3500 GPM @130 PSI, Ø12"x10", INCLUYE TABLERO, MOTOR ELECTRICO	1	U			AURORA	162.006,72	162.006,72
3	BOMBA JOCKEY VERTICAL MULTI ETAPA 100 GPM @ 140 PSI, Ø2"x2", MOTOR ELECTRICO, 150 # RF, INCLUYE TABLERO	1	U			AURORA	26.406,72	26.406,72
<b>TOTAL</b>								452.426,88
Sistema de Concentrado de Espuma								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	DIAM.	SCH	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL
1	PREPIPED VERTICAL BLADDER TANK	1	U			CHENGUARD	39.728,18	39.728,18
2	PREPIPED HORIZONTAL BLADDER TANK	1	U			CHENGUARD	12.006,72	12.006,72
3	SKID PROPORCIONADOR DE PRESION BALANCEADA CON DOBLE BOMBA, Y DOSIFICADOR DE AMPLIO RANGO DE 6", 20-2500, CERTIFICACION UL, CON DOBLE BOMBA MOTOR DIESEL Y MOTOR ELECTRICO PARA SOLUCION CON AFFF AL 3%, 150# RF, INCLUYE TABLERO DE ACERO INOXIDABLE.	1	U			CHENGUARD	180.000,60	180.000,60
<b>TOTAL</b>								231.735,50
<b>COSTO TOTAL EQUIPOS DE BOMBEO</b>								684.162,38

### 6.4 COSTOS SISTEMA DE DETECCIÓN.

**Tabla 6.9: Costos de Materiales de los Sistemas de Detección**

COSTOS DEL SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA								
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNL	NÚMERO DE PARTE	FABRICANTE	PRECIO/ UNITARIO	PRECIO/ TOTAL	
1	DETECTOR DE FLAMA MULTI-ESPECTRO CON SOPORTE	53	U	FL-4000	GENERAL MONITORS	2.600,00	137.800,00	
2	Cable LHD, Detector Lineal de Calor, Diámetro 5/32" (4mm), 30 VAC, 42 VDC, temperatura de alarma 68°C/88°C-105°C/138°C, clase I, II, o III, Grupos aplicables A, B, C, D, E, F y G, Aprobaciones UL, FM.	500	m	-	GENERAL MONITORS	90,36	45.180,00	
3	Computador, Procesador 4 Núcleos, Velocidad 6.4 GT/s, Intel Core Duo 2, 4 GB en RAM, Disco duro de 250 GB, tarjeta de red 10/100/1000, teclado, mouse, SP3, Windows XP Professional, .	1	U	-	-	1.500,00	1.500,00	
4	Controlador Lógico Programable con capacidad de manejar protocolos de comunicación, a través de Back plain y módulos incluye módulos de entradas digitales y analógicas, módulos de salidas digitales y analógicas, nivel de seguridad SIL 2, fuente de alimentación, comunicación entre controladores, memoria de 128 MB, no volátil, memoria de usuario de 8 MG, certificado UL, FM	1	U			9.000,00	9.000,00	
5	Botoneras ON/OFF para Panel de Control	9	U	-	-	250,00	2.250,00	
6	Sirena, 24 VDC/VAC, 10 VAC/240 VAC, 60 Hz, 114 dBA @ 10 pies, NEMA 4C IP 66 a Prueba de explosión	1	U	-	-	2.800,00	2.800,00	
<b>TOTAL</b>								198.530,00

### 6.5 COSTOS DE INSTALACION, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS.

Los costos que implican la instalación montaje y puesta en marcha de los equipos en lo correspondiente a la parte mecánica representa la contratación de gran cantidad de



personal calificado. Por motivos de costos, responsabilidades y tiempo se debe contratar empresas que tienen una amplia experiencia y los recursos necesarios para implementarlos en este tipo de construcciones.

En base a lo mencionado y datos históricos de experiencias realizadas por la empresa Petroanaconda en proyectos similares se realiza una estimación de los costos de instalación, montaje y puesta en marcha de los equipos en la parte mecánica.

Estos costos estimados se lo pueden apreciar en la tabla 6.10.

**Tabla 6.10: Costos de Instalación, Montaje y Puesta en Marcha de Equipos parte Mecánica**

Costos de instalación, Montaje, y Puesta en Marcha de Equipos parte Mecánica			
ITEM	DESCRIPCION	FABRICANTE	PRECIO/TOTAL
1	CONSTRUCCION, INSTALACION Y MONTAJE DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	150.000,00
2	INSTALACION Y MONTAJE DE MONITORES 500 GPM ENTRADA Ø4" 150# RF SALIDA Ø2-1/2" MNSI	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	100.000,00
3	MONTAJE DE TUBERIA DIFERENTES DIAMETROS, SCH 40, A106-B, SIN COSTURA, PARA ALIMENTACION DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO Y ALIMENTACION DE CAMARAS DE ESPUMA	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	150.000,00
4	INSTALACION Y MONTAJE DE VALVULAS DIFERENTES DIAMETROS	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	5.000,00
5	INSTALACION, MONTAJE Y ARRANQUE DE BOMBAS CENTRIFUGAS 3500GPM @130PSI, 150 # RF	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	20.000,00
6	INSTALACION Y MONTAJE DE CAMARAS DE ESPUMAS DE ACERO INOXIDABLE EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO,	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	25.000,00
7	MONTAJE DE TANQUES DE ESPUMA CON LLENADO DE CONCENTRADO DE ESPUMA ,3% AFFF	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	5.000,00
8	INSTALACION Y MONTAJE DE PREPIPED BLADER TANK	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	6.700,00
9	INSTALACION Y MONTAJE DE ROCIADORES	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	50.000,00
10	APLICACIÓN DE PINTURA MASTIC	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	30.000,00
11	APLICACIÓN DE PINTURA NETOPCOAT ROJA	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	55.000,00
12	APLICACIÓN DE PINTURA NETOPCOAT AMARILLA	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	55.000,00
13	APLICACIÓN DE PINTURA NETOPCOAT GRIS	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	55.000,00
14	FABRICACION E INSTALACION DE SOPORTERIA PARA TENDIDO DE REDES DEL SCI	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	60.000,00
15	CONSTRUCCION DE BASES DE HORMIGON FC=210 Kg/m2, PARA SOPORTERIA DE TUBERIA DEL SCI, ,	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	39.324,00
16	PRUEBAS RADIOGRAFICAS DE CORDONES DE SOLDADURA EN 20% DE MONTAJE DE TUBERIA NUEVA INSTALADA	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	27.904,00
17	PRUEBAS HIDROSTATICAS DE MONTAJE DE TUBERIA NUEVA INSTALADA,	Cia. Ltda., Alrut S.A., Tectotal, TESCA Ingeniería, Santos CMI	8.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>841.928,00</b>

## 6.6 COSTO TOTAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

**Tabla 6.11: Costo Total del Sistema Contra Incendios**

<b>COSTOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO (USD)</b>
1	COSTO TOTAL DE MATERIALES	2.307.054,82
2	COSTO TOTAL DE EQUIPO DE BOMBEO	684.162,38
3	COSTOS TOTAL DE INSTALACION Y MONTAJE	841.928,00
4	COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE DETECCION	198.530,00
<b>TOTAL</b>		<b>4.031.675,20</b>

# **CAPÍTULO VII**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1 CONCLUSIONES.

En lo referente a los resultados obtenidos del estudio, se concluye:

- El software especializado ocupa las ecuaciones hidráulicas de forma iterativa y secuencial, presenta los resultados de forma inmediata, de tal forma que el usuario puede saber el comportamiento del fluido en cualquier momento conociendo algunas variables como el caudal, presión, velocidad y pérdidas de energía, siendo una herramienta excelente para lograr resultados adecuados como se ha demostrado en la comparación del cálculo manual y la simulación con el software. Estos cálculos implicarían cientos de operaciones complejas y ajustes para lograr un resultado aceptable. Cuando se trata de sistemas más grandes, la situación se tiende más compleja y prácticamente imposible.
- El compendio de Normas de Petroecuador PSHI, contiene información basada en normas extranjeras, algunas aplicadas a industrias petroleras muy buenas para la selección del equipo adecuado, para determinar la cantidad de los mismos y su posicionamiento en el lugar de trabajo, pero existen casos en los que no guardan relación, en estos casos las normas internacionales como la NFPA brindan mucho apoyo para lograr soluciones.
- El principal propósito de un sistema de protección contra incendios es el de salvaguardar vidas humanas, por lo que en este trabajo se establecen bases de protección para cada tipo de sistema.
- En la mayoría de los incendios el agua constituye el agente extintor ideal. Los rociadores utilizan agua mediante aplicación directa, lo que enfría el proceso de combustión e impide la ignición de combustibles adyacentes, su principal eficacia se demuestra durante la etapa inicial de desarrollo de las llamas en incendio.
- La automatización es una parte muy importante en un sistema contra incendios debido a que por medio de equipos de detección se logra un mejor monitoreo de las zonas de riesgo, se reduce el tiempo de respuesta ante la presencia de riesgos mediante su interacción con los equipos de extinción, proporcionando alarmas adecuadas para que el factor humano implemente sus

estrategias que le permitan estar protegido, para esto se requiere el uso de ordenadores y controladores lógicos programables.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Conocido el material que está expuesto a riesgo es necesario disponer del agente extintor adecuado que permita la extinción del incendio completamente y en el menor tiempo posible, ya que si no es utilizado el agente adecuado y con la técnica correcta, en lugar de reducir el riesgo se lo estará dilatando, y tal vez con peores consecuencias como por ejemplo se puede sufrir una descarga eléctrica al momento de combatir con agua un incendio con presencia de cargas eléctricas.
- Manualmente realizar el cálculo hidráulico entre dos puntos es relativamente sencillo y posible, pero cuando existe ramificaciones este panorama tiende a complicarse y mucho más cuando se trata de mallas, en estos casos es complejo saber con exactitud cómo se comporta el fluido, entonces se aplica ecuaciones matemáticas cuyos métodos iterativos permiten acercarse al resultado trabajando en pequeñas partes de las mallas, esto se torna como un trabajo de gran magnitud que requiere mucho tiempo y gran exactitud. Hoy en día gracias al desarrollo tecnológico se puede aplicar software específico para conocer el comportamiento del fluido en cualquier punto o en toda la instalación. La aplicación de esta herramienta facilita totalmente la obtención de un resultado fiable.
- Para el dimensionamiento de un Sistema de Detección y Extinción de Incendios se debe aplicar formulas matemáticas que si no se las tiene en mente se pueden encontrar en una bibliografía adecuada, pero los criterios de diseño específicos para estaciones petroleras deben estar basados en normas, en este caso es el compendio de normas PE-SHI de Petroecuador, y si estas no satisfacen las interrogantes, se acudirá a normas internacionales como la NFPA o la Norma PEMEX, que son la fuente de donde se ha creado las PE-SHI de Petroecuador y además ha de agregarse el criterio y el intelecto que es lo que le hará diferente y eficaz al Sistema Contra Incendios. Puesto que en las mismas normas existen errores de gran magnitud o situaciones que no se

acoplan a nuestro diseño, se recomienda verificar entre normas más específicas.

- Teóricamente se puede encontrar gran cantidad de equipos, tuberías, accesorios, etc. hay que cerciorarse que el equipo seleccionado este considerado bajo estándares y se dispongan comercialmente o considerar si es el caso de importar.
- Para utilizar el software Pipe Flow Expert en el análisis del comportamiento hidráulico es necesario conocer su funcionamiento para esto se recomienda la aplicación del manual de usuario que ayuda a familiarizarse con el software y el correcto análisis de los resultados.
- El software utilizado en este tema de tesis es una versión demostrativa y disponible de forma gratuita en la web, para la utilización del software de forma comercial se recomienda comprar su licencia.

## BIBLIOGRAFIA

- NORMA PETROECUADOR SI-006, *Distancias Mínimas de Seguridad que Deben Contemplarse en las Instalaciones Petroleras*, 1997.
- NORMA PETROECUADOR SI-008, *Señales De Seguridad*, 1997.
- NORMA PETROECUADOR PE-SHI-018, *Sistemas de Agua Contra Incendios para Instalaciones Petroleras*, 1997.
- NORMA PETROECUADOR PE-SHI-019, *Sistema de Espuma Contra Incendios para Instalaciones Petroleras*, 1997.
- NORMA PETROECUADOR PE-SHI-020, *Sistemas Especiales de Protección Contra Incendios*, 1997.
- NORMA PETROECUADOR PE-SHI-022, *Sistemas Automáticos de Detección Y Alarma de Incendios*, 1997.
- NFPA 16; *Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems*; 2003.
- NFPA 20; *Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*; 2003.
- COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS, *Refinación; Protección de Áreas y Tanques de Almacenamiento de Productos Inflamables y Combustibles*; 2004.
- CRANE; *Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías*; Editorial McGraw-Hill/Interamericana de México S.A.; México; 1989.
- FOX, Robert; McDonald, Alan; *Introducción a la Mecánica de Fluidos*; Editorial McGraw Hill/Interamericana de México S.A.; Cuarta Edición; México; 1995.
- MATAIX, Claudio; *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*; Alfaomega Grupo Editor; Oxford University Press México S.A.; Segunda Edición; México; 1982.

# **ANEXOS**



## **ANEXOS A**

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**A.1** Rociador Solución Agua-Espuma

**A.2** Rociador Agua

**A.3** Concentrado de Espuma

**A.4** Tanque Bladder Horizontal

**A.5** Bomba Eléctrica

**A.6** Bomba Diesel

**A.7** Bomba Jockey

**A.8** Cámara de Espuma

**A.8** Cámara de Espuma

**A.9** Proporcionador de Presión Balanceada

## A.1 Rociador Solución Agua-Espuma

**tyco** / Fire & Building  
Products

Technical Services: Tel: (800) 381-9312 / Fax: (800) 791-5500

### Model B-1 — 3.0 K-factor Upright and Pendent Foam-Water Sprinklers

#### General Description

The Model B-1 Upright and Pendent Foam-Water Sprinklers are air-aspirating foam discharge outlets designed for use in foam-water deluge systems. They are designed for flammable liquid risks where it is desired to apply foam from overhead sprinklers (either upright or pendent) and where follow-up with plain water in a standard spray sprinkler pattern is necessary as in the case of NFPA 16, "Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems".

It is recommended that the end user be consulted with respect to the suitability of the materials of construction for any given corrosive environment. The effects of ambient temperature, concentration of chemicals, and gas/chemical velocity, should be considered, at a minimum, along with the corrosive nature to which the sprinklers may be exposed.

The Model B-1 Foam-Water Sprinkler is a redesignation for the Gem Issue B-1 and Star Model B-1.

#### WARNINGS

*The Model B-1 Foam-Water Sprinklers described herein must be installed and maintained in compliance with this document, as well as with the applicable standards of the National Fire Pro-*

#### IMPORTANT

*Always refer to Technical Data Sheet TFP700 for the "INSTALLER WARNING" that provides cautions with respect to handling and installation of sprinkler systems and components. Improper handling and installation can permanently damage a sprinkler system or its components and cause the sprinkler to fail to operate in a fire situation or cause it to operate prematurely.*

*tection Association, in addition to the standards of any other authorities having jurisdiction. Failure to do so may impair the performance of these devices.*

*The owner is responsible for maintaining their fire protection system and devices in proper operating condition. The installing contractor or sprinkler manufacturer should be contacted with any questions.*

#### Technical Data

##### Approvals

The Model B-1 Upright and Pendent Foam-Water Sprinklers are UL and ULC Listed. (Discharge outlets and foam concentrates are Listed for use together. Refer to the individual foam concentrate Listing for operating limitations and compatibility with the B-1 Foam-Water Sprinklers as provided in the UL Fire Protection Equipment Directory.)

The Model B-1 Upright and Pendent Foam-Water Sprinklers meet the requirements of MIL-S-901C for light-weight Grade A shock proof equipment.

The Model B-1 Pendent Foam-Water Sprinklers meet the requirements of MIL-H-24146.

**Maximum Working Pressure**  
175 psi (12.1 bar)

**Discharge Coefficient**  
K = 3.0 GPM/psi<sup>1/2</sup> (43.2 LPG/bar<sup>1/2</sup>)

**Thread Connection**  
1/2 inch NPT

**Finishes**  
Natural Bronze

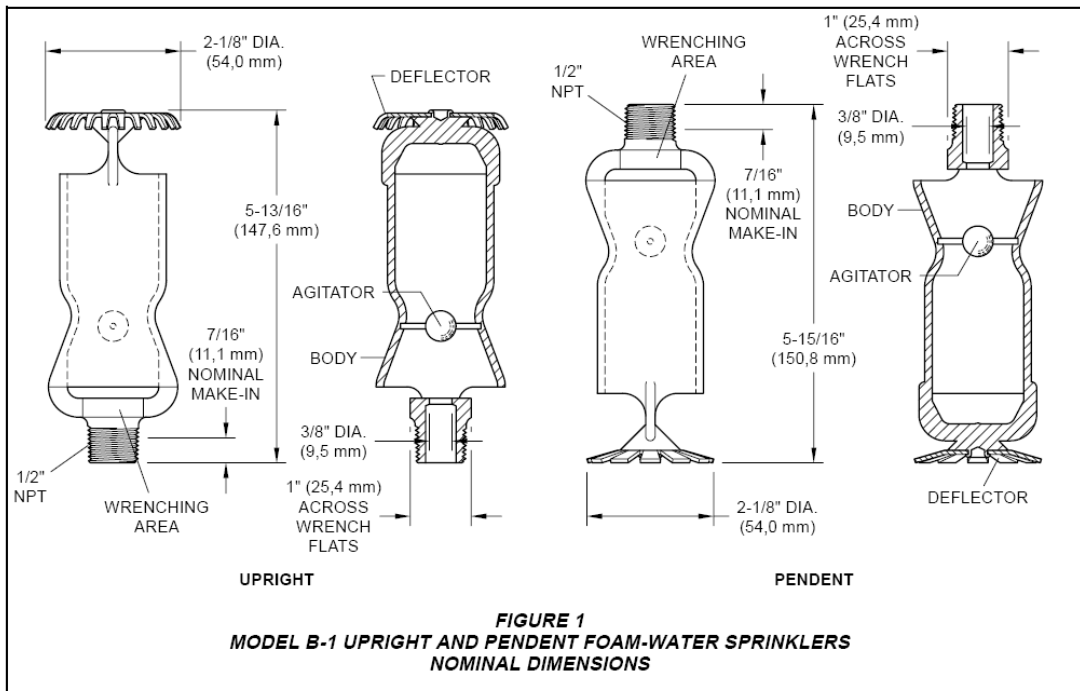
**Physical Characteristics**  
Body . . . . . Bronze  
Deflector . . . . . Brass  
Agitator . . . . . Brass



#### Operation

The Model B-1 Foam-Water Sprinklers are designed with a unique venturi style body. As foam solution (water and foam concentrate mixture) flows through the inlet of the body, air is drawn into the body through the openings adjacent to the wrenching area. The foam solution and air mix is then agitated to create an air-aspirated foam.

The B-1 Foam-Water Sprinklers are designed to discharge foam in a pre-determined discharge pattern, as well as to discharge water similar to standard spray sprinklers. To meet the intent of NFPA 16, foam-water sprinklers must be able to sufficiently distribute water after depletion of the foam concentrate.



## Design Criteria

The Model B-1 Upright and Pendent Foam-Water Sprinklers are intended for fire protection systems designed in accordance with the standard installation rules for foam-water sprinklers systems recognized by the applicable Listing agency (e.g., UL Listing is based on the requirements of NFPA 13 and 16).

Figure 2 provides the nominal discharge patterns for reference use.

### NOTE

The discharge patterns shown in Figure 2 are not to be used for design purposes or to disregard standard installation rules.

Not less than two foam-water sprinklers are to be installed in any area, regardless of size, in order to obtain pattern overlap.

The applied density (flow per unit of area) of foam solution must meet the requirements of the Authority Having Jurisdiction for the type flammable liquid and occupancy. Per NFPA 16, coverage density must not be less than 0.16 GPM/ft<sup>2</sup> (6,52 mm/min) of floor

area with a resulting minimum discharge pressure of not less than 30 psi (2,1 bar).

Foam-water sprinkler spacing must not exceed the requirements of NFPA 13 for extra hazard occupancies and the system must be hydraulically calculated to obtain the required density and discharge pressure.

### NOTE

Discharge outlets and foam concentrates are Listed for use together. Refer to the individual foam concentrate Listing for operating limitations and compatibility with the B-1 Foam-Water Sprinklers as provided in the UL Fire Protection Equipment Directory.

## Installation

The Model B-1 Foam-Water Sprinklers must be installed in accordance with the following instructions:

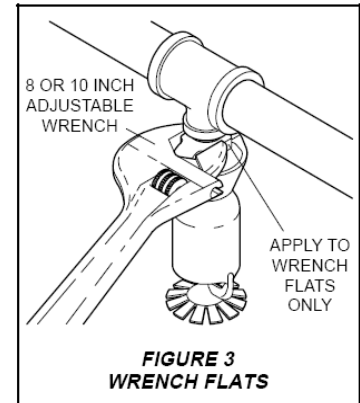
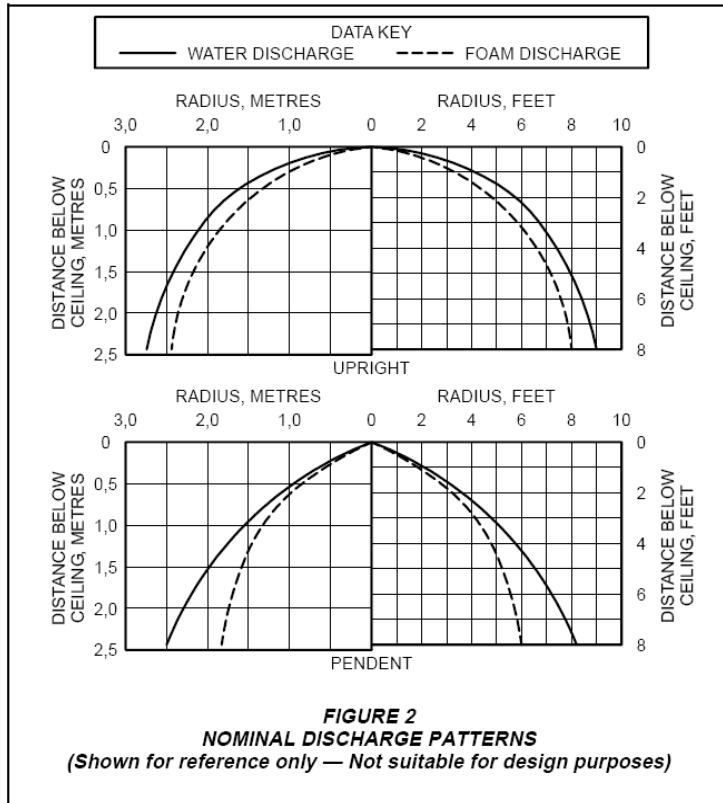
### NOTE

A leak tight 1/2 inch NPT sprinkler joint should be obtained with a torque of 7 to 14 ft.lbs. (9,5 to 19,0 Nm). A maximum of 21 ft. lbs. (28,5 Nm) of torque may be used to install sprinklers with 1/2 NPT connections. Higher levels of torque may distort the sprinkler inlet and cause impairment of the sprinkler.

**Step 1.** Pendent sprinklers are to be installed in the pendent position, and upright sprinklers are to be installed in the upright position.

**Step 2.** With pipe thread sealant applied to the pipe threads, hand tighten the sprinkler into the sprinkler fitting.

**Step 3.** Tighten the sprinkler into the sprinkler fitting using an 8 or 10 inch adjustable Crescent wrench. With reference to Figures 1 and 3, the adjustable Crescent wrench is only to be applied to the wrench flats of the wrenching area.



## Care and Maintenance

The Model B-1 Foam-Water Sprinklers must be maintained and serviced in accordance with the following instructions:

**NOTE**

*Before closing a fire protection system main control valve for maintenance work on the fire protection system that it controls, permission to shut down the affected fire protection system must be obtained from the proper authorities and all personnel who may be affected by this action must be notified.*

Model B-1 Foam-Water Sprinklers must never be painted, plated, coated or altered in any way after leaving the factory; otherwise, the spray performance may be impaired.

Care must be exercised to avoid damage to the sprinklers - before, during, and after installation. Sprinklers damaged by dropping, striking, wrench twist/slippage, or the like, must be replaced.

Frequent visual inspections are recommended to be initially performed for sprinklers installed in potentially corrosive atmospheres to verify the integrity of the materials of construction as they may be affected by the corrosive conditions present for a given installation. Thereafter, annual inspections per NFPA 25 are required.

The owner is responsible for the inspection, testing, and maintenance of their fire protection system and devices in compliance with this document, as well as with the applicable standards of the National Fire Protection Association (e.g., NFPA 25), in addition to the standards of any other authorities having jurisdiction. The installing contractor or sprinkler manufacturer should be contacted relative to any questions.

It is recommended that foam-water sprinkler systems be inspected, tested, and maintained by a qualified Inspection Service in accordance with local requirements and/or national codes.

## A.2 Rociador Agua

**tyco** / Fire & Building  
Products

Technical Services: Tel: (800) 381-9312 / Fax: (800) 791-5500

### **Type D3 Protectospray® Directional Spray Nozzles, Open, Medium Velocity**

#### **General Description**

The Type D3 Protectospray Nozzles are open (non-automatic) directional spray nozzles and they are designed for use in water spray fixed systems for fire protection applications. They are external deflector type nozzles that discharge a uniformly filled cone of medium velocity water droplets.

The D3 Nozzles are effective in covering exposed vertical, horizontal, curved, and irregular shaped surfaces in a cooling spray to prevent excessive absorption of heat from an external fire and possible structural damage or spread of fire to the protected equipment. In some applications, depending on water design density requirements, the Type D3 Nozzles may also be used for fire control or extinguishment.

The Type D3 Nozzles are available in a wide variety of orifice sizes and spray angles (included angle of discharge) to provide versatility in system design. Refer to Technical Data Sheet TFP890 for information on Blow-Off Plugs that can be used for applications where protection is required against insect infestation or accumulation of debris within the nozzle orifice.

It is recommended that the end user be consulted with respect to the suitability of the materials of construction and

finish for any given corrosive environment. The effects of ambient temperature, concentration of chemicals, and gas/chemical velocity, should be considered, at a minimum, along with the corrosive nature to which the sprinklers may be exposed.

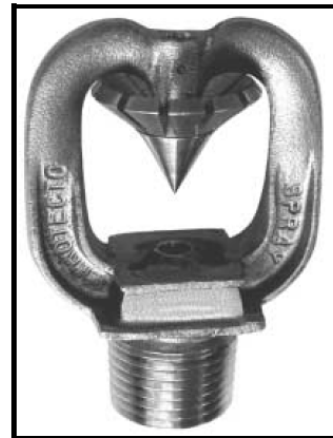
The Type D3 Protectospray Nozzle is a redesignation for the Gem Type D3.

#### **WARNINGS**

*The Type D3 Protectospray Nozzles described herein must be installed and maintained in compliance with this document, as well as with the applicable standards of the National Fire Protection Association, in addition to the standards of any other authorities having jurisdiction. Failure to do so may impair the performance of these devices.*

*The design of individual water spray fixed systems can vary considerably, depending on the characteristics and nature of the hazard, the basic purpose of the spraying system, the configuration of the hazard, and wind/draft conditions. Because of these variations as well as the wide range of available nozzle spray characteristics, the design of water spray fixed systems for fire protection must only be performed by experienced designers who thoroughly understand the limitations as well as capabilities of such systems.*

*The owner is responsible for maintaining their fire protection system and devices in proper operating condition. The installing contractor or sprinkler manufacturer should be contacted with any questions.*



#### **IMPORTANT**

*Always refer to Technical Data Sheet TFP700 for the "INSTALLER WARNING" that provides cautions with respect to handling and installation of sprinkler systems and components. Improper handling and installation can permanently damage a sprinkler system or its components and cause the nozzle to fail to operate in a fire situation.*

## Technical Data

### Approvals

The natural finish, chrome plated, and lead coated bronze, as well as stainless steel Type D3 Protectospray Nozzles are UL and C-UL Listed, as well as FM Approved.

### Maximum Working Pressure

175 psi (12,1 bar).  
Also refer to Figure 2, Note 2.

### Discharge Coefficient

Refer to Table A.

### Spray Angles

Refer to Table B.

### Finish and Material

Refer to Table E.

### Thread Connection

1/2 inch NPT.

### Physical Characteristics (Bronze)

Frame . . . . . Bronze  
Deflector . . . . . Bronze  
Splitter . . . . . Bronze  
Pin . . . . . Bronze

### Physical Characteristics (Stainless Steel)

Frame . . . . . ASTM A-296, Grade CF-8M (equiv. Type 316 S.S.)  
Deflector . . . . . Type 316 S.S.  
Splitter . . . . . Type 316 S.S.  
Pin . . . . . Type 316 S.S.

## Design Criteria

**Nozzle Placement.** Where direct impingement of water spray onto all of the protected surface is required by the Authority having Jurisdiction, the nozzles are to be spaced and directed so that their spray patterns will completely cover the plane-of-protection with the minimum required average density; however, it is recommended that indoor nozzle spacing be 12 feet (3,7 m) or less and that outdoor nozzle spacing be 10 feet (3,0 m) or less. Where rundown or slippage is planned, e.g., exposure protection of vessels per NFPA 15, the above recommended indoor and outdoor spacings also apply.

When used for protecting the surfaces of a vessel, for example, the nozzles are positioned normal to and approximately 2 feet (0,6 m) from the surface. This approach, in conjunction with a properly selected spray angle, will tend to make more effective use of the spray as well as help minimize the

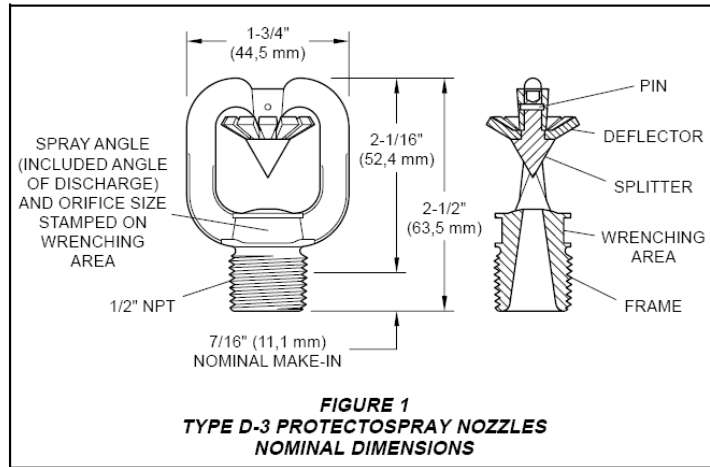


FIGURE 1  
TYPE D-3 PROTECTOSPRAY NOZZLES  
NOMINAL DIMENSIONS

ORIFICE SIZE	MINIMUM DIAMETER	K-FACTOR	
		NFPA (GPM + √psi)	ISO/SI (LPM + √bar)
NO. 16	0.203" (5,16 mm)	1.2	17,3
NO. 18	0.250" (6,35 mm)	1.8	25,9
NO. 21	0.281" (7,14 mm)	2.3	33,1
NO. 24	0.328" (8,33 mm)	3.0	43,2
NO. 28	0.375" (9,53 mm)	4.1	59,0
NO. 32	0.438" (11,13 mm)	5.6	80,6
NO. 34	0.500" (12,70 mm)	7.2	103,7

TABLE A  
SELECTION OF ORIFICE SIZES

65°	125°
80°	140°
95°	160°
110°	180°

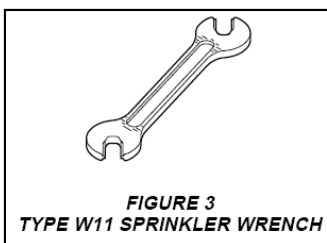
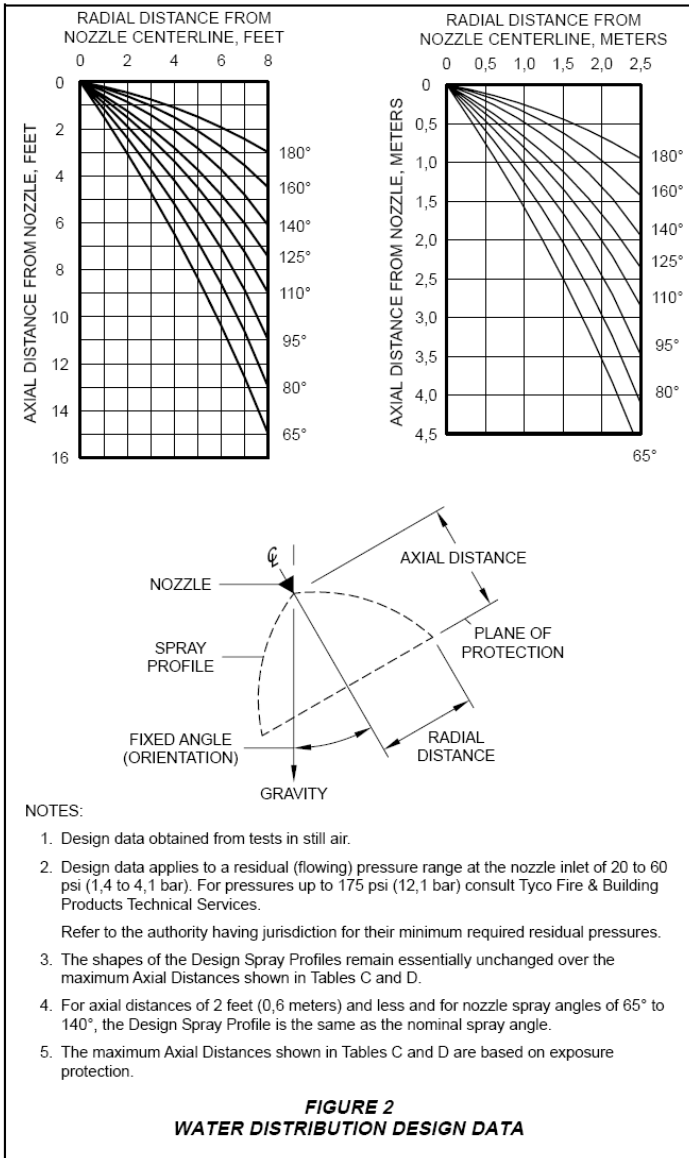
TABLE B  
SELECTION OF SPRAY ANGLES

disturbance effects of wind/draft conditions on the water spray patterns.

**Spray Patterns.** The Design Spray Profiles for the nozzle spray angles of 65 to 180 degrees are shown in Figure 2 and apply to discharge pressures of 20 to 60 psi (1,4 to 4,1 bar). Discharge pressures in excess of 60 psi (4,1 bar) will result in a decrease in coverage area since the spray patterns tend to draw inwards at higher pressures. Refer inquiries on higher discharge pressures to the Technical Services Department. The maximum axial distances between the nozzle tip and

plane-of-protection, for exposure protection, are given in Table C and D. When the axial distance from the nozzle tip to the plane-of-protection is 3 feet (0,6 m) or less, the Design Spray Profile is the same as the nominal spray angles of 65 thru 140 degrees.

**Main Pipeline Strainers.** Main pipeline strainers per NFPA 15 are required for systems utilizing nozzles with a flow path less than 3/8 inch (9,5 mm) diameter, i.e., No. 16 thru No. 24 (Ref. Table A), and for any system where the water is likely to contain obstructive material.



## Installation

Type D3 Protectospray Nozzles must be installed in accordance with the following instructions:

**NOTE**

A leak tight 1/2 inch NPT nozzle joint should be obtained with a torque of 7 to 14 ft.lbs. (9,5 to 19,0 Nm). A maximum of 21 ft. lbs. (28,5 Nm) of torque

may be used to install nozzles with 1/2 NPT connections. Higher levels of torque may distort the nozzle inlet and cause leakage or impairment of the nozzle.

**Step 1.** With pipe thread sealant applied to the pipe threads, hand tighten the nozzle into the nozzle fitting.

**Step 2.** Tighten the nozzle into the nozzle fitting using only the W-Type 11 Sprinkler Wrench (Ref. Figure 3). With reference to Figure 1 the W-Type 11 Sprinkler Wrench is to be applied to the wrenching area.

## Care and Maintenance

The Type D3 Protectospray Nozzles must be maintained and serviced in accordance with the following instructions:

**NOTE**

Before closing a fire protection system main control valve for maintenance work on the fire protection system that it controls, permission to shut down the affected fire protection system must be obtained from the proper authorities and all personnel who may be affected by this action must be notified.

Type D3 Protectospray Nozzles must never be painted, plated, coated or altered in any way after leaving the factory; otherwise, the spray performance may be impaired.

Care must be exercised to avoid damage to the nozzles - before, during, and after installation. Nozzles damaged by dropping, striking, wrench twist/slip-page, or the like, must be replaced.

Frequent visual inspections are recommended to be initially performed for nozzles installed in potentially corrosive atmospheres to verify the integrity of the materials of construction and finish as they may be affected by the corrosive conditions present for a given installation. Thereafter, annual inspections per NFPA 25 are required.

Water spray fixed systems for fire protection service require regularly scheduled care and maintenance by trained personnel. In addition to inspecting nozzles for proper spray performance during water flow trip tests of the system, it is recommended that nozzles be periodically inspected for broken or missing parts (including blow-off plugs where applicable), loading/obstructions, or other evidence of impaired protection. The inspections should be scheduled weekly or as frequently as

(Continued on Page 6)

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 65° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	10-6	12-6	13-0	13-3	14-6	15-0	15-6
30°	8-3	10-9	10-9	11-9	12-6	13-6	13-9
45°	7-3	10-0	10-0	11-3	11-6	12-6	12-9
60°	6-6	9-3	9-6	10-9	11-0	11-9	12-6
90°	6-0	8-6	9-0	10-3	10-6	10-9	11-6
120°	5-9	7-6	7-6	7-6	8-3	9-0	9-6
135°	5-6	6-0	6-3	6-6	7-0	8-0	8-6
150°	5-3	5-6	5-6	5-9	6-3	7-3	7-6
180°	5-0	5-0	5-0	5-6	5-9	6-6	7-0

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 125° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	4-6	5-0	6-6	7-9	10-0	10-3	10-6
30°	3-9	3-9	6-3	6-9	8-6	8-6	8-9
45°	3-0	3-6	5-9	6-0	7-9	7-6	8-3
60°	2-6	3-0	5-6	5-9	7-3	7-3	7-9
90°	2-0	2-9	4-9	5-0	5-9	6-0	6-6
120°	1-9	2-3	3-3	3-3	3-9	3-9	4-6
135°	1-6	1-9	2-6	2-6	3-3	3-3	3-9
150°	1-6	1-6	2-0	2-3	2-6	2-9	3-6
180°	1-3	1-3	1-9	2-0	2-3	2-6	3-3

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 80° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	9-0	10-6	11-0	12-0	13-0	14-0	14-0
30°	7-3	8-3	8-9	10-6	11-6	12-3	12-3
45°	6-3	7-6	8-0	10-3	10-6	11-3	11-3
60°	5-6	7-0	7-6	10-0	10-3	10-9	10-9
90°	5-0	6-0	7-0	9-3	9-6	9-9	10-0
120°	4-6	4-9	5-9	6-6	7-3	7-0	8-0
135°	4-3	4-6	5-0	5-6	6-0	6-3	6-9
150°	4-0	4-0	4-6	5-0	5-6	5-6	6-0
180°	3-9	3-9	4-0	4-6	4-9	5-3	5-6

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 140° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	4-0	4-6	6-0	6-6	8-0	8-0	8-0
30°	3-3	3-6	5-6	5-6	6-3	7-0	7-0
45°	2-9	2-9	5-0	5-0	5-6	6-6	6-6
60°	2-3	2-6	4-6	4-6	5-3	5-6	5-9
90°	1-9	2-3	4-0	4-0	4-6	4-6	5-0
120°	1-6	1-9	2-3	2-6	2-6	3-0	3-6
135°	1-3	1-6	1-6	1-9	2-0	2-6	2-9
150°	1-3	1-3	1-6	1-6	1-9	2-3	2-6
180°	1-0	1-0	1-3	1-3	1-6	2-0	2-3

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 95° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	7-0	7-9	9-6	10-6	11-0	12-0	12-6
30°	5-9	6-6	7-9	9-9	10-6	10-9	11-0
45°	5-3	6-3	7-0	9-6	9-9	10-3	10-3
60°	4-9	6-0	6-9	9-3	9-6	9-9	9-9
90°	4-0	5-0	6-6	8-3	8-6	8-9	8-9
120°	3-6	3-9	5-0	5-3	6-3	6-0	6-6
135°	3-3	3-6	4-0	4-6	5-3	5-3	5-6
150°	3-0	3-0	3-6	4-0	4-6	4-6	4-9
180°	3-0	3-0	3-3	3-9	4-0	4-3	4-6

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 160° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	3-6	3-9	4-9	5-0	6-0	6-9	7-0
30°	2-9	3-0	4-3	4-6	5-0	5-9	6-3
45°	2-3	2-6	3-9	4-0	4-6	5-3	5-6
60°	1-9	2-3	3-6	3-9	4-3	4-9	5-3
90°	1-3	1-9	3-0	3-3	3-6	3-9	4-3
120°	1-0	1-3	1-6	2-0	2-0	2-3	2-6
135°	1-0	1-0	1-3	1-3	1-6	1-9	2-0
150°	0-9	0-9	1-0	1-0	1-6	1-6	1-9
180°	0-9	0-9	0-9	0-9	1-3	1-6	1-6

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 110° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	6-0	7-0	9-0	9-6	11-0	11-3	11-6
30°	5-3	6-3	7-3	8-9	9-6	9-9	10-0
45°	4-9	5-9	6-6	8-6	9-0	9-0	9-3
60°	4-3	5-6	6-3	8-3	8-6	8-6	8-9
90°	3-6	4-6	5-9	7-6	7-6	7-6	7-9
120°	2-9	3-3	4-6	4-6	5-6	5-6	5-6
135°	2-6	2-9	3-6	3-6	4-6	4-6	4-9
150°	2-3	2-6	3-0	3-3	3-6	3-9	4-3
180°	2-3	2-3	2-9	3-0	3-3	3-6	3-9

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 180° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	2-9	3-0	3-6	3-6	4-0	6-0	6-0
30°	2-3	2-3	3-6	3-6	3-9	5-0	5-0
45°	1-9	2-0	3-3	3-3	3-6	4-3	4-3
60°	1-6	1-9	2-9	2-9	3-3	3-9	3-9
90°	1-0	1-6	2-0	2-0	2-6	3-0	3-0
120°	0-9	1-0	1-0	1-0	1-6	1-6	1-6
135°	0-6	0-9	0-9	0-9	1-3	1-3	1-3
150°	0-6	0-6	0-6	0-6	1-0	1-0	1-0
180°	0-6	0-6	0-6	0-6	0-9	0-9	0-9

**TABLE C**  
**MAXIMUM AXIAL DISTANCE BETWEEN**  
**NOZZLE TIP AND PLANE-OF-PROTECTION FOR EXPOSURE PROTECTION**  
**— FEET AND INCHES —**



MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 65° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	3,2	3,8	4,0	4,0	4,4	4,6	4,7
30°	2,5	3,3	3,3	3,6	3,8	4,1	4,2
45°	2,2	3,0	3,0	3,4	3,5	3,8	3,9
60°	2,0	2,8	2,9	3,3	3,4	3,6	3,8
90°	1,8	2,6	2,7	3,1	3,2	3,3	3,5
120°	1,8	2,3	2,3	2,3	2,5	2,7	2,9
135°	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,4	2,6
150°	1,6	1,7	1,7	1,9	1,9	2,2	2,3
180°	1,5	1,5	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 125° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,4	1,5	2,0	2,4	3,0	3,1	3,2
30°	1,1	1,1	1,9	2,1	2,6	2,6	2,7
45°	0,9	1,1	1,8	1,8	2,4	2,3	2,5
60°	0,8	0,9	1,7	1,8	2,2	2,2	2,4
90°	0,6	0,8	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0
120°	0,5	0,7	1,0	1,0	1,1	1,1	1,4
135°	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0	1,0	1,1
150°	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	1,1
180°	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 80° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	2,7	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,3
30°	2,2	2,5	2,7	3,2	3,5	3,7	3,7
45°	1,9	2,3	2,4	3,1	3,2	3,4	3,4
60°	1,7	2,1	2,3	3,0	3,1	3,3	3,3
90°	1,5	1,8	2,1	2,8	2,9	3,0	3,0
120°	1,4	1,4	1,8	2,0	2,2	2,1	2,4
135°	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1
150°	1,2	1,2	1,4	1,5	1,7	1,7	1,8
180°	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,6	1,7

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 140° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,2	1,4	1,8	2,0	2,4	2,4	2,4
30°	1,0	1,1	1,7	1,7	1,9	2,1	2,1
45°	0,8	0,8	1,5	1,5	1,7	2,0	2,0
60°	0,7	0,8	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8
90°	0,5	0,7	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5
120°	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1
135°	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8
150°	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8
180°	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7

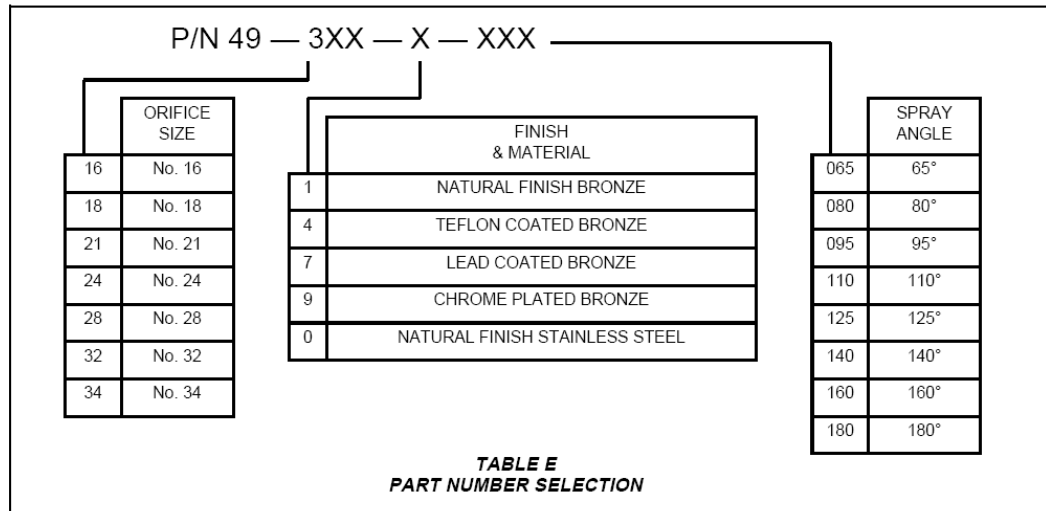
MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 95° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	2,1	2,4	2,9	3,2	3,4	3,7	3,8
30°	1,8	2,0	2,4	3,0	3,2	3,3	3,4
45°	1,6	1,9	2,1	2,9	3,0	3,1	3,1
60°	1,4	1,8	2,1	2,8	2,9	3,0	3,0
90°	1,2	1,5	2,0	2,5	2,6	2,7	2,7
120°	1,1	1,1	1,5	1,6	1,9	1,8	2,0
135°	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,6	1,7
150°	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4
180°	0,9	0,9	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 160° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,1	1,1	1,4	1,5	1,8	2,1	2,1
30°	0,8	0,9	1,3	1,4	1,5	1,8	1,9
45°	0,7	0,8	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7
60°	0,5	0,7	1,1	1,1	1,3	1,4	1,6
90°	0,4	0,5	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3
120°	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
135°	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
150°	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
180°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 110° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,8	2,1	2,7	2,9	3,4	3,4	3,5
30°	1,6	1,9	2,2	2,7	2,9	3,0	3,0
45°	1,4	1,8	2,0	2,6	2,7	2,7	2,8
60°	1,3	1,7	1,9	2,5	2,6	2,6	2,7
90°	1,1	1,4	1,8	2,3	2,3	2,3	2,4
120°	0,8	1,0	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7
135°	0,8	0,8	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
150°	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3
180°	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 180° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	0,8	0,9	1,1	1,1	1,2	1,8	1,8
30°	0,7	0,7	1,1	1,1	1,1	1,5	1,5
45°	0,5	0,6	1,0	1,0	1,1	1,3	1,3
60°	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0	1,1	1,1
90°	0,3	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9
120°	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
135°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
150°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
180°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

**TABLE D**  
**MAXIMUM AXIAL DISTANCE BETWEEN**  
**NOZZLE TIP AND PLANE-OF-PROTECTION FOR EXPOSURE PROTECTION**  
**— METERS —**



may be necessary, and corrective action must be taken to ensure that the nozzles will perform as intended in the event of a fire.

For installations subject to freezing and where blow-off plugs have been installed, a periodic inspection must be performed for evidence of ice build-up from trapped condensate which could affect the proper release of the blow-off plugs.

The owner is responsible for the inspection, testing, and maintenance of their fire protection system and devices in compliance with this document, as well as with the applicable standards of the National Fire Protection Association (e.g., NFPA 25), in addition to the standards of any other authorities having jurisdiction. The installing contractor or sprinkler manufacturer should be contacted relative to any questions.

It is recommended that water spray fixed systems be inspected, tested, and maintained by a qualified Inspection Service in accordance with local requirements and/or national codes.

### Limited Warranty

Products manufactured by Tyco Fire & Building Products (TFBP) are warranted solely to the original Buyer for ten (10) years against defects in material and workmanship when paid for and properly installed and maintained under normal use and service. This warranty will expire ten (10) years

from date of shipment by TFBP. No warranty is given for products or components manufactured by companies not affiliated by ownership with TFBP or for products and components which have been subject to misuse, improper installation, corrosion, or which have not been installed, maintained, modified or repaired in accordance with applicable Standards of the National Fire Protection Association, and/or the standards of any other Authorities Having Jurisdiction. Materials found by TFBP to be defective shall be either repaired or replaced, at TFBP's sole option. TFBP neither assumes, nor authorizes any person to assume for it, any other obligation in connection with the sale of products or parts of products. TFBP shall not be responsible for sprinkler system design errors or inaccurate or incomplete information supplied by Buyer or Buyer's representatives.

In no event shall TFBP be liable, in contract, tort, strict liability or under any other legal theory, for incidental, indirect, special or consequential damages, including but not limited to labor charges, regardless of whether TFBP was informed about the possibility of such damages, and in no event shall TFBP's liability exceed an amount equal to the sales price.

The foregoing warranty is made in lieu of any and all other warranties, express or implied, including warranties of merchantability and fitness for a particular purpose.

This limited warranty sets forth the exclusive remedy for claims based on failure of or defect in products, materi-

als or components, whether the claim is made in contract, tort, strict liability or any other legal theory.

This warranty will apply to the full extent permitted by law. The invalidity, in whole or part, of any portion of this warranty will not affect the remainder.

### Ordering Procedure

When placing an order, indicate the full product name and P/N.

Contact your local distributor for availability.

**D3 Protectospray Nozzles:**  
Specify: No. (specify) orifice, Type D3 Protectospray Nozzle with (specify finish/coating and material) with (specify number) degree spray angle, P/N (specify from table E).

**Sprinkler Wrench:**  
Specify: Type W11 Sprinkler Wrench, P/N 56-452-1-001.

**Optional Blow-Off Plugs:**  
Specify: Blow-Off Plug Style (specify letter), P/N (specify from Figure 1).

- (No. 16) Style A ..... P/N 56-320-1-001
- (No. 18) Style K ..... P/N 56-320-1-009
- (No. 21) Style J ..... P/N 56-320-1-008
- (No. 24) Style I ..... P/N 56-320-1-007
- (No. 28) Style H ..... P/N 56-320-1-006
- (No. 32) Style E ..... P/N 56-320-1-005
- (No. 34) Style D ..... P/N 56-320-1-004

## A.3 Concentrado de Espuma



### 3% AFFF Foam Concentrate

Chemguard 3% AFFF is a specially formulated, synthetic, aqueous film forming foam concentrate. A vapor suppressing aqueous film is formed by the foam solution draining from the expanded foam blanket. It is intended for use at a proportioning rate of 3% (3 parts AFFF concentrate to 97 parts water) on Class B hydrocarbon type fuels such as gasoline, kerosene, diesel, etc. Chemguard 3% AFFF is not intended for use on fuels, which are polar solvent/water miscible such as alcohols, ketones, esters, etc.

#### FEATURES

- U.L. Listed, Foam Liquid Concentrates
- U.L. recommended application rate on hydrocarbon type fuels is .10/gpm ft<sup>2</sup>.
- U.L. Canada Listed
- Performance to ICAO, Doc. #9137, Part 1, Chapter 8, Level "B" verified
- Suitable for use with fresh or salt water
- Excellent wetting characteristics when used in combating Class "A" fuel fires
- Suitable for use with both aspirating foam and standard water fog nozzles
- Suitable for use with deluge or closed head foam water sprinkler systems
- If inadvertently frozen, thawing will render product completely serviceable again
- Suitable for use with carbon steel, fiberglass, polyethylene or stainless steel. Chemguard 3% AFFF is not compatible with galvanized pipe or fittings in an undiluted form.
- Suitable for use with siliconized dry chemical extinguishing agents

#### PROPORTIONING

- Fixed or portable in-line eductors
- In-line balanced pressure and pump pressure proportioning skid

- Bladder tank balanced pressure proportioning systems
- Around the pump proportioners
- Handline, air-aspirating nozzles with fixed eductor pickup tube

#### DISCHARGE DEVICES

- Foam Chambers
- Air-aspirating and non air-aspirating sprinkler heads or spray nozzles
- Standard water fog nozzles for handlines and monitors
- Air-aspirating foam nozzles
- Foam makers for use with either Floating Roof storage tanks or Dike/Bund protection systems
- High back pressure foam makers for sub-surface base injection system (hydrocarbon type fuels only)

#### APPLICATIONS

- Crash Fire Rescue
- Storage Tanks (non-polar solvent type fuels only)
- Truck/Rail Loading or Unloading Facilities
- Processing/Storage Facilities
- Docks/Marine Tankers
- Flammable Liquid Containment Areas
- Mobile Equipment

#### FOAMING PROPERTIES

Aspirating type discharge devices typically generate expansion ratios between 6-10 to 1 when 3% AFFF is mixed with water at the correct ratio. Non-aspirating type devices will typically generate expansion ratios of between 2-4 to 1. Expansion ratios are dictated by the type of discharge devices, flow rate and discharge pressure.

**TYPICAL PROPERTIES AT 77°F (25°C)**

Appearance.....Clear Slightly Yellow  
Specific Gravity.....1.020  
pH.....7.7  
Viscosity.....1.5 cps

**ENVIRONMENTAL IMPACT**

Chemguard 3% AFFF is biodegradable, low in toxicity and can be treated in sewage treatment plants. Please refer to Chemguard Technical Bulletin regarding foam products and the environment.

**STORAGE**

If kept in the original unopened and airtight Chemguard supplied container and stored within the temperature range of 35°F-120°F (2°C - 49°C) a shelf life of between 20-25 years can be expected. When stored in other than the manufacturers supplied container, please check with Chemguard for storage guidelines.

**ORDERING INFORMATION & WEIGHT**

Part No:	Container	Weight
C303P	5-Gallon Pail / 19 Liters	45 lbs.
C303D	55-Gallon Drum / 208 Liters	495 lbs.
C303BD	330-Gallon Tote / 1249 Liters	3000 lbs.

## A.4 Tanque Bladder Horizontal



### *Vertical and Horizontal Bladder Tanks*

The Chemguard Bladder Tank is one component in a balanced pressure foam proportioning system. It requires no external power, other than the water pressure to ensure correct operation. The vertical and horizontal bladder tanks are designed and constructed in accordance with the latest revisions to ASME code, Section VIII for unfired pressure vessels with a working pressure of 175 psi and tested to 1.3 times this pressure.

#### **SPECIFICATIONS**

The tank shell is constructed of steel, complying with ASME specifications, possessing a tensile strength of not less than 70,000 psi. The circumferential, as well as the longitudinal body seam, are machine welded. The tank interior welds and edges are ground smooth.

The tank shell water inlet and tank shell water drain is screened to prevent bladder blow out or the entrapment of debris between the tank shell and the bladder.

The vertical tank assembly is supported by four legs with access to the bladder drain/fill valve and the tank shell drain/fill valve. Four feet are provided for anchoring the tank. The horizontal assembly is supported on two saddles welded to the tank and fitted with anchoring holes.

#### **FEATURES**

- UL Listed
- Bladder is manufactured of a vinyl based polymer, or a polyester reinforced copolymer. The bladder material shall have an ASTM D-412 Tensile Strength of at least 3000 psi and an ASTM D-624 Graves Tear Strength of at least 420 lbs./in.
- Tanks are supplied with permanently mounted brass trim valves with Teflon seats.

- All valves are labeled showing normal working position and function.
- Lifting lugs are permanently welded to the tank with eyes of approximately 2" diameter.
- Both the vertical and horizontal tanks contain a perforated PVC center tube that assures maximum agent discharge.
- All tanks are approximately 10% oversized to allow for any thermal expansion of the foam concentrate.
- All tanks are supplied with a label, which identifies the type of foam concentrate the system is designed for, the percentage ratio and the tank size.
- Tanks are painted red enamel

#### **OPTIONS**

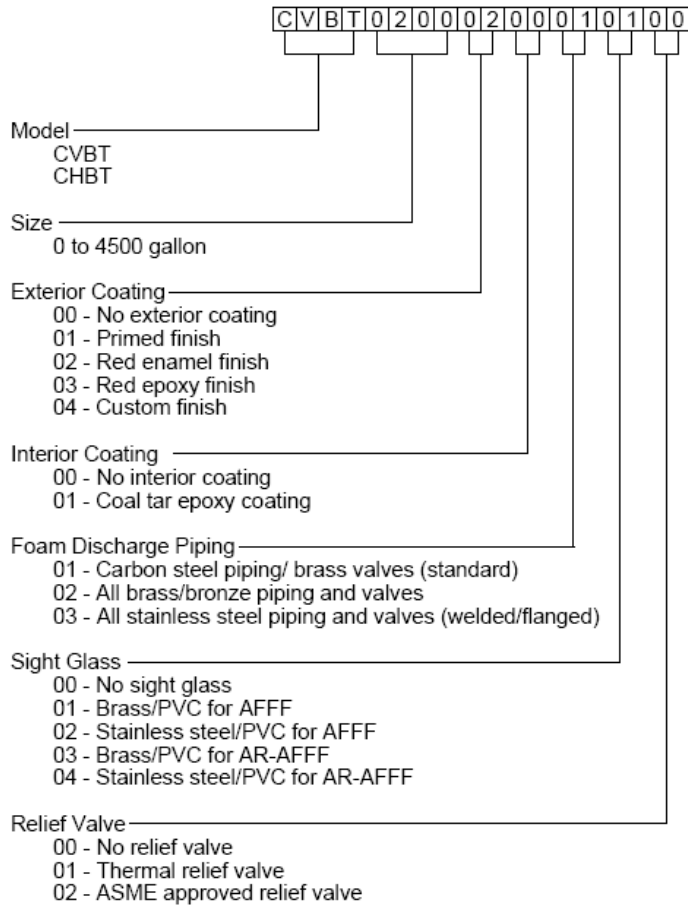
- Coal tar epoxy for coating the interior shell of the tank (for use in salt-water environment)
- Sight Glass
- Proportioner prepiped onto tank assembly
- Red epoxy finish
- Custom fabrication of specialty materials, dimensions and capacities
- Actuated valves for water/concentrate
- Stainless steel or brass trim
- Insulation and heat tracing packages

**ORDERING INFORMATION**

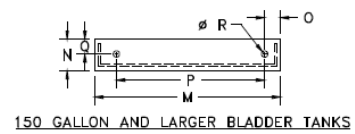
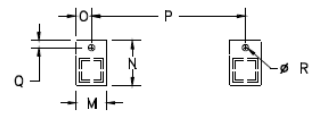
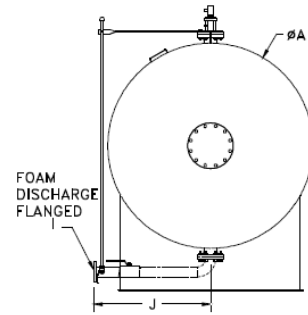
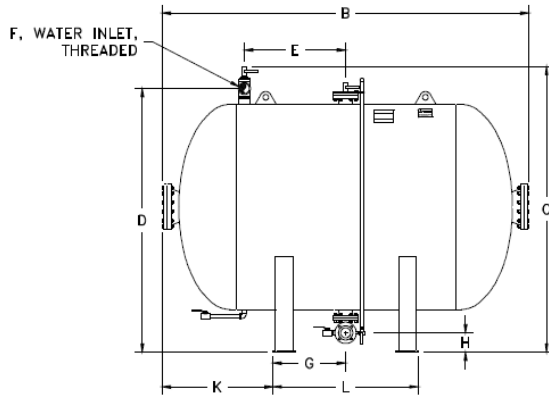
Please specify the following:

- Type of tank required, Horizontal or Vertical
- Size of tank
- Exterior finish of tank
- Whether required for salt water environment
- Any other options required

**Example:**



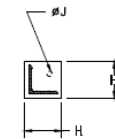
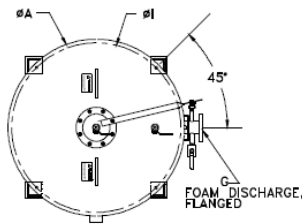
## HORIZONTAL BLADDER TANK



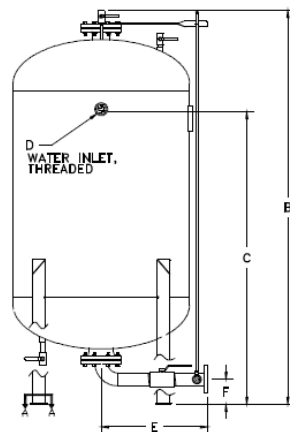
**NOTES:**

1. ALL DIMENSIONS ARE APPROXIMATE AND SUBJECT TO CHANGE.
2. WHEN DESIGNING A BUILDING TO HOUSE BLADDER TANKS, STEPS SHOULD BE TAKEN TO ALLOW FOR REMOVAL OF INTERNAL CENTER TUBES. CENTER TUBES ARE THE FULL LENGTH AND/OR HEIGHT OF THE TANK.

## VERTICAL BLADDER TANK



VIEW A-A



**NOTES:**

1. ALL DIMENSIONS ARE APPROXIMATE AND SUBJECT TO CHANGE.
2. WHEN DESIGNING A BUILDING TO HOUSE BLADDER TANKS, STEPS SHOULD BE TAKEN TO ALLOW FOR THE REMOVAL OF INTERNAL CENTER TUBES. CENTER TUBES ARE THE FULL LENGTH OF THE TANK.

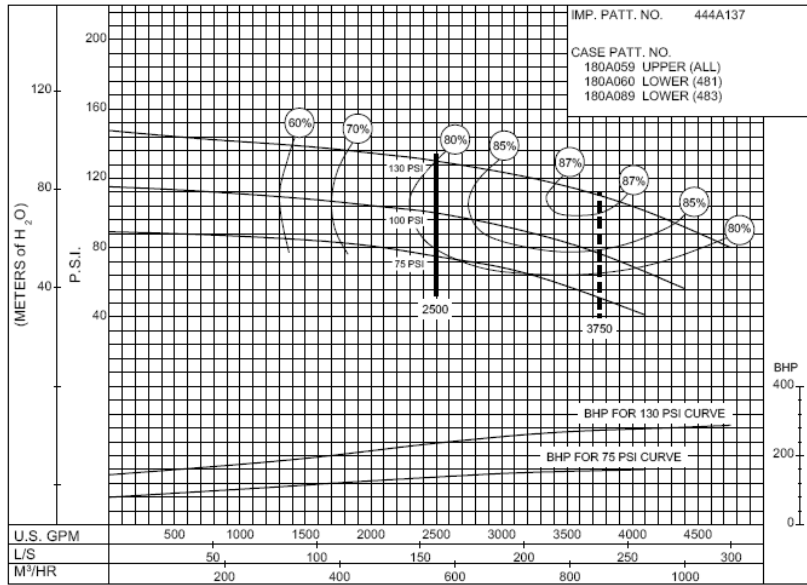
# A.5: Bomba Eléctrica

## 2500 G.P.M. 912 SERIES ELECTRIC MOTOR DRIVE

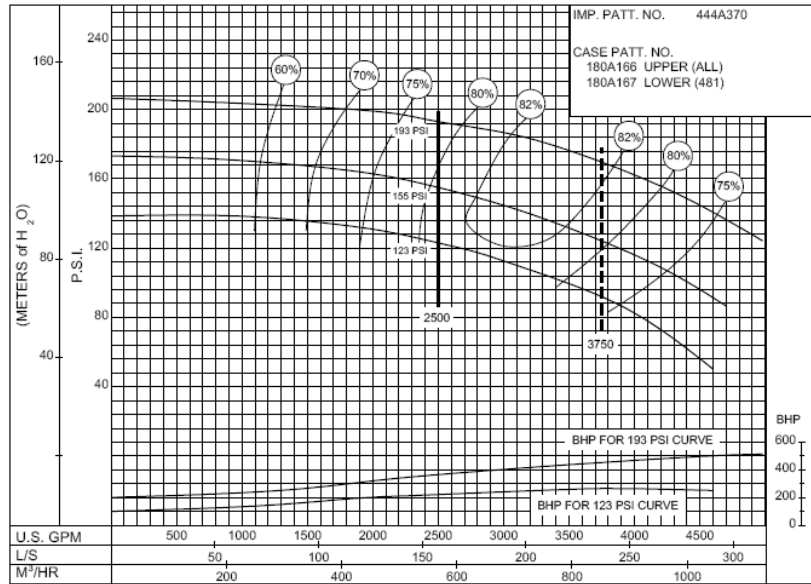
Section **912** Page **435**  
Date **June 1999**

Supersedes Section 912 Page 435  
Dated June 1992

SIZE : 8-481-17B / 8-483-17B      MODEL: 480      IMPELLER : Enclosed      R. P. M. : 1770



SIZE : 8-481-21A      MODEL: 480      IMPELLER : Enclosed      R. P. M. : 1770



**ap AURORA®**  
Pentair Pump Group



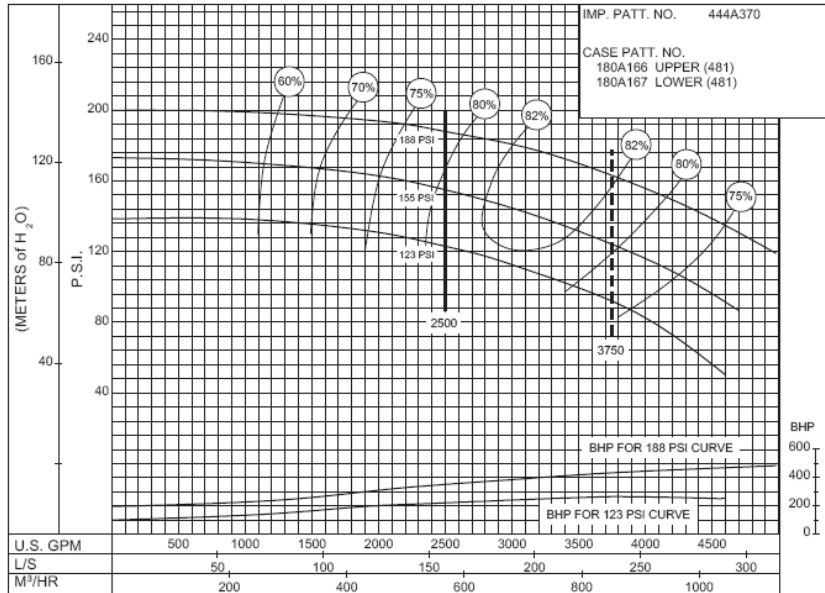
## A.6: Bomba Diesel

Section **913** Page **462**  
Date **December 2000**

Supersedes Section 913 Page 462  
Dated April/November 2000

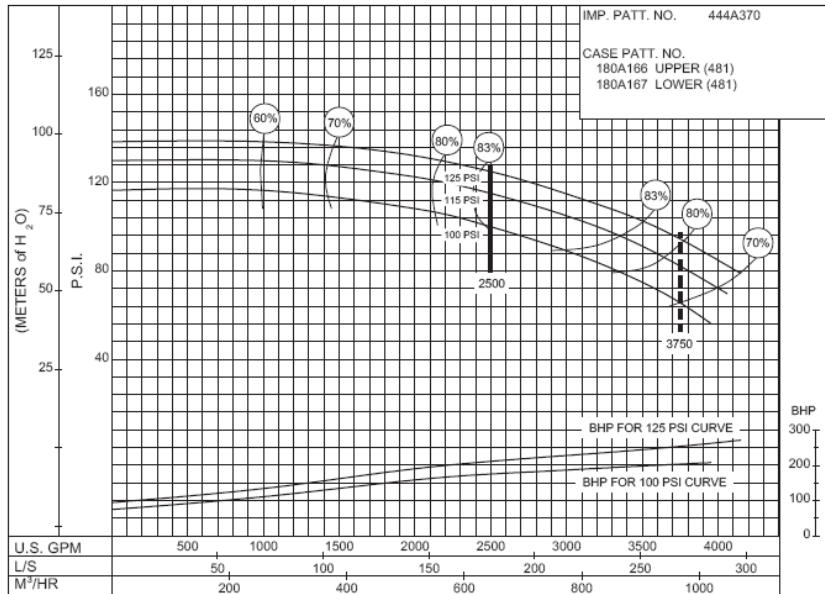
### 2500 G.P.M. 913 SERIES DIESEL ENGINE DRIVE

SIZE : 8-481-21A      MODEL: 480      IMPELLER : Enclosed      R. P. M. : 1750



123 to 188 P.S.I.

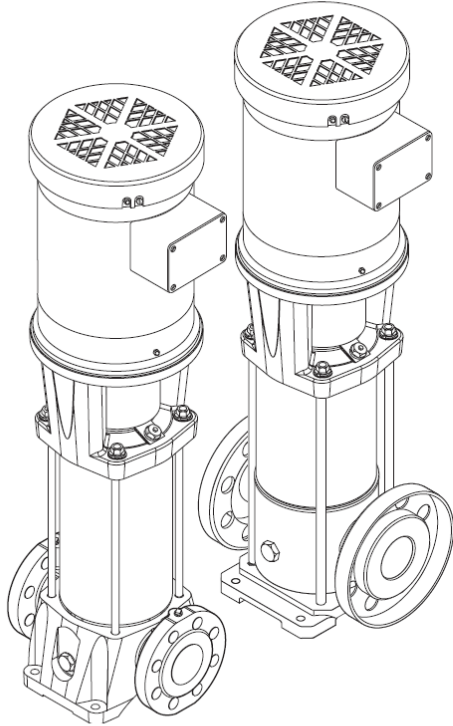
SIZE : 8-481-21A      MODEL: 480      IMPELLER : Enclosed      R. P. M. : 1460



100 to 125 P.S.I.

**ap AURORA®**  
Pentair Pump Group

## A.7: Bomba Jockey



# Vertical Multi-stage Pumps - 60 Hz.

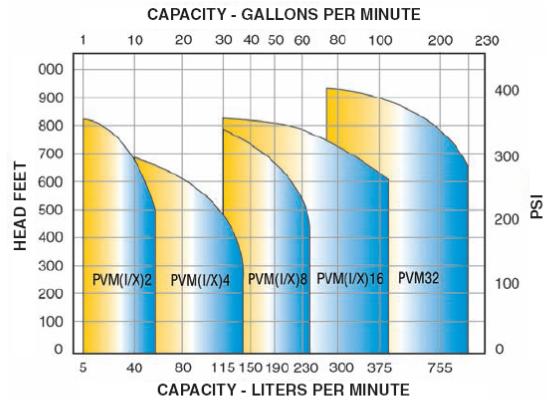
PVM - Cast Iron  
 PVMI - 304 Stainless Steel  
 PVMX - 316 Stainless Steel

Models	Flow Series	HP Range	GPM
PVM/PVMI/PVMX	2	1/2 – 5	1 – 20
PVM/PVMI/PVMX	4	1/2 – 7.5	3 – 40
PVM/PVMI/PVMX	8	3/4 – 15	5 – 65
PVM/PVMI/PVMX	16	5 – 25	8 – 115
PVM	32	3 – 40	15 – 215

### TABLE OF CONTENTS

Description	Page
<i>PVM(I/X)2 Series</i>	2-8
<i>PVM(I/X)4 Series</i>	9-15
<i>PVM(I/X)2 /PVM(I/X)4 Construction Materials</i>	16
<i>PVM(I/X)8 Series</i>	17-23
<i>PVM(I/X)16 Series</i>	24-28
<i>PVM(I/X)8/PVM(I/X)16 Construction Materials</i>	29
<i>PVM32 Series</i>	30-33
<i>PVM32 Construction Materials</i>	34
<i>Bypass Orifice Sizing</i>	35
<i>Warranty</i>	36

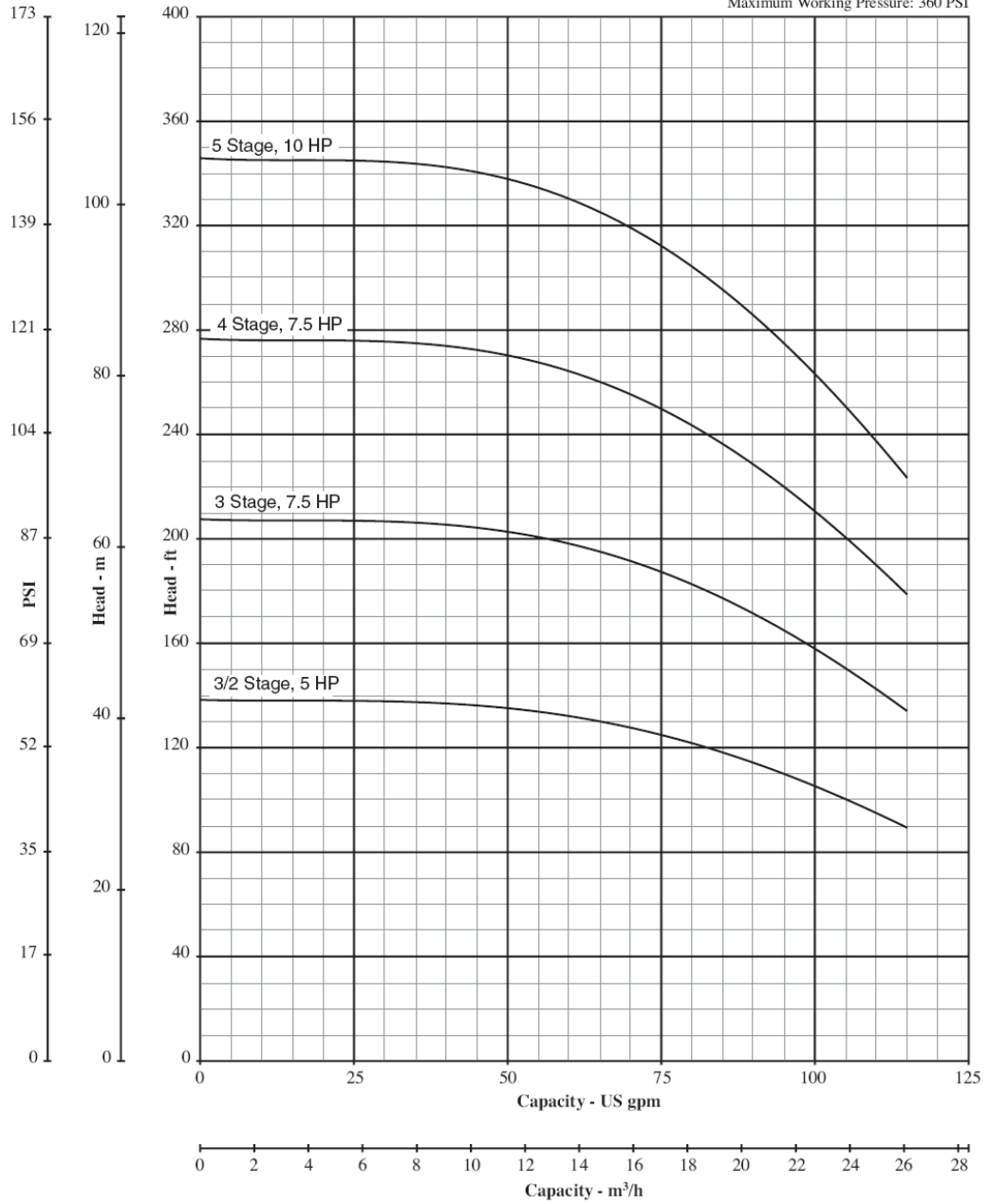
### VERTICAL MULTI-STAGE PERFORMANCE



10/1/06

# Performance Curves – PVM (I/X) 16 Series

Nominal RPM: 3450  
 Based on Fresh Water @ 68 F  
 Maximum Working Pressure: 360 PSI



## A.8: Cámara de Espuma



## Foam Chambers

The Chemguard Foam Chamber consists of a foam expansion chamber and an integral foam maker. The foam chamber is installed on a flammable liquid storage tank just below the roof joint. The foam solution is piped to the chamber from outside the hazard area. Upon entering the chamber, the foam solution is expanded and then discharged against a deflector inside the storage tank. The deflector directs the foam against the inside wall of the storage tank. This reduces the submergence of the foam and agitation of the fuel surface. (NFPA Type II Application)

### FEATURES

- U. L. Listed
- (4) models available to cover all flow requirements
- Top of chamber has handle, which simplifies inspection access to the vapor seal
- Frangible glass vapor seal is provided. The glass is scored on one side and designed to break at a minimum 10 psi but not greater than 20 psi.
- Chamber manufactured in ASTM A36 carbon steel with a 304 stainless steel screen covering the foam maker air inlets
- All foam chamber inlets and outlets are flat faced and drilled to ANSI 150 lb. standard. Flange gaskets are provided.
- Choice of two styles of deflector is available (split or solid)
- Finished with durable red epoxy paint
- A stainless steel inlet orifice is supplied. Chemguard sizes the orifice based on the foam solution flow requirements and the foam solution inlet pressure available at the base of the foam chamber.

### ORDERING INFORMATION

When ordering please supply the following:

1. Minimum inlet pressure at base of foam chamber and foam solution flow rate required (It is recommended a minimum of 40 PSI inlet pressure be available)
2. Type of deflector required - solid or split
3. Mounting pad if required

Part Number	Flow
FC 2.50	58-177 GPM
FC 3.00	101-292 GPM
FC 4.00	180-642 GPM
FC 6.00	540-1090 GPM

**ORDERING INFORMATION**

Part No:	Description	Approx. Shipping Wt.	Lb. (Kg.)	GPM
FC 2.50	2½" Foam Chamber	60	(27.2)	58-177 GPM
FC 2.51	2½" Solid Deflector	5	(2.3)	
FC 2.52	2½" Split Deflector	5	(2.3)	
FC 2.53	2½" Mounting Pad	15	(6.8)	
FC 2.54	Spare Vapor Seal Assembly	1	(0.5)	
<hr/>				
FC 3.00	3" Foam Chamber	100	(45.4)	101-292 GPM
FC 3.01	3" Solid Deflector	10	(4.5)	
FC 3.02	3" Split Deflector	10	(4.5)	
FC 3.03	3" Mounting Pad	20	(9.1)	
FC 3.04	Spare Vapor Seal Assembly	1	(0.5)	
<hr/>				
FC 4.00	4" Foam Chamber	145	(65.8)	180-642 GPM
FC 4.01	4" Solid Deflector	20	(9.1)	
FC 4.02	4" Split Deflector	20	(9.1)	
FC 4.03	4" Mounting Pad	35	(15.9)	
FC 4.04	Spare Vapor Seal Assembly	1	(0.5)	
<hr/>				
FC 6.00	6" Foam Chamber	270	(122.5)	540-1090 GPM
FC 6.01	6" Solid Deflector	30	(13.6)	
FC 6.02	6" Split Deflector	30	(13.6)	
FC 6.03	6" Mounting Pad	50	(22.7)	
FC 6.04	Spare Vapor Seal Assembly	2	(0.9)	

**Note:**

**Each foam chamber comes complete with the following:**

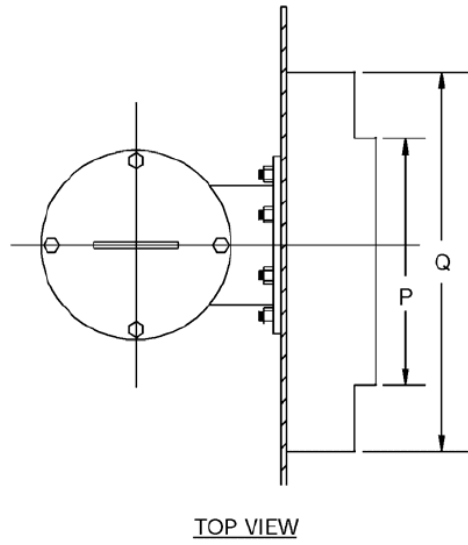
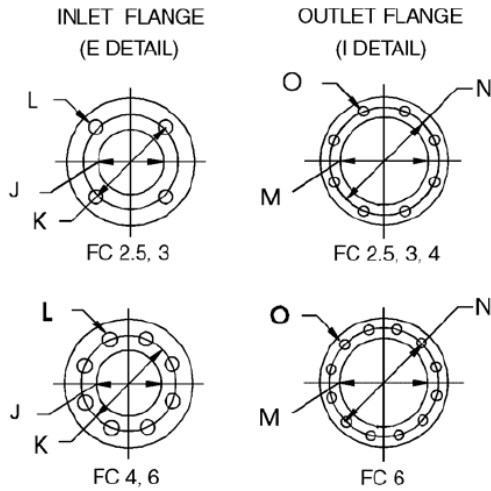
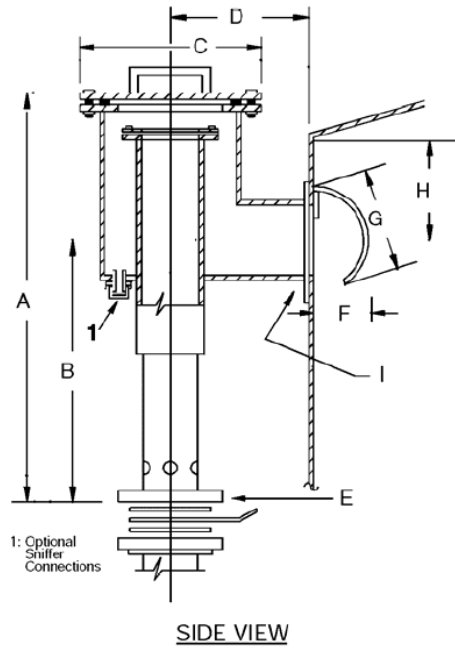
- (1) Vapor seal
- (1) Orifice - sized per customer requirements
- (2) Vapor seal gaskets
- (1) Inspection cover gasket
- (2) Inlet gaskets
- (2) Outlet gaskets

Various nuts, bolts, etc. to make complete assembly.

Deflectors, mounting pads and spare vapor seal assemblies sold separately.

CHAMBER DIMENSIONS

	FC 2.5	FC 3	FC 4	FC 6
A	29 IN.	34 3/4 IN.	38 1/2 IN.	44 3/4 IN.
B	17 1/2 IN.	22 1/4 IN.	23 1/2 IN.	27 1/2 IN.
C	10 5/8 IN.	12 3/4 IN.	14 3/4 IN.	18 IN.
D	7 IN.	9 IN.	10 IN.	12 IN.
E	2 1/2 IN.	3 IN.	4 IN.	6 IN.
F	3 1/4 IN.	4 1/4 IN.	5 3/8 IN.	6 3/8 IN.
G	6 1/2 IN.	8 1/2 IN.	10 1/2 IN.	12 1/2 IN.
H	8 IN.	9 1/2 IN.	11 IN.	12 IN.
I	4 IN.	6 IN.	8 IN.	10 IN.
J	2 7/8 IN.	3 1/2 IN.	4 1/2 IN.	6 5/8 IN.
K	5 1/2 IN.	6 IN.	7 1/2 IN.	9 1/2 IN.
L	3/4 IN.	3/4 IN.	7/8 IN.	7/8 IN.
M	4 1/2 IN.	6 5/8 IN.	8 5/8 IN.	10 3/4 IN.
N	7 1/2 IN.	9 1/2 IN.	11 3/4 IN.	14 1/4 IN.
O	3/4 IN.	7/8 IN.	7/8 IN.	1 IN.
P	8 IN.	12 IN.	16 IN.	20 IN.
Q	12 IN.	16 IN.	24 IN.	30 IN.



## A.9: Proporcionador de Presión Balanceada



### Balance Pressure Proportioning Pump Skid

Chemguard Balanced Pressure Proportioning Pump Skids are designed to accurately proportion the foam concentrate into the water stream. The systems operate over a wide range of flows and pressures and do not require any manual adjustment.

#### FEATURES

- Six proportioner options to cover a wide range of flow requirements
- Accurate proportioning is achieved by using a diaphragm type-balancing valve.
- Schedule 40 black iron pipe is standard for all interconnecting piping. Options using brass or stainless steel are available.
- Compatible with all Chemguard foam concentrates
- Name tags used for all valve identification
- Four lifting lugs provided for easy movement of the skid.
- Pump skid supplied with manual override capabilities.
- All Chemguard skids are fully tested and shipped from the factory ready to install.
- Choice of color and finish is available for all environments using either epoxy or enamel paint.

#### SPECIFICATIONS

The Chemguard Balanced Pressure Proportioning Pump Skid contains all necessary components including control valves, proportioning controller(s), duplex gauge, and positive displacement foam concentrate pump with electric motor, motor starter and all interconnecting piping. The complete unit is mounted on a structural steel base for stability. Optional drivers include diesel and gasoline.

#### FLOW RANGE

The following table lists the nominal flow range for each size-proportioning unit. The flow rates for other foam concentrates may vary. Please consult the engineering department at Chemguard for specific applications.

Size	AR-AFFF gpm (lpm)	AFFF gpm (lpm)
2 1/2"	130-400 (492-1514)	40-400 (151-1514)
3"	245-700 (927-2649)	70-750 (264-2839)
4"	400-1500 (1514-5678)	200-1600 (757-6056)
6"	960-3000 (3633-11356)	300-3400 (1135-12870)
8"	1510-4500 (5715-17034)	500-5500 (1892-20819)
6" Ultrawide	20-2500 (76-9463)	20-2500 (76-9463)

#### ORDERING INFORMATION

When ordering please supply the following:

1. Type and percentage of foam concentrate
2. Minimum and maximum static and residual water pressure available at the proportioning controller(s).
3. Minimum and maximum foam solution flows expected.
4. Type of power supply required
5. Type of paint finish and color

#### Note:

Chemguard does not recommend using more than one proportioning unit on each skid.

## **ANEXOS B**

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DETECCIÓN**

**B.1** Detector de Flama

**B.2** Detector Lineal de Calor

**B.3** Rango de Temperatura por Modelo de LHD

**B.4** Código de Colores LHD

**B.5** Matriz Causa Efecto Cuarto de Bombas de Producto

**B.6** Matriz Causa Efecto Plataforma de Almacenamiento Estación Reductora

**B.7** Matriz Causa Efecto Plataforma de Almacenamiento Tanques de Despacho

**B.8** Matriz Causa Efecto Islas de Carga

**B.9** Estándares de Protección IP y NEMA



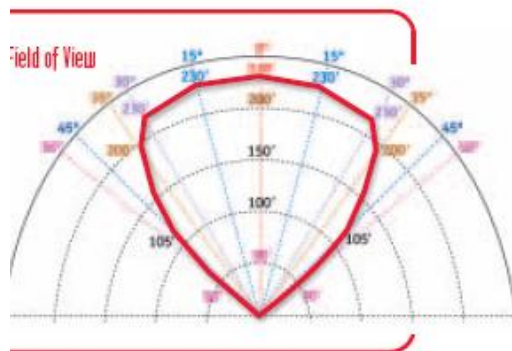
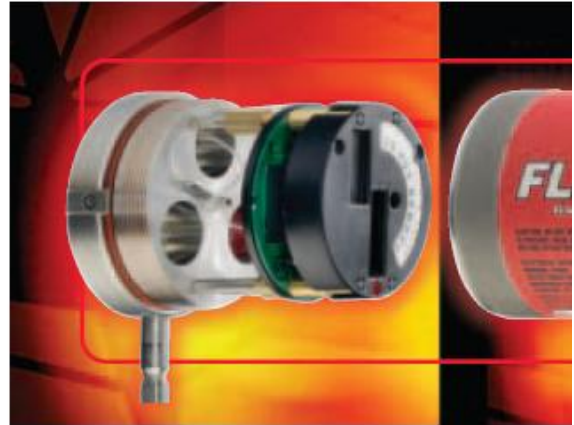
## B.1 Detector de Flama

# Innovative Technology for

### Advanced Multi-Spectral Sensor Array with Neural Network Technology

The FL4000 Multi-Spectral Infrared (MSIR)/Neural Network Technology (NNT) Flame Detector from General Monitors sets a new industry standard for performance, reliability, and value. General Monitors has developed the industry's first MSIR/NNT Flame Detector designed to operate at longer range with a wider field of view and at higher accuracy for superior false alarm immunity.

Combining a precision multi-spectral IR sensing array with highly intelligent neural network processors, the FL4000 reliably discriminates between actual flames and nuisance false alarm sources (such as arc welding or hot objects).

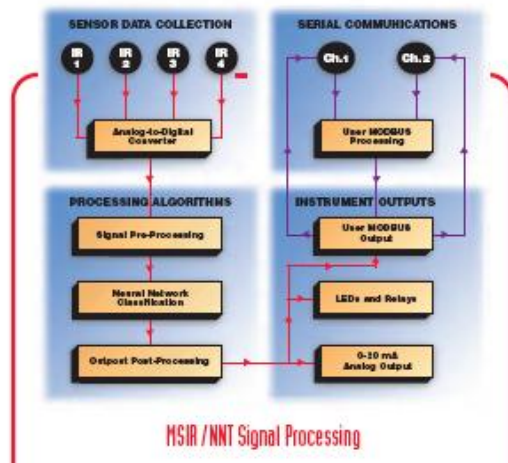


- Standard features of the FL4000 Flame Detector include:
- > MSIR sensor array for maximum range of up to 230 ft.
  - > Neural network technology for superior false alarm immunity
  - > Continuous optical path monitoring (COPM) checks optical path integrity for high reliability
  - > Response time of <10 seconds for rapid flame detection and alarming
  - > Industry standard 4-20 mA output signal for communications with remote alarms, PLCs, or DCS
  - > HART digital communication signal superimposed on the 4-20 mA analog signal.
  - > Dual-redundant MODBUS communications via RS-485 interface for remote operation
  - > Test lamp that checks all outputs
  - > Explosion-proof stainless steel housing for corrosive and marine environments

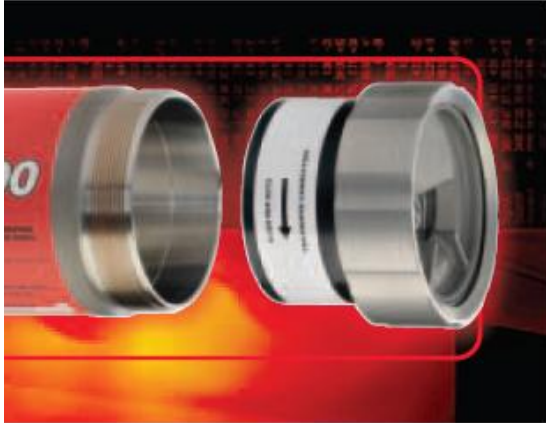
- > Event logging records time, date and type of event
- > Minimum immunity distance to arc welding: 5-15 ft. (1.5-4.6 m)

### How MSIR/NNT Flame Detection Works

The FL4000 is a highly discriminating MSIR/NNT detector, which makes use of multiple infrared sensors sampling different IR spectrum wavelengths. Each detector's analog sensor signals are sampled and converted into digital format for signal pre-processing to extract time and frequency data.



# Superior False Alarm Immunity



The time and frequency information are used by the FL4000's proprietary neural network classification algorithm to identify if input IR signals are emitted from a flame or non-flame source. The flame or non-flame decision is then reported as an output via LEDs, relays, HART and/or MODBUS.

With its NNT flame discrimination algorithm, the FL4000 is highly immune to false alarms. COPM (Continuous Optical Path Monitoring) self-diagnostic circuitry checks the optical path (window cleanliness) and the detector's circuitry every two minutes. Serial ports allow up to 128 units (247 using repeaters) to be linked to a host computer using the MODBUS RTU protocol.

The FL4000's breakthrough NNT signal processing model offers a distinct advantage. Its ability to adapt to customer application conditions is almost limitless, resulting in highly reliable flame protection with superior false-alarm immunity.

## Lower Your Total Installed Cost

The FL4000 Flame Detector is a powerful next generation solution with distinct advantages over many existing flame detection devices in the marketplace. The FL4000's greater range and wider field of view reduces the number of detectors necessary in many applications — thus cutting total installed cost while achieving greater false alarm immunity.

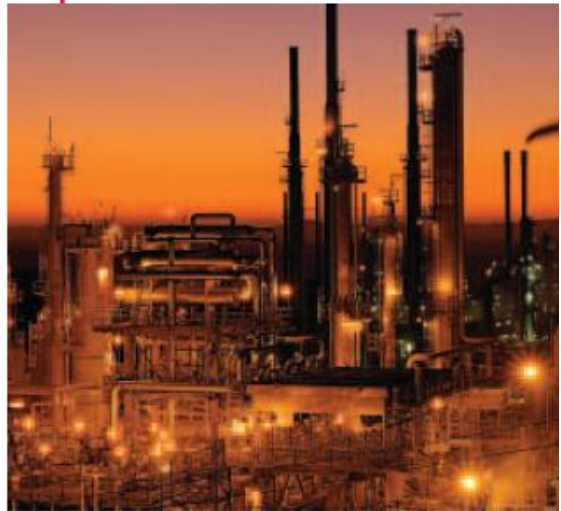
## FL4000 Approvals

To support global applications, the FL4000 is approved by CSA, FM, ATEX, ULC and has CE Marking. Additionally, the detector is rated as SIL 3 Suitable. Patent 7202794.

## Applications Versatility

Until now, plant engineers facing chronic false alarm problems have had to choose between accepting the costs of false alarms, changing the process or installing complex redundant flame detection systems at a high cost and with high maintenance requirements. The FL4000 with its highly intelligent MSIR/NNT sensor addresses the shortcomings of today's typical flame detectors and is ideal for a wide range of applications and industries:

- > Automotive
- > Aerospace
- > Chemical Plants
- > Electric Power
- > Food / Beverage
- > Offshore Platforms
- > Oil / Gas Distribution
- > Oil / Gas Refineries
- > Pharmaceuticals
- > Textile Manufacturing
- > Warehouses
- > Wood and Paper Plants



## B.2 Detector Lineal de Calor



### Detector de Calor Lineal Protectowire



#### Características

- Cobertura de línea... sensibilidad continua.
- Cuatro valores de temperatura.
- Soporta condiciones ambientales severas.
- Aprobado para locales peligrosos.
- Fácil de instalar, probar, y empalmar.
- Compatible con otros dispositivos de iniciación en el mismo circuito.
- Actuaciones distintas de pre-alarma y de alarma (Tipo TRI).

#### Descripción

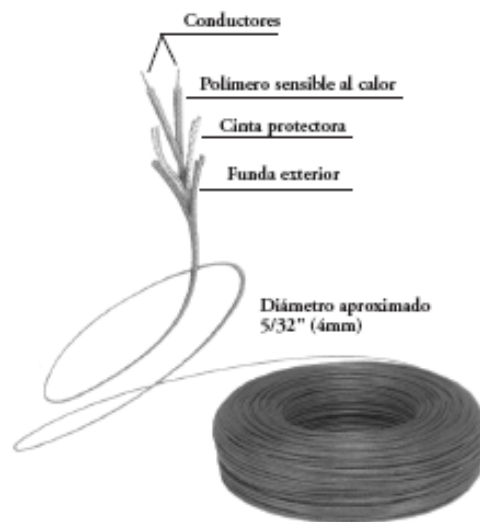
El Detector de Calor Lineal Protectowire es un cable propietario que detecta el calor en cualquier punto de su extensión. El cable sensor se compone de dos conductores de acero aislados individualmente con un polímero sensible al calor. Los conductores aislados están trenzados para crear una presión de muelle entre sí, entonces se les envuelve con una funda exterior apropiada para el ambiente en el cual se ha de instalar el Detector.

Protectowire es un sensor digital de temperatura fija y por eso es capaz de activar una alarma cuando se alcanza la temperatura de régimen activador. En la temperatura calibrada, el aislador de polímero sensible al calor se rinde contra la presión que siente, permitiendo que los conductores interiores se pongan en contacto y así activen una señal de alarma. Esta acción ocurre en el primer punto calentado en cualquier lugar en la extensión del Detector. No se requiere que se caliente una longitud específica para activar la alarma, ni se necesita calibrar el sistema para compensar por cambios en la temperatura ambiental instalada. El Detector de Calor Lineal Protectowire provee las ventajas de cobertura de líneas con sensibilidad de puntos específicos.



## Protectowire...

*la primera línea en la defensa contra incendios.*



### Aplicaciones

- Bandejas de cables
- Conductores
- Aparatos de distribución de energía: conmutadores, transformadores, centros de control de motores
- Acumuladores de polvo/casas de bolsas
- Torres de enfriamiento
- Almacenes/almacenes con bastidores
- Minas
- Oleoconductos
- Puentes, muelles, embarcaciones
- Almacenamiento de refrigeración
- Granjas de tanques
- Hangares de aviación
- Salas de ordenadores

Perfecto para peligros de alto riesgo industriales igual que para muchos tipos de aplicaciones comerciales, el Detector de Calor Lineal Protectowire tiene ventajas especiales sobre otros tipos de detectores, especialmente cuando se hallan presentes factores difíciles de instalación o condiciones ambientales severas.

Cuando se utiliza con un Panel de Control FireSystem Protectowire, el Detector activará un indicador, mostrando el lugar de condición de calor excesiva o incendio en cualquier punto de su extensión. El Detector también cumple con estándares de seguridad intrínseca y está aprobado por FM para áreas de peligro de Clase I, II, o III, División 1, Grupos Aplicables A, B, C, D, E, F y G cuando se pide la opción apropiada de panel de control.

### Características y Beneficios de Protectowire

- Identifica y muestra, en el panel de control, el lugar de alarma en cualquier punto de su extensión cuando se usa el Indicador de Localización de Punto de Alarma Protectowire exclusivo.
- No se afecta la sensibilidad por cambios en la temperatura ambiental o en la extensión del cable que se usa en el circuito de detección. No se requieren ajustes compensatorios.
- Conductores interiores de acero y fundas exteriores selectas proveen resistencia contra daño mecánico.
- Fácil de instalar y de empalmar con herramientas comunes. Las juntas se pueden llevar a cabo sin afectar la integridad del sistema.
- Compatible con otros tipos de dispositivos de activación de alarmas en el mismo circuito, tales como estaciones de arranque manual, detectores térmicos de calor y detectores de humo.
- Se puede instalar en áreas peligrosas cuando se usa con Paneles de Control Protectowire debidamente aprobados.
- Gama completa de temperaturas y modelos disponibles para acomodar las más exigentes aplicaciones.
- Detectores de distintas temperaturas se pueden usar en el mismo circuito iniciador.
- Disponible en cable menajero de acero inoxidable para instalaciones donde el montaje se hace difícil, tales como en áreas extensas a la intemperie.
- Equipo portátil de prueba disponible para servicio en el campo fácil.
- Adecuado e ideal para activación de equipo de extinción, como sistemas de inundación o de aspersión de pre-acción.

### Especificaciones

El Detector está fabricado para valores múltiples de temperatura que permite diferencias en la temperatura normal o ambiental. Las normas para la selección del valor nominal de temperatura del detector son las mismas que se usan para aspersores automáticos y otros dispositivos actuados por el calor. Consulte la Tabla de Valores de Temperaturas para seleccionar el modelo apropiado basándose en los límites de temperatura de instalación.

La gama de productos del Detector consiste de cuatro tipos distintos de cable. Cada designación identifica un material de funda exterior específico que tiene características especiales que han sido elegidas para acomodar la más amplia variedad de ambientes de instalación.

EPC – Protectowire de Tipo EPC consiste de una funda exterior duradera de vinilo. Esta serie se explica del mejor modo describiéndola como de multi-uso y es bien adecuada para una amplia gama de aplicaciones comerciales e industriales. Cuenta con baja absorción de humedad, resistencia contra químicos comunes, excelente flexibilidad en temperaturas bajas y retardo de llamas.

EPN – El tipo EPN usa una funda doble que consiste de una capa interior de vinilo con una capa exterior de nilón negro 612 resistente al ambiente. Esta cable está diseñado específicamente para aplicaciones industriales tales como conductores, en los cuales la resistencia contra la abrasión es de suma importancia.

En lo general, la capa exterior de nilón mejora substancialmente la resistencia del cable contra la abrasión, algunos ácidos, sales agresivas, aceites y productos del petróleo mientras mantiene buenas propiedades eléctricas y mecánicas.

**EPR** – La serie EPR contiene una capa moldeada a presión de un elastómero basado en polipropileno con un estabilizador especial de UV para aumentar el rendimiento y la protección ambiental. Es la solución a una amplia gama de aplicaciones industriales y se caracteriza por una alta elasticidad, buena resistencia contra la abrasión, excelentes propiedades de protección ambiental, rendimiento superior en altas temperaturas y resistencia contra aceites. EPR provee mejor protección general en temperaturas ambientales superiores que las series EPC o EPN.

**TRI** – El tipo TRI Protectowire es un detector de temperatura dual único, capaz de iniciar señales distintas de alarma y de pre-alarma una vez se alcanzan las temperaturas calibradas de activación. El Detector consiste de una funda exterior duradera de vinilo que provee baja absorción de humedad, resistencia contra muchos químicos comunes, excelente flexibilidad y retardo de llamas. Para obtener información completa sobre este producto, por favor consulte el Formulario 9114.

### Eléctrico

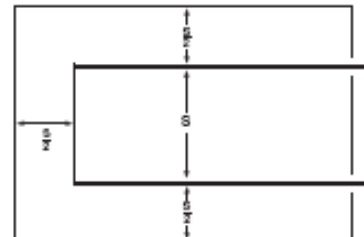
Todos los cables tienen valor nominal para 30 VAC, 42 VDC. La resistencia es de aproximadamente 1 ohmio por cada 5 pies (1.5 metros) de par trenzado (2 conductores). El tipo TRI es de 3 ohmios por pie (.3 metros) de cable trenzado (3 conductores).

### Instalación

El Detector de Calor Lineal Protectowire está aprobado como detector de incendios automático actuado por el calor y se debe usar en un circuito supervisado iniciado por una unidad de control de señalización aprobada de protección contra incendios. El Detector debe ser instalado en corridas continuas sin tomas o ramas de acuerdo con las secciones aplicables de NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, NFPA 72 Código de Alarmas Contra Incendios Nacional, o como

se determina por la "autoridad local con jurisdicción".

Protectowire puede ser instalado al nivel del techo o en las paredes laterales a 20 pulgadas del techo, para proteger áreas dentro de edificios (protección de áreas). El Detector tiene un beneficio adicional de ser apropiado para la instalación cerca del peligro para proveer respuesta rápida (protección de proximidad o de aplicación especial).



Techo del área protegida.  
S=espaciamiento máximo. Consulte la tabla siguiente.

En techos lisos, la distancia entre las corridas de detector no serán de más del espacio indicado. Habrá una corrida de detector dentro de una distancia de la mitad del espacio indicado, medido en ángulo recto, desde todas las paredes o particiones que extiendan a hasta 18 pulgadas (460 mm) del techo como se indica el dibujo.

El espacio indicado debe ser utilizado como una guía o punto de partida en el diseño de instalación del detector. Se requiere espacio reducido basándose en factores tales como altura del techo y construcción, obstrucciones físicas, movimiento de aire, o la autoridad que tenga jurisdicción. Cuando se usa Protectowire para activar sistemas de aspersión, reglamentos de espacio de FM (Factory Mutual) también podrán ser aplicables al peligro específico protegido. Es obligatorio que se aplique juicio de ingeniería para determinar la localización final del detector y el espaciamiento.

### Valores Nominales de Temperatura y Números de Modelo (Use Detector Lineal de Valor de Proper Temperatura Apropiado)

	Regular	Intermedia	Alta	Super Alta
Temperatura de Alarma	155°F (68°C)	190°F (88°C)/220°F (105°C)	280°F (138°C)	356°F (180°C)
Temperatura Ambiental de Instalación Máxima	Hasta 100°F (38°C)	190 Hasta 150°F (66°C) 220 Hasta 175°F (79°C)	Hasta 200°F (93°C)	Hasta 221°F (105°C) EPR Hasta 250°F (121°C)
Multi-uso/ Industrial	PHSC-155-EPC	PHSC-190-EPC PHSC-220-EPC <sup>①</sup>	PHSC-280-EPC	PHSC-356-EPC*
Abrasión/Resistencia a Químicos Limitada	PHSC-155-EPR	PHSC-190-EPR PHSC-190-EPN	PHSC-280-EPR	PHSC-356-EPR*

MODELO No. PHSC-6893-TRI Detector de Temperatura Dual (TRI-Wire™)

Temperatura Máxima Ambiental de Instalación = 100°F (38°C) Baja Temperatura de Pre-Alerta = 155°F (68°C); Alarma de Alta temperatura = 200°F (93°C)

Todos los modelos de Protectowire pueden ser provistos en Cable Manajero. Añada la letra "M" al final de los números de modelo anteriores.

\*Aprobada por FM solo para uso en aplicaciones especiales. <sup>①</sup>Aprobada por FM solo.

### Aprobaciones/Espaciamiento Máximo Indicado

Tipo EPC	Tipo EPN	Tipo EPR	Tipo TRI
UL (25 p/7.6m)	UL (25 p/7.6m)	UL (25 p/7.6m)	—
FM (25 p/7.6m)	FM (25 p/7.6m)	FM (25 p/7.6m)	FM (15 p/4.6m)

En lo general, el uso de Protectowire en cualquier circuito de dispositivo de iniciación, se limita a cobertura de un peligro o área específica. Cable de cobre, de tipo aprobado, con un mínimo tamaño de conductor de 18 AWG, deberá ser instalado desde el panel de control hasta el área de peligro donde se conecta al principio de la porción Protectowire del circuito. La porción Protectowire de cada circuito iniciador deberá comenzar y terminar en cada extremo en una caja de zona aprobada o caja de zona de fin de línea. Conectores de relieve de tensión, Modelo SR-502, se instalarán en todas las cajas de zonas donde entre Protectowire o salga del compartimiento, para asegurar y sostener el cable.

### Accesorios de Instalación

Una amplia gama de accesorios de montaje e instalación están disponibles para la instalación del Detector de Calor Lineal Protectowire. Estos incluyen diversos tipos de abrazaderas, correas, anillos de acción, prensas de sujeción, distanciadores de cable, conectadores y cajas de zona. Su uso adecuado asegurará una instalación limpia y fiable. Se deberá usar solamente artículos de instalación proveídos o aprobados por The Protectowire Company.

Cable Mensajero (exclusivo a Protectowire) también se halla disponible para cualquier modelo de Detector con pedido especial. Consiste de cable de acero inoxidable de alta fuerza de tensión, que se envuelve alrededor del Detector a la tasa de aproximadamente una vuelta por pie. Es un cable portador o de apoyo diseñado para simplificar la instalación del Detector en áreas donde el montaje se hace difícil debido a la falta de estructuras de apoyo adecuadas o superficies de montaje. Cuando se usa cable mensajero para apoyar al Detector, se deben usar hebillas de giro y pernos de ojo en cada

extremo de corrida para dar tensión al cable de apoyo. La extensión máxima de Detector entre hebillas de giro no deberá exceder 250 pies (76 metros) y el cable también deberá ser apoyado con fijadores intermedios aprobados en intervalos de no más de 50 pies (15 metros). Cuando se haga el pedido, póngale una letra "M" al final del número de modelo Protectowire.

Todos los modelos de Detector de Calor Lineal Protectowire tienen conductores del mismo tamaño y están empalmados con herramientas comunes, usando Mangas de Empalme PWS o Conectores de Empalme PWS. Estos dispositivos están diseñados para usos específicos y son los únicos métodos aprobados para empalmar el Detector.

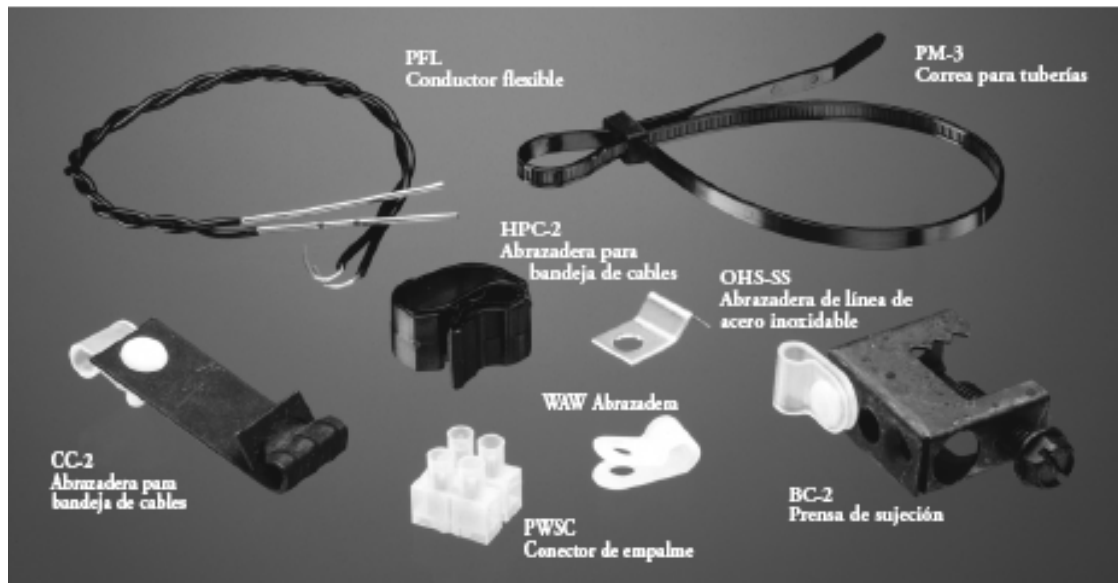
### Capacidades del Sistema

El Detector de Calor Lineal Protectowire es un componente de una familia completa de sistemas fabricados por The Protectowire Company - líder en detección de incendios durante más de cincuenta años.

Las capacidades incluyen cumplir con cualquier necesidad de defensa contra incendios desde detección de área peligrosa a cierre de equipo auxiliar y apagamiento automático. De diseño modular, los sistemas de detección Protectowire están diseñados para cumplir con los requisitos individuales de clientes y permitir la expansión de sistemas en cualquier momento, proveyendo economía de largo alcance.

### Accesorios

La Compañía Protectowire ofrece un surtido de pernos de fijación y dispositivos de empalme para facilitar la instalación para aplicaciones estándares y especiales. Detalles completos se hallan disponibles a la orden.



## B.3 Rango de Temperatura por Modelo de LHD

### Temperature Ratings and Model Numbers *(Use Linear Detector of Proper Temperature Rating)*

Product Type	Model Number	Alarm Temperature	Max. Recommended Ambient Temperature	Approvals/Max. Listed Spacing	
				UL/cUL	FM
<u>EPC</u> Multi-Purpose/ Commercial & Industrial Applications	PHSC-155-EPC	155° F (68° C)	100°F (38°C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-190-EPC	190° F (88° C)	150°F (66°C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-220-EPC	220° F (105° C)	175°F (79°C)	N/A	25 ft. (7.6m)
	PHSC-280-EPC	280° F (138° C)	200°F (93°C)	50 ft. (15.2m)	25 ft. (7.6m)
	PHSC-356-EPC	356° F (180° C)	221°F (105°C)	50 ft. (15.2m)	See Note 1
<u>EPR</u> Good Weathering Properties & High Temperature Jacket Performance	PHSC-155-EPR	155° F (68° C)	100°F (38°C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-190-EPR	190° F (88° C)	150°F (66°C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-280-EPR	280° F (138° C)	200°F (93°C)	50 ft. (15.2m)	25 ft. (7.6m)
	PHSC-356-EPR	356° F (180° C)	250°F (121°C)	50 ft. (15.2m)	See Note 1
<u>TRI</u> Applications Requiring Pre-alarm	PHSC-6893-TRI	Pre-alarm: 155° F (68° C) Alarm: 200° F (93° C)	100°F (38°C)	N/A	15 ft. (4.6m)
<u>XCR</u> High Performance/ Industrial Applications Excellent Abrasion & Chemical Resistance	PHSC-155-XCR	155° F (68° C)	100°F (38°C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-190-XCR	190° F (88° C)	150°F (66°C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-220-XCR	220° F (105° C)	175°F (79°C)	N/A	25 ft. (7.6m)
	PHSC-280-XCR	280° F (138° C)	200°F (93°C)	50 ft. (15.2m)	25 ft. (7.6m)
	PHSC-356-XCR	356° F (180° C)	250°F (121°C)	50 ft. (15.2m)	See Note 1
<u>XLT</u> Multi-Purpose/ Excellent Low Temp. Properties	PHSC-135-XLT	135° F (57° C)	100°F (38°C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)

Note 1: FM Approved for special application use only.  
All Protectowire models can be supplied on Messenger Wire. Add suffix "-M" to above model numbers.

## B.4 Código de Colores LHD

### Protectowire Linear Heat Detector

#### TYPE EPC – VINYL JACKET



PHSC-155-EPC 155° (68°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 100° F (38° C)



PHSC-190-EPC 190° (88°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 150° F (66° C)



PHSC-220-EPC 220° (105°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 175° F (79° C)



PHSC-280-EPC 280° (138°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 200° F (93° C)



PHSC-356-EPC 356° (180°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 221° F (105° C)

#### TYPE EPR – POLYPROPYLENE ELASTOMER JACKET



PHSC-155-EPR 155° (68°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 100° F (38° C)

PHSC-190-EPR 190° (88°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 150° F (66° C)

PHSC-280-EPR 280° (138°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 200° F (93° C)

PHSC-356-EPR 356° (180°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 250° F (121° C)

#### TRI-WIRE™ DUAL TEMPERATURE VINYL JACKET



PHSC-6893-TRI 155°/200° (68°/93°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 100° F (38° C)

#### TYPE XCR FLUOROPOLYMER JACKET



PHSC-155-XCR 155° (68°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 100°F (38°C)



PHSC-190-XCR 190° (88°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 150°F (66°C)



PHSC-220-XCR 220° (105°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 175°F (79°C)



PHSC-280-XCR 280° (138°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 200°F (93°C)



PHSC-356-XCR 356° (180°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 250°F (121°C)

#### TYPE XLT – PROPRIETARY POLYMER JACKET



PHSC-135-XLT 135° (57°C)  
Max. Recommended Ambient Temp 100° F (38° C)

### B.5 Matriz Causa Efecto Cuarto de Bombas de Producto

MATRIZ CAUSA EFECTO			EFECTO				
							UBICACIÓN
ZONA 1 SALA DE BOMBAS			SALA DE BOMBEO	SL-7A	LUZ ESTROBOSCOPICAS	SL-7A	SALA DE BOMBEO
			SALA DE BOMBEO	H-7A	SIRENA	H-7A	SALA DE BOMBEO
			ESPUMA SALA DE BOMBEO	S-1A	SOLENOIDE	S-1A	ESPUMA SALA DE BOMBEO
			AGUA DEL TANQUE BLADER SALA DE BOMBEO	S-2A	SOLENOIDE	S-2A	AGUA DEL TANQUE BLADER SALA DE BOMBEO
DISPOSITIVO	TAG	UBICACIÓN					
PULSADOR	B-5A	SALA DE BOMBEO		X	X		
DETECTOR DE FLAMA	FD-6A	SALA DE BOMBEO		X	X	X	X
DETECTOR DE FLAMA	FD-6B	SALA DE BOMBEO		X	X	X	X
DETECTOR DE FLAMA	FD-6C	SALA DE BOMBEO		X	X	X	X
DETECTOR DE FLAMA	FD-6D	SALA DE BOMBEO		X	X	X	X
LHD	LHD-6A	SALA DE BOMBEO		X	X	X	X





## B.7 Matriz Causa Efecto Plataforma de Almacenamiento Tanques de Despacho.

ZONA 3 PLATAFORMA DE DESPACHO			CAUSA		EFECTO																			
DISPOSITIVO	TAG	UBICACIÓN	DISPOSITIVO	TAG	SALA DE BOMBEO	SALA DE BOMBEO	AGUA TP-1	ESPUMA TP-1	AGUA TP-2	ESPUMA TP-2	AGUA TP-3	ESPUMA TP-3	AGUA TP-4	ESPUMA TP-4	SELENOIDE BOMBA DE AGUA PRINCIPAL	AGUA TP-5	ESPUMA TP-5	AGUA TP-6	ESPUMA TP-6	AGUA TP-7	ESPUMA TP-7	AGUA TP-8	ESPUMA TP-8	
PULSADOR	B-5A	SALA DE BOMBEO			X	X																		
LHD	LHD-5B	DIESEL TP-01			X	X	X	X						X	X									
LHD	LHD-5C	DIESEL TP-02			X	X			X	X	X			X	X									
LHD	LHD-5A	PRODUCTO DESTILADO TP-03			X	X	X				X	X			X									
LHD	LHD-5D	PRODUCTO DESTILADO TP-04			X	X		X					X	X	X									
DETECTOR FLAMA	FD-5D	GASOLINA SUPER TP-05			X	X									X	X	X							
DETECTOR FLAMA	FD-5E	GASOLINA SUPER TP-05			X	X									X	X	X							
DETECTOR FLAMA	FD-5F	GASOLINA SUPER TP-06			X	X									X			X	X					
DETECTOR FLAMA	FD-5G	GASOLINA SUPER TP-06			X	X									X			X	X					
DETECTOR FLAMA	FD-5A	GASOLINA EXTRA TP-07			X	X									X					X	X			
DETECTOR FLAMA	FD-5B	GASOLINA EXTRA TP-07			X	X									X					X	X			
DETECTOR FLAMA	FD-5C	GASOLINA EXTRA TP-07			X	X									X					X	X			
DETECTOR FLAMA	FD-5H	GASOLINA EXTRA TP-08			X	X									X							X	X	
DETECTOR FLAMA	FD-5I	GASOLINA EXTRA TP-08			X	X									X							X	X	
DETECTOR FLAMA	FD-5J	GASOLINA EXTRA TP-08			X	X									X							X	X	

### B.8 Matriz Causa Efecto Islas de Carga

MATRIZ CAUSA EFECTO			EFECTO											
			UBICACIÓN	TAG	DISPOSITIVO									
CAUSA			UBICACIÓN	TAG	DISPOSITIVO									
ZONA 4 ISLA DE CARGA			UBICACIÓN	TAG	DISPOSITIVO									
DISPOSITIVO	TAG	UBICACIÓN												
PULSADOR	B-5A	SALA DE BOMBEO				X	X							
DETECTOR DE FLAMA	FD-7A	ISLA DE CARGA						X						X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7B	ISLA DE CARGA						X						X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7C	ISLA DE CARGA						X						X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7D	ISLA DE CARGA						X						X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7E	ISLA DE CARGA						X						X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7F	ISLA DE CARGA							X					X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7G	ISLA DE CARGA							X					X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7H	ISLA DE CARGA							X					X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7I	ISLA DE CARGA							X					X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7J	ISLA DE CARGA								X				X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7K	ISLA DE CARGA								X				X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7L	ISLA DE CARGA								X				X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7M	ISLA DE CARGA								X				X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7N	ISLA DE CARGA									X			X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7Ñ	ISLA DE CARGA									X			X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7O	ISLA DE CARGA									X			X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7P	ISLA DE CARGA									X			X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7Q	ISLA DE CARGA									X			X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7R	ISLA DE CARGA										X	X	X
DETECTOR DE FLAMA	FD-7S	ISLA DE CARGA										X	X	X

## B.9 Estándares de Protección IP y NEMA

### Estándares de protección "IP" y "NEMA"

Los equipos diseñados para trabajo en ambientes hostiles deben cumplir con ciertos estándares que aseguren su robustez y permitan a la gente saber hasta dónde pueden llegar en su utilización. Para saber si un equipo, tal como una terminal portátil, un indicador de peso, un lector de código de barras o un monitor son los adecuados para una aplicación que funcionará bajo condiciones extremas, es necesario revisar sus especificaciones mecánicas, donde generalmente encontraremos grados ip, nema o iec. Seguramente ha leído estas especificaciones y sabe que, por ejemplo, un indicador con nema 4x ó un lector con ip 69 son muy robustos, pero ¿son realmente apropiados para la aplicación que tiene en mente? a continuación se explican brevemente los fundamentos de éstos estándares.

#### IP (Ingress Protection).

El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir. El sistema es reconocido en la mayoría de los países y está incluido en varios estándares, incluyendo el IEC 60529.

Los números IP son frecuentemente indicados en gabinetes, conectores, etc. El tercer dígito, referente a la protección contra impactos mecánicos es generalmente omitido.

Así, por ejemplo, una terminal con IP-64 está totalmente protegida contra la entrada de polvo y contra rocíos directos de agua de todas las direcciones.

	Primer Número - Protección contra sólidos	Segundo Número - Protección contra líquidos	Tercer Número - Protección contra impactos mecánicos
0	Sin Protección	Sin Protección	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente	Protegido contra impactos de 0.225 joules
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical	Protegido contra impactos de 0.375 joules
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical	Protegido contra impactos de 0.5 joules
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 2.0 joules
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 6.0 joules
6	Totalmente protegido contra polvo	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 20.0 joules
7		Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m	
8		Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión	

## **NEMA (National Electrical Manufacturers Association).**

Este es un conjunto de estándares creado, como su nombre lo indica, por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (E.U.), y comprende NEMA 1, 2, 3, 3R, 3S, 4, 4X y 5 al 13.

Los estándares más comúnmente encontrados en las especificaciones de los equipos son los siguientes:

NEMA 4. Sellado contra el agua y polvo. Los gabinetes tipo 4 están diseñados especialmente para su uso en interiores y exteriores, protegiendo el equipo contra salpicaduras de agua, filtraciones de agua, agua que caiga sobre ellos y condensación externa severa. Son resistentes al granizo pero no a prueba de granizo (hielo). Deben tener ejes para conductos para conexión sellada contra agua a la entrada de los conductos y medios de montaje externos a la cavidad para el equipo.

NEMA 4X. Sellado contra agua y resistente a la corrosión. Los gabinetes tipo 4X tienen las mismas características que los tipo 4, además de ser resistentes a la corrosión.

NEMA 12. Uso industrial. Un gabinete diseñado para usarse en industrias en las que se desea excluir materiales tales como polvo, pelusa, fibras y filtraciones de aceite o líquido enfriador.

El resto de los tipos de NEMA pueden denominarse a grandes rasgos:

Tipo 1	Para propósitos generales
Tipo 2	A prueba de goteos
Tipo 3	Resistente al clima
Tipo 3R	Sellado contra la lluvia
Tipo 3S	Sellado contra lluvia, granizo y polvo
Tipo 5	Sellado contra polvo
Tipo 6	Sumergible
Tipo 6P	Contra entrada de agua durante sumersiones prolongadas a una profundidad limitada
Tipo 7 (A, B, C o D)*	Locales peligrosos, Clase I - Equipo cuyas interrupciones ocurren en el aire.
Tipo 8 (A, B, C o D)*	Locales peligrosos, Clase I - Aparatos sumergidos en aceite.
Tipo 9 (E, F o G)*	Locales peligrosos, Clase II
Tipo 10	U.S. Bureau of Mines - a prueba de explosiones (para minas de carbón con gases)
Tipo 11	Resistente al Acido o a gases corrosivos - sumergido en aceite
Tipo 13	A prueba de polvo

Las letras que siguen al número indican el grupo o grupos particulares de locales peligrosos según se definen en el National Electrical Code para el que se diseñó el gabinete en cuestión. La designación de este tipo de NEMA está incompleta sin una o varias letras de sufijo.

### NEMA VS IP

La siguiente es una referencia cruzada para comparar los estándares IP y NEMA. Es una comparación aproximada solamente y es la responsabilidad del usuario verificar el nivel de protección necesario para cada aplicación.

NEMA/IP	IP23	IP30	IP32	IP55	IP64	IP65	IP66	IP67
1	X							
2		X						
3					X			
4							X	
4X							X	
6								X
12				X		X		
13						X		

**ANEXO C**

**MANUAL DE USUARIO**

**PIPE FLOW EXPERT**

 pipeflow<sup>®</sup> 2009 expert  
taking the pressure out of fluid flow calculations



**[www.pipeflow.co.uk](http://www.pipeflow.co.uk)**

© copyright PipeFlow.co.uk. All rights reserved.

## Quick Start User Guide



Copyright Notice

© 2009 All Rights Reserved

Daxesoft Ltd. Owner of [PipeFlow.co.uk](http://PipeFlow.co.uk)

Distribution Limited to Authorized Persons Only.

Trade Secret Notice

The PipeFlow.co.uk and Daxesoft Ltd. name and logo and all related product and service names, design marks, logos, and slogans are either trademarks or registered trademarks of Daxesoft Ltd. All other product names and trademarks contained herein are the trademarks of their respective owners.

Printed in the United Kingdom - July 2009

Information in this document is subject to change without notice. The software described in this document is furnished under a license agreement. The software may be used only in accordance with the terms of the license agreement. It is against the law to copy the software on any medium except as specifically allowed in the license agreement. No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopying, recording, or information recording and retrieval systems, for any purpose without the express written permission of Daxesoft Ltd.

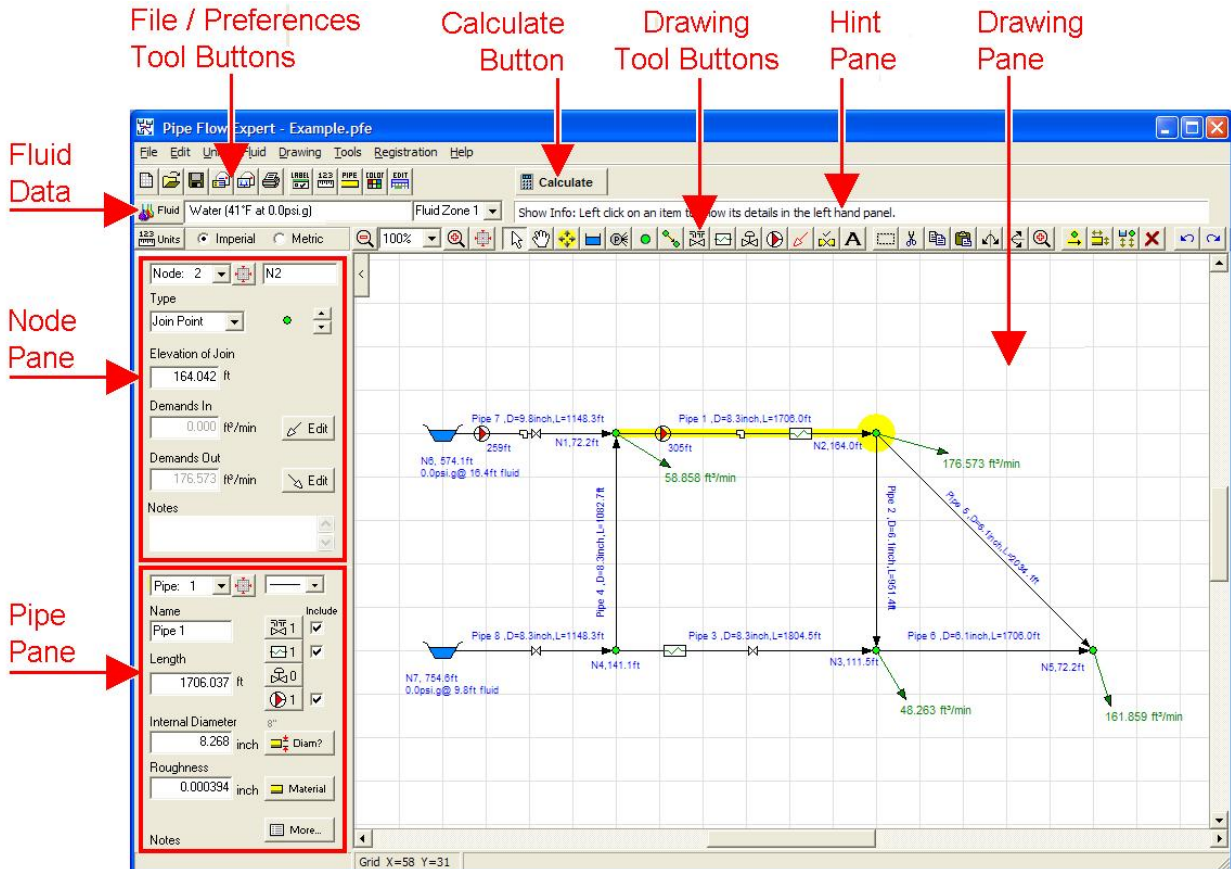
## Table of Contents

Table of Contents.....	3
Overview.....	4
1. Units (Metric or Imperial).....	5
2. Tank (source).....	5
3. Join Points (Nodes).....	6
4. End Pressures.....	6
5. In-flows and Out-flows.....	6
6. Pipes.....	7
7. Flow Direction (Reverse Pipe Direction).....	7
8. Open / Closed Pipes.....	8
9. Preventing Backflow in a pipe.....	8
10. Valves and Fittings.....	9
11. Tee fittings.....	10
12. Entry and Exit losses.....	10
13. Component pressure losses.....	11
14. Spray Nozzles.....	11
15. Pumps.....	12
a. Fixed Flow Rate Pump.....	12
b. Fixed Head Pump.....	12
c. Pump Curve (Centrifugal Pump).....	12
16. Control Valves.....	13
a. Flow Control Valve (FCV).....	13
b. Pressure Reducing Valve (PRV).....	13
c. Back Pressure Valve (BPV).....	13
17. Fluid Zones.....	14
a. Mixed Fluid Characteristics.....	14
b. Two-Phase Flow.....	14
18. Results – Color Gradients.....	14
19. Finding a Pipe or a Node.....	15
20. Results Tables – Export to Excel.....	15
21. Amending Your System.....	16
22. Energy Savings.....	16
23. Further Details / Example Systems.....	17
Comments and Feedback.....	17

## Overview


This document is provided to give a new user of the Pipe Flow Expert software a quick overview of the components and features that can be used to create a schematic model of a pipe system.

The Pipe Flow Expert software enables you to draw a schematic of your pipe system, which can contain up to 1000 pipes. The system can include tanks, pumps, control valves, components, valves and fittings.




The drawing interface has been designed to be intuitive and easy to use.

When a drawing tool button is selected, a 'hint' about the use of the tool is displayed in the hint pane.

To draw a series of connected pipes and nodes the user can select the 'Add Pipes' tool button, , and repeatedly click on the drawing pane to add a pipe and a node. Default values will be used for the pipes and nodes added.

The Pipe Data and the Node Data may be amended at any time during the drawing process.

To make an amendment highlight a pipe or a node by clicking on the drawing then update the entries shown on the Pipe Pane or the Node Pane.

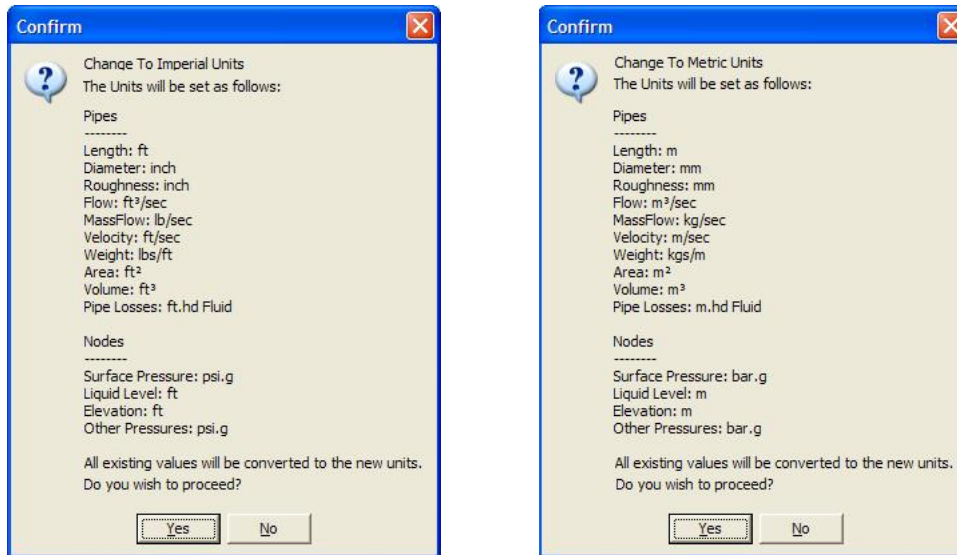
If you wish to move the position of a node or a label use the 'Move' tool button, , to highlight all these items on the drawing click and drag an item to a new position. All the pipe links between the nodes will be maintained and the pipes will be re-drawn to the new node positions.

When the design is complete the system can be 'Solved' by clicking the calculate button.


The calculation produces a balanced state for the flow rate in each pipe and pressure at each of the join points (nodes) in the system. The calculated system results can be exported to a Microsoft Excel spreadsheet.

## 1. Units (Metric or Imperial)

Pipe Flow Expert can use a set of Metric or Imperial units for data such as length, diameter, elevation, flow rate, mass flow, velocity, head losses etc.



When the design If the user prefers the units can be a mixture of Metric and Imperial units.

Click the choose units tool button, , to display the configuration options unit choices. Select a mixture of units as required from the many choices offered for each category. Values will be converted to the new unit choices and will be displayed on the drawing and result tables. The current unit choices will be saved as your preference when the file is saved.

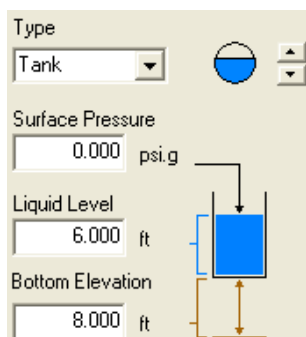
## 2. Tank (source)

A tank is used to provide a source for the fluid entering a pipe system.



Various tank images may be used to aid with visualisation of the system. The tank shape chosen has no effect on the calculations.

The tank dimensions are considered to be infinite, so flow may leave or enter a tank without a corresponding balancing flow.

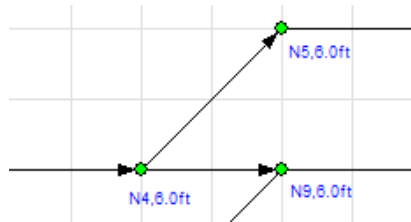


The bottom elevation, the liquid level, the fluid surface pressure and the fluid density are all used to calculate the pressure in the fluid at the point of entry to the pipe system.

All pipes which connect to a tank must be associated with the same Fluid Zone.

### 3. Join Points (Nodes)

A join point is a point in the system where two or more pipes join together.



A join point is used to link the pipes and to specify the elevation where the pipes join.

Each join point is identified N1, N2, N3 etc.....  
The elevation of the join point is displayed on the drawing.

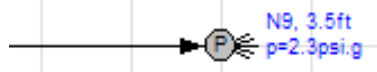
To set the node elevation, highlight the node by clicking on the drawing then amend the entry in the elevation box on the node pane.

Changing the elevation of a node will amend the start elevation or the end elevation of all pipes that are connected to the node.

An **In-flow** to the system or an **Out-flow** from the system may also be specified at a join point.

### 4. End Pressures

An end pressure is a node with only one pipe connection.



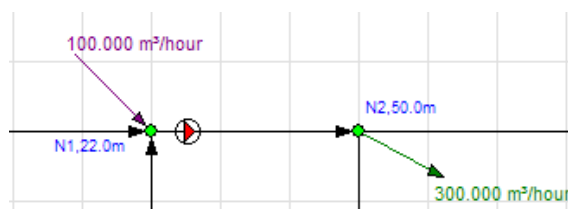
The pressure at the end of the pipe and elevation of the end of the pipe may be specified.

If the pipe has an open end allowing flow to discharge it would be appropriate to add a fitting K factor of 1.000 to the pipe to represent exit loss condition.

The flow leaving the system from the end of the pipe will be calculated when the system is solved.

### 5. In-flows and Out-flows.

The flow entering a system or leaving a system at a join point may be specified by using the set flow demands dialog.



To specify an In-Flow or an Out-Flow, highlight a node by clicking on the drawing, then click the 'Edit' button on the node pane to display the Set Flow Demands dialog. Choose the flow rate units, enter the flow rate value and click 'OK' to confirm the entry.

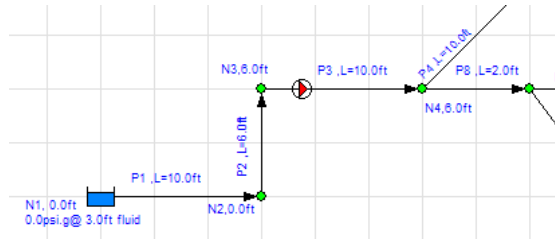
These In-flows and Out-flows only specify the leaving or entering flow at a node.

The total flow at a node will also be dependant on the flow in the pipes connected to the node.

In-flows and Out-flows cannot be specified for a tank or at an end pressure point.

## 6. Pipes

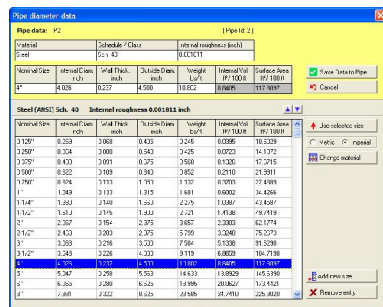
A pipe is a connection between two points.  
Pipes may connect to a tank, a join point or an end pressure point.



Each pipe is identified P1, P2, P3 etc.....  
The length of the pipe is displayed on the drawing.

The internal diameter, the internal roughness, the pipe length and the elevations at the start and end of the pipe will all affect the flow rate in the pipe and the pressure loss produced due to the flow.

The Pipe Diameter data dialog may be used to select a pipe size from the standard sizes of common pipe material listings.



The internal pipe diameter will be set from the selected pipe size.  
The internal roughness of the pipe will be set from the pipe material type chosen.

The internal pipe diameter and internal roughness of the pipe can also be amended by the user.

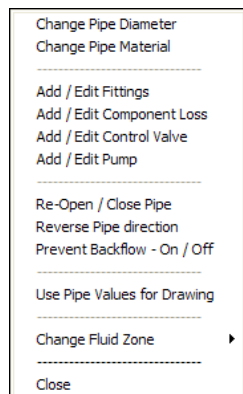
Where special pipe materials and sizes are used, this additional pipe data may be added to the pipe database for future use.

To set the pipe length highlight the pipe by clicking on the drawing then amend the entry in the length box on the pipe pane.

The elevation at the start of the pipe is determined from the elevation of the node at the start of the pipe.  
The elevation at the end of the pipe is determined from the elevation of the node at the end of a pipe.  
Changing the elevation of a node will amend the start elevation or the end elevation of all pipes that are connected to the node.

## 7. Flow Direction (Reverse Pipe Direction)

When a pipe is drawn from one node to another node it is assumed that flow will occur in the direction from the start node to the end node. The pipe will be displayed with an arrow head at one end indicating the flow direction.



If the pipe has been 'drawn' in the wrong direction the flow direction can be reversed by these actions:

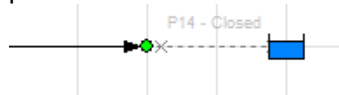
- Select the pipe (click to highlight).
- Right click to display the pipe pop-up menu.
- Select the 'Reverse Pipe Direction' option.

When a system is solved flow will occur from a high pressure point to a lower pressure point.


If a pipe has been 'drawn' in the wrong direction you may be prompted to accept a solution with pipes reversed to show the correct direction of the flow.

## 8. Open / Closed Pipes

In some circumstances it may be required to close a valve in the system to prevent flow along a certain path.



When this occurs the pipe with the closed valve will no longer form part of the system. The pipe is identified as 'closed' and is shown dotted on the system schematic.

Use the 'Open / Close a pipe' tool button, , or the 'Open / Close a pipe' option on the pipe pop-up menu to toggle the status of a pipe.

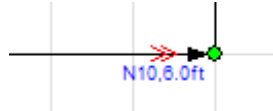
## 9. Preventing Backflow in a pipe

Some system designs may include a check valve to prevent back flow from occurring in a pipe.

To model this situation the pipe must be identified as a pipe where backflow is not permitted.

Use the 'Prevent Backflow – On / Off' option on the pipe pop-up menu to toggle the status of a pipe.

When backflow is not allowed in a pipe, the pipe will be identified with a double arrow symbol.



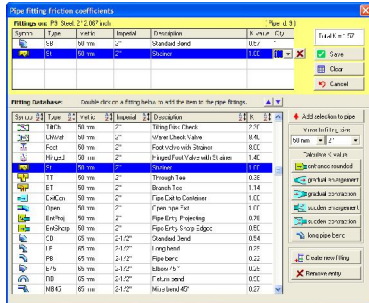
The addition of a check valve to a pipe, only models the pressure loss through the check valve when flow occurs and does not in itself prevent back flow occurring (the pipe must be specifically identified using the 'Prevent Backflow' option to prevent backflow occurring in the pipe).

## 10. Valves and Fittings


Most systems will include some valves or fittings.

A valve or fitting attached to a pipe will affect the flow / pressure loss in the pipe.

To model this situation valves and fittings must be associated with the appropriate pipe.



A fitting database containing friction coefficients for many types and sizes of valves and fittings is included with the Pipe Flow Expert software. If a particular fitting is not listed in the database the user can create a new fitting to be associated with the pipe or saved in the database for future use.

To associate valves and fitting with a pipe click the 'Add / Change Fittings' button, , on the pipe pane, or use the 'Add / Edit Fittings' option on the pop-up pipe menu to open the 'Pipe fitting friction coefficients' dialog.

Select the appropriate type and size of fitting required to 'add the selection to the pipe'. If more than one fitting is required then choose the fitting quantity from the drop down list.

Repeat this procedure to add further fittings to the same pipe.

Finally click the 'Save' button to confirm your selections.

The chosen fittings will now be associated with the pipe and will be included in the flow / pressure loss calculations.

The drawing will display a bend symbol on the pipe to indicate that valves or fittings have been associated with the pipe.

The total number of valves and fittings on the pipe will be shown on the 'Add / Change Fittings' button.

Where two pipes are connected by a 'Bend' fitting, it is only necessary to add the bend fitting to one of the pipes.

Only one bend fitting exists and each of the pipes will handle the same flow, thus the bend fitting can be added to either of the pipes.

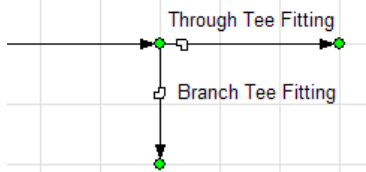
Data for rounded entrances, gradual enlargements, gradual contractions, sudden enlargements, sudden contractions, long pipe bends and 'special' fittings may be added to fittings database for future use.

Where a system includes long pipe runs, the effect of valves and fittings on the flow / pressure losses through the system may be not be significant. In these circumstances the valve and fittings pressure losses can be considered as 'Minor losses' and many designers exclude valves and fittings during initial designs.



## 11. Tee fittings

Tee fittings are a special case where the flow rate through the tee will be different for each flow path.



The flow rate along the 'Through' path will be the same as the flow rate in the pipe leaving the 'Through Tee' therefore a 'Through Tee' fitting should be added to the pipe leaving the through tee connection.

The flow rate along the 'Branch' path will be the same as the flow rate in the pipe leaving the 'Branch Tee' therefore a 'Branch Tee' fitting should be added to the pipe leaving the branch tee connection.

## 12. Entry and Exit losses

Entry and exit losses apply to flows entering a pipe from a tank, exiting a pipe to a tank or exiting an open pipe.

An entry or exit loss associated with a pipe will affect the flow / pressure loss in the pipe.



Entry losses into a pipe from a tank will vary depending on the type of connection to the tank.

Where the connection protrudes into the tank the friction coefficient 'K' is 0.78.

Where the connection has a sharp edge and is flush with the side of the tank the friction coefficient 'K' is 0.50.

For special cases where the entrance includes a radius the 'K' value can be calculated using the 'Entrance rounded' calculator which is provided as part of the fitting coefficients dialog.

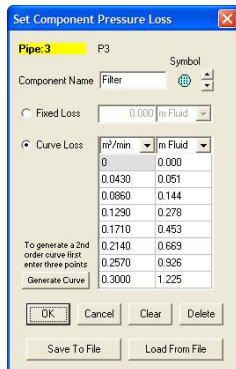
A new fitting would be created to model the entrance loss for a particular radius.


Exit losses from a pipe into a tank or exiting an open pipe are not affected by the shape of the connection.

For an exit loss the friction coefficient 'K' is 1.00.

## 13. Component pressure losses

A system may include components such as a boiler, heat exchanger or a cooling coil. The flow / pressure loss characteristics of these items will be unique and will affect the flow / pressure loss in the pipe where the components are mounted.



Click the 'Add / Change pressure loss' button, , on the pipe pane, or use the 'Add / Edit Component loss' option on the pop-up pipe menu to open the 'Set Component Pressure Loss' dialog.

Use the 'Set Component Pressure Loss' dialog to enter a fixed loss or flow / pressure characteristics for the component.

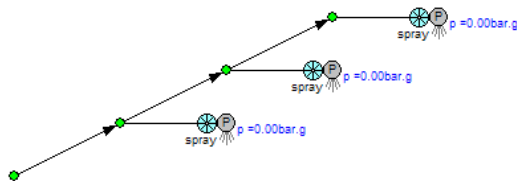
Click 'OK' to associate the component with the pipe.

Component pressure loss characteristics may be saved to a file for future use at some other point or in a different system.

## 14. Spray Nozzles

Many systems include points where flow will discharge to atmosphere.

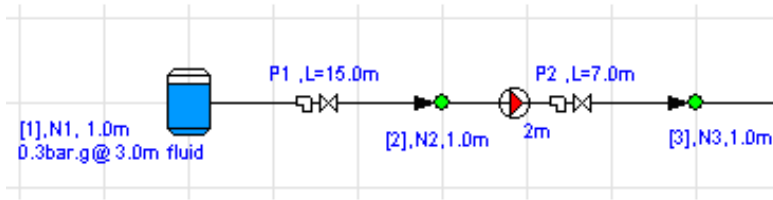
When a spray nozzle is included in the design it is usual to use the flow / pressure loss characteristics of the spray nozzle to establish the flow leaving the system due the pressure differential across the nozzle.




A combination of a component and an end pressure node may be used to model the features of a spray nozzle.

## 15. Pumps

Pipe Flow Expert provides 3 different methods of modelling a pump (fixed flow, fixed head, flow v head performance curve).



Click the 'Add / Change Pump' button on the pipe pane, , or use the 'Add / Edit Pump' option on the pop-up pipe menu to open the 'Pump Data' dialog.

### a. Fixed Flow Rate Pump

This pump type is used to specify the pump flow rate for a positive displacement pump, such as a piston pump or a peristaltic pump. The system will be solved and the required head from the pump will be calculated.

Where the flow / pressure loss characteristics of a centrifugal pump have not been established, a fixed flow rate pump may be used to determine the flow / head requirements from the centrifugal pump.

### b. Fixed Head Pump

This pump type is used to specify the additional head that is added to a system where a pump will be used.

The system will be solved and the flow produced by the pump will be calculated.

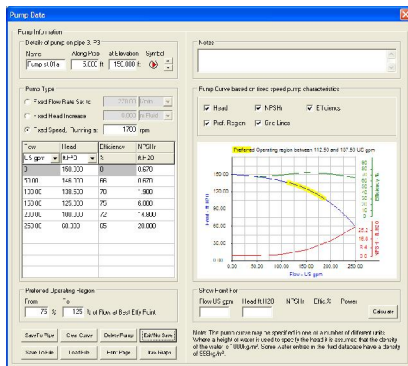
When difficulties are experienced in solving a system, perhaps because a chosen pump is not capable of producing the correct flow, it can be useful to solve the system using a fixed head pump which adds a high additional pressure.

The fixed head added by the pump can then be progressively reduced and the system re-solved to identify the minimum pressure needed to produce flow through the system.

Often this action will identify bottlenecks in the system where design changes will allow flow to occur with lower additional head added.

### c. Pump Curve (Centrifugal Pump)

Where the flow / head characteristics of a centrifugal pump are known it is possible to produce a performance curve for the pump.



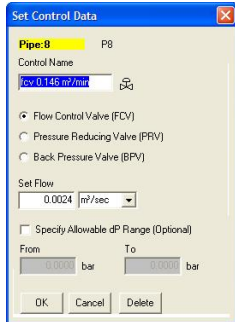
When the system is solved the operating point of the centrifugal pump will be determined.


The added pump head will match the frictional resistance of the flow rate produced by the pump.

## 16. Control Valves

Control valves may be added to a system to:

- Control the flow rate through a particular pipe.
- To reduce the pressure at the end of a pipe by introducing a pressure loss in the pipe.
- To maintain the pressure at the start of a pipe by introducing a pressure loss in the pipe.



Click the 'Add / Change Control Valve' button, , on the pipe pane, or use the 'Add / Edit Control Valve' option on the pop-up pipe menu to open the 'Set Control Data' dialog.

A control valve associated with a pipe will affect the flow / pressure loss in the pipe.

### a. Flow Control Valve (FCV)

A flow control valve is used to control the flow rate through a particular pipe.

Click the Flow Control Valve (FCV) radio button on the 'Set Control data' dialog.

Enter a name or reference number for the control valve, choose the flow rate units, enter the flow rate value and click 'OK' to associate the FCV with the pipe.

The system will be solved with an additional pressure loss introduced by the control valve to limit the flow rate in the pipe to the set value.

The additional pressure loss introduced by the flow control valve will be reported in the system results.

### b. Pressure Reducing Valve (PRV)

A pressure reducing valve is used to control the pressure at the end of a particular pipe.

Since it is assumed that the valve will be fitted at the end of the pipe the drawing will always show a PRV symbol next to the end node of a pipe.

Click the Pressure Reducing Valve (PRV) radio button on the 'Set Control data' dialog.

Enter a name or reference number for the control valve, enter the pressure required at the end of the pipe and click 'OK' to associate the PRV with the pipe.

The system will be solved with an additional pressure loss introduced by the control valve to limit the pressure at the end of the pipe to the set value.

The additional pressure loss introduced by the pressure reducing valve will be reported in the system results.

### c. Back Pressure Valve (BPV)

A back pressure valve is used to control the pressure at the start of a particular pipe.

Since it is assumed that the valve will be fitted at the start of the pipe the drawing will always show a BPV symbol next to the start node of a pipe.

Click the Back Pressure Valve (BPV) radio button on the 'Set Control data' dialog.

Enter a name or reference number for the control valve, enter the pressure required at the start of the pipe and click 'OK' to associate the BPV with the pipe.

The system will be solved with an additional pressure loss introduced by the control valve to create a pressure at the start of the pipe equal to the set value.

The additional pressure loss introduced by the back pressure valve will be reported in the system results.

## 17. Fluid Zones

Systems created in Pipe flow Expert may include up to 9 different fluid zones. Each pipe in a system can be associated with an available fluid zone.



The density and viscosity of each fluid zone must be set by the user.

The density and viscosity of the associated fluid zone will be used in calculating the flow rate and pressure loss in each pipe.

Pipes associated with Fluid Zone 2 to Fluid Zone 9 are background highlighted to assist with identification of the different fluid zones.

### a. Mixed Fluid Characteristics

Pipe Flow Expert does not calculate the resultant density or viscosity of any 'mixed' fluids, these characteristics must be established independently by the user.

### b. Two-Phase Flow

Pipe Flow Expert does not calculate the pressure drop for two-phase flow.

When two different fluids are mixed together it is possible that two-phase flow may occur at some point in a system. Two-phase flow can produce an extremely high pressure drop many times greater than the pressure drop of either individual fluid.

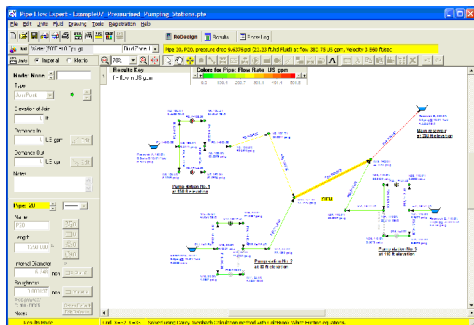
The user should make due allowance for the two-phase flow pressure drop by using a component to add an appropriate additional pressure loss.

## 18. Results – Color Gradients

The calculated results can be viewed on the drawing.

The pressure at each join point (node) is displayed on the drawing.

The flow rate or velocity or the total pressure drop in each pipe can be displayed on the drawing.

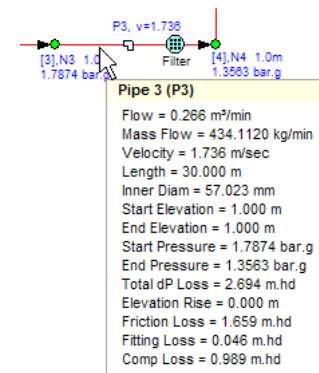


The pipes and nodes on the results drawing are displayed using a color gradient to highlight the pipes or nodes based on the result value for a chosen calculation category.

Calculation categories for a color gradient display can be chosen from: flow rate, mass flow rate, velocity, total pressure loss, friction loss, fittings loss, Reynolds number, internal pipe diameter, pipe length, node pressure, HGL and node elevation.

When the drawing cursor is moved over a pipe, node, control valve, fitting or component, more data for that item is displayed in a pop-up data pane.

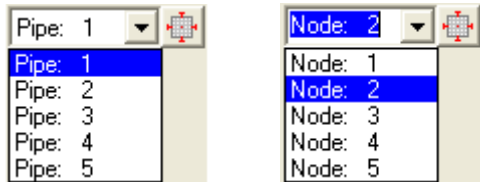
If a pipe or a node is selected by clicking on the drawing the data will shown in the hint pane and on the Pipe Pane or the Node Pane.




## 19. Finding a Pipe or a Node

Finding a pipe or a node on a large system schematic is made easy by selection of the item from the drop down selection boxes on the Pipe Pane and the Node Pane. This allows a particular pipe or a particular node to be selected.

The selected pipe or node will be highlighted on the drawing.



If the drawing scale is too small to see the pipe or node location, the appropriate zoom button , can be used to display the selected pipe or node in the visible drawing window at an increased scale.

## 20. Results Tables – Export to Excel

The calculated results can be viewed in the results tables.

Line	Label Name	Classification	Temperature	Pressure	Density	Length	Volume	Static Pressure	State
1	Water	H2O	57	29.2	62.333	1.664	1.652	0.020999	Liquid

Pipe ID	Pipe Name	Pipe Zone	Material	Inner Diameter	Thickness	Length	Trials	Mass Flow	Flow	Volume
1	Pipe 1	Nodes 0E77 at 0.20m 3'	17.074	0.333	1543.428	0.00	207.28	5.6489	10.720	
2	Pipe 2 Fitting	Nodes 0E77 at 0.20m	17.074	0.333	399.252	0.00	30.9927	0.4911	1.920	
3	Pipe 3 Fitting	Nodes 0E77 at 0.20m	17.074	0.333	1543.428	7.07	276.9238	7.9768	31.141	
4	Pipe 4 Fitting	Nodes 0E77 at 0.20m	17.074	0.333	399.252	0.00	168.7996	2.7091	0.311	
5	Pipe 5 Fitting	Nodes 0E77 at 0.20m	17.074	0.333	1543.428	0.00	35.6884	1.0112	2.692	
6	Pipe 6 Fitting	Nodes 0E77 at 0.20m	17.074	0.333	1543.428	0.00	46.2027	1.0339	4.427	
7	Pipe 7 Fitting	Nodes 0E77 at 0.20m	15.043	0.333	334.262	11.24	124.3337	1.0956	3.777	
8	Pipe 8 Fitting	Nodes 0E77 at 0.20m	15.043	0.333	399.252	10.00	403.776	6.4789	12.124	

Fitting ID	Fitting Name	Classification	K Factor	Equivalent Size	Volume Loss	Loss Coefficient
1	Pipe 1	No. Fittings				
2	Pipe 2	No. Fittings				
3	Pipe 3	No. Fittings				

Individual tables are provided to display information about flows and pressures for pipes, fittings, pumps, nodes, and energy usage.

Supplementary tables are provided to display information about fluid zones and pipe materials.

The All Results tab collates all the information from other results tables into one large table.

The contents of any results table can be saved to a Microsoft Excel format file (\*.xls) or be directly exported into a new Microsoft Excel spreadsheet.


If Microsoft Excel is not available the results may be copied to the windows clipboard, so that the data can be pasted into other spreadsheet applications.

## 21. Amending Your System

Making amendments to your system usually involves changing the diameter, length or material of a pipe or pipes. It may also be necessary to change the node elevations where the pipes are linked.


Adjustments to individual pipes or nodes can be made by clicking on the drawing to highlight a pipe or a node then updating the entries shown on the Pipe Pane or the Node Pane.

All the Pipe and Node data can also be displayed in a grid format.

Click the Edit Network Data tool button, , to display the grid.

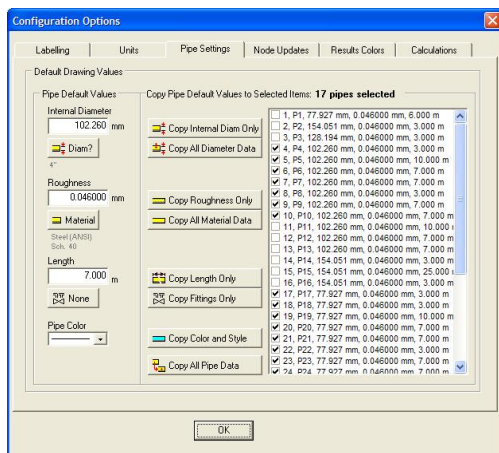
The data in the grid may be over typed with new data – changes will be made immediately as each item of data is amended.

Making changes to a group of pipes or nodes where an item of data has to be changed to the same diameter, length, pipe material or node elevation can reduce the time taken to amend your system.


The Selection tool button, , allows the user to select a group of items which are located in one area. While holding down the left mouse button, drag the mouse to create a rectangle around the item(s) you want to select for cutting, copying, pasting, mirror, invert, zoom in, pipe data update, node data update, deleting or moving.



Pipe or Node group amendments can be made by setting the default pipe or node data and then clicking the appropriate option button to copy the required values to the selected pipes.



Where the items to be amended are not located in a rectangular area you can select pipes or nodes individually to be added to a group of selections.

The Selection tool button, , allows the user to select a group of individually chosen pipes and nodes.

The characteristics for these individually selected 'groups' of items can be amended in one operation by using the pipe data update, node data update and delete options.



## 22. Energy Savings

The information produced by the Pipe Flow Expert software will allow you to analyze the energy usage in your system.

Many existing systems may be inefficient because the pipes sizes are too small.

The pipe sizes may have been chosen using commercial considerations when the cost of energy was relatively cheap. Now that energy costs have risen dramatically it makes commercial sense to review the designs of these systems.

Designs with correctly sized pipes will use **less energy** and save on operating costs year after year.

Designs where pipes are not correctly sized will use much **more energy** and cost more to operate year after year.

## **23. Further Details / Example Systems**

More detailed information can be found in the **Pipe Flow Expert User Guide** PDF document supplied with the software.

Over 25 example systems are supplied with the software.

Each of these systems can be loaded and solved by the user.

These example systems can also be loaded and solved using the un-licensed trial software.

By loading and solving each of these example systems in turn the user will become familiar with most of the Pipe flow Expert software features / capabilities demonstrated.

### **Comments and Feedback**

We are always pleased to receive feedback about our software.

If you have any comments about PipeFlow Expert then please email [feedback@pipeflow.co.uk](mailto:feedback@pipeflow.co.uk)

We will send you a reply and try to incorporate 'good ideas' into future releases of the software.



# **ANEXOS D**

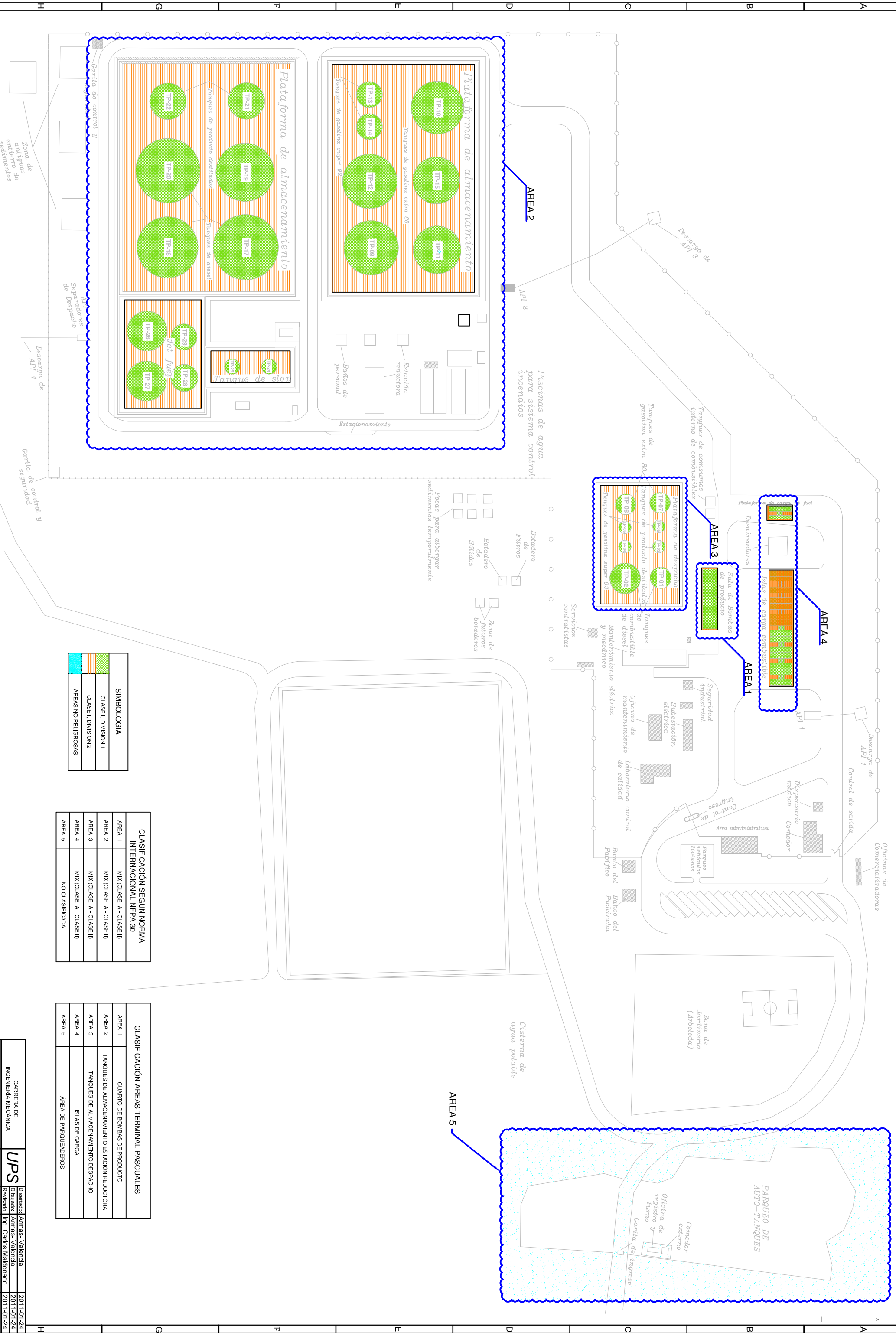
## **PLANOS (P&ID)**

**D.1** Zonificación del Terminal Pascuales

**D.2** Tubería de Agua de Enfriamiento del Terminal Pascuales

**D.3** Tubería de Solución Agua-Espuma del Terminal Pascuales

# ZONIFICACION DEL TERMINAL PASCUALES



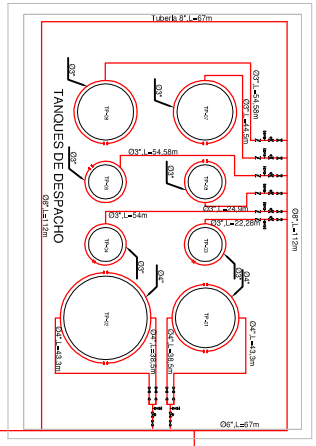
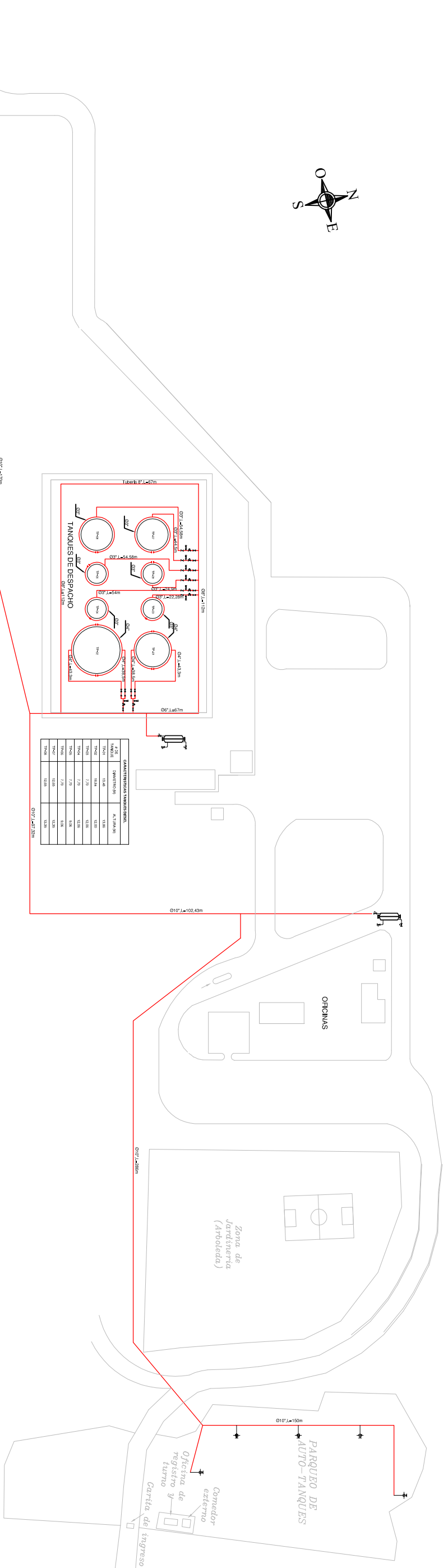
SIMBOLOGIA	
[Green pattern]	CLASE I, DIVISION 1
[Orange pattern]	CLASE I, DIVISION 2
[Blue pattern]	AREAS NO PELIGROSAS

CLASIFICACIÓN SEGUN NORMA INTERNACIONAL NFPA 30	
AREA 1	MIX (CLASE IA - CLASE II)
AREA 2	MIX (CLASE IA - CLASE II)
AREA 3	MIX (CLASE IA - CLASE II)
AREA 4	MIX (CLASE IA - CLASE II)
AREA 5	NO CLASIFICADA

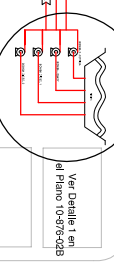
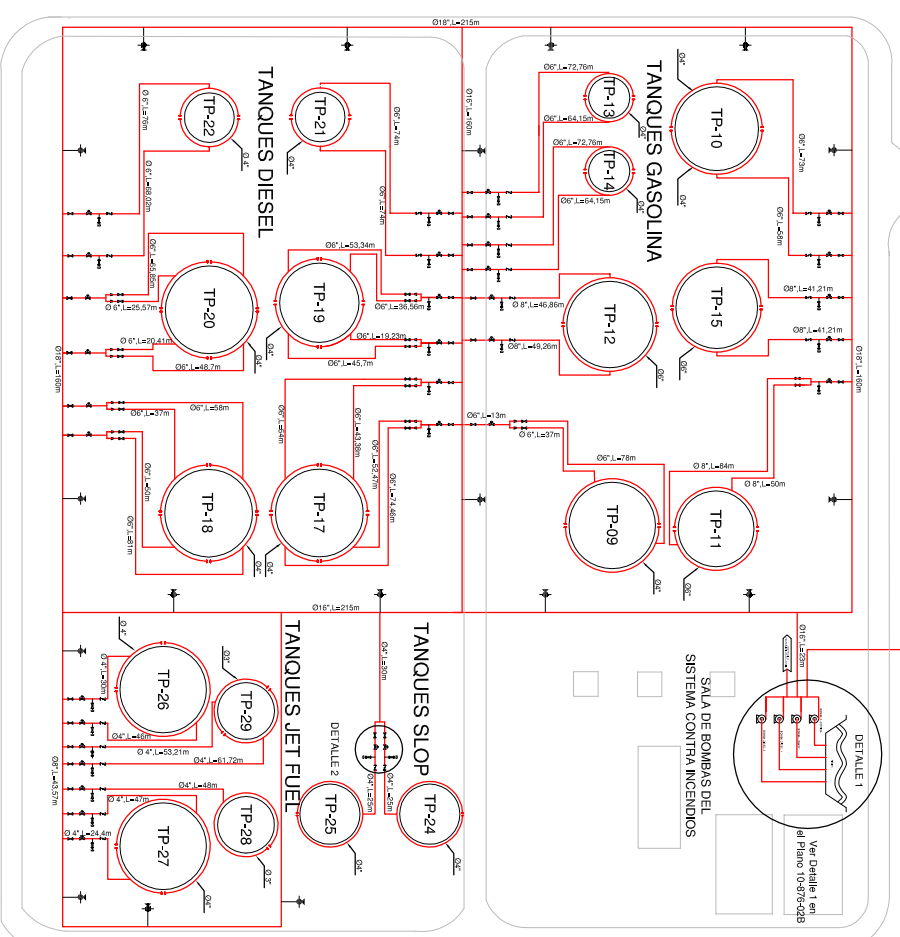
CLASIFICACIÓN AREAS TERMINAL PASCUALES	
AREA 1	CUARTO DE BOMBAS DE PRODUCTO
AREA 2	TANQUES DE ALMACENAMIENTO ESTACION REDUCTORA
AREA 3	TANQUES DE ALMACENAMIENTO DESPACHO
AREA 4	ISLAS DE CARGA
AREA 5	AREA DE PARQUEADORES

Contiene:	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseñado: Armas- Valencia	2011-01-24
			Dibujado: Armas- Valencia	2011-01-24
			Revisado: Ing. Carlos Maldonado	2011-01-24
Zonificación Terminal Pascuales	Escala: 1:1.000	Código:	Tel. Gen.:	N/A

# LINEA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS TERMINAL PASCUALES



CARACTERÍSTICAS TÁNDROMS		
ESPECIFICACIONES	VALORES	UNIDADES
TP-10	14,4	m³
TP-11	14,4	m³
TP-12	14,4	m³
TP-13	14,4	m³
TP-14	14,4	m³
TP-15	14,4	m³
TP-16	14,4	m³
TP-17	14,4	m³
TP-18	14,4	m³
TP-19	14,4	m³
TP-20	14,4	m³
TP-21	14,4	m³
TP-22	14,4	m³
TP-23	14,4	m³
TP-24	14,4	m³
TP-25	14,4	m³
TP-26	14,4	m³
TP-27	14,4	m³
TP-28	14,4	m³
TP-29	14,4	m³
TP-30	14,4	m³



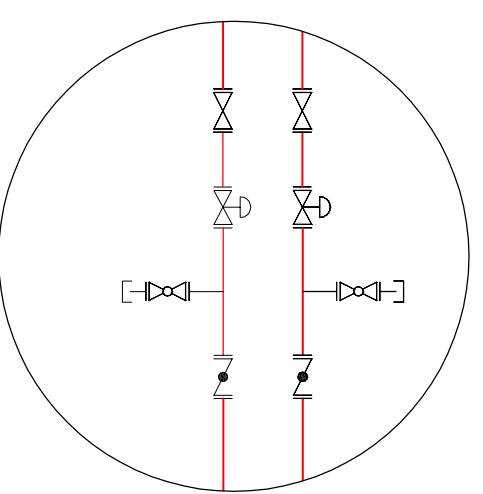
CARACTERÍSTICAS TÁNDROMS		
ESPECIFICACIONES	VALORES	UNIDADES
TP-10	14,4	m³
TP-11	14,4	m³
TP-12	14,4	m³
TP-13	14,4	m³
TP-14	14,4	m³
TP-15	14,4	m³
TP-16	14,4	m³
TP-17	14,4	m³
TP-18	14,4	m³
TP-19	14,4	m³
TP-20	14,4	m³
TP-21	14,4	m³
TP-22	14,4	m³
TP-23	14,4	m³
TP-24	14,4	m³
TP-25	14,4	m³
TP-26	14,4	m³
TP-27	14,4	m³
TP-28	14,4	m³
TP-29	14,4	m³
TP-30	14,4	m³

CARACTERÍSTICAS TÁNDROMS		
ESPECIFICACIONES	VALORES	UNIDADES
TP-10	14,4	m³
TP-11	14,4	m³
TP-12	14,4	m³
TP-13	14,4	m³
TP-14	14,4	m³
TP-15	14,4	m³
TP-16	14,4	m³
TP-17	14,4	m³
TP-18	14,4	m³
TP-19	14,4	m³
TP-20	14,4	m³
TP-21	14,4	m³
TP-22	14,4	m³
TP-23	14,4	m³
TP-24	14,4	m³
TP-25	14,4	m³
TP-26	14,4	m³
TP-27	14,4	m³
TP-28	14,4	m³
TP-29	14,4	m³
TP-30	14,4	m³

CARACTERÍSTICAS TÁNDROMS		
ESPECIFICACIONES	VALORES	UNIDADES
TP-10	14,4	m³
TP-11	14,4	m³
TP-12	14,4	m³
TP-13	14,4	m³
TP-14	14,4	m³
TP-15	14,4	m³
TP-16	14,4	m³
TP-17	14,4	m³
TP-18	14,4	m³
TP-19	14,4	m³
TP-20	14,4	m³
TP-21	14,4	m³
TP-22	14,4	m³
TP-23	14,4	m³
TP-24	14,4	m³
TP-25	14,4	m³
TP-26	14,4	m³
TP-27	14,4	m³
TP-28	14,4	m³
TP-29	14,4	m³
TP-30	14,4	m³

CARACTERÍSTICAS TÁNDROMS		
ESPECIFICACIONES	VALORES	UNIDADES
TP-10	14,4	m³
TP-11	14,4	m³
TP-12	14,4	m³
TP-13	14,4	m³
TP-14	14,4	m³
TP-15	14,4	m³
TP-16	14,4	m³
TP-17	14,4	m³
TP-18	14,4	m³
TP-19	14,4	m³
TP-20	14,4	m³
TP-21	14,4	m³
TP-22	14,4	m³
TP-23	14,4	m³
TP-24	14,4	m³
TP-25	14,4	m³
TP-26	14,4	m³
TP-27	14,4	m³
TP-28	14,4	m³
TP-29	14,4	m³
TP-30	14,4	m³

**DETALLE 2**  
Escala 1:200

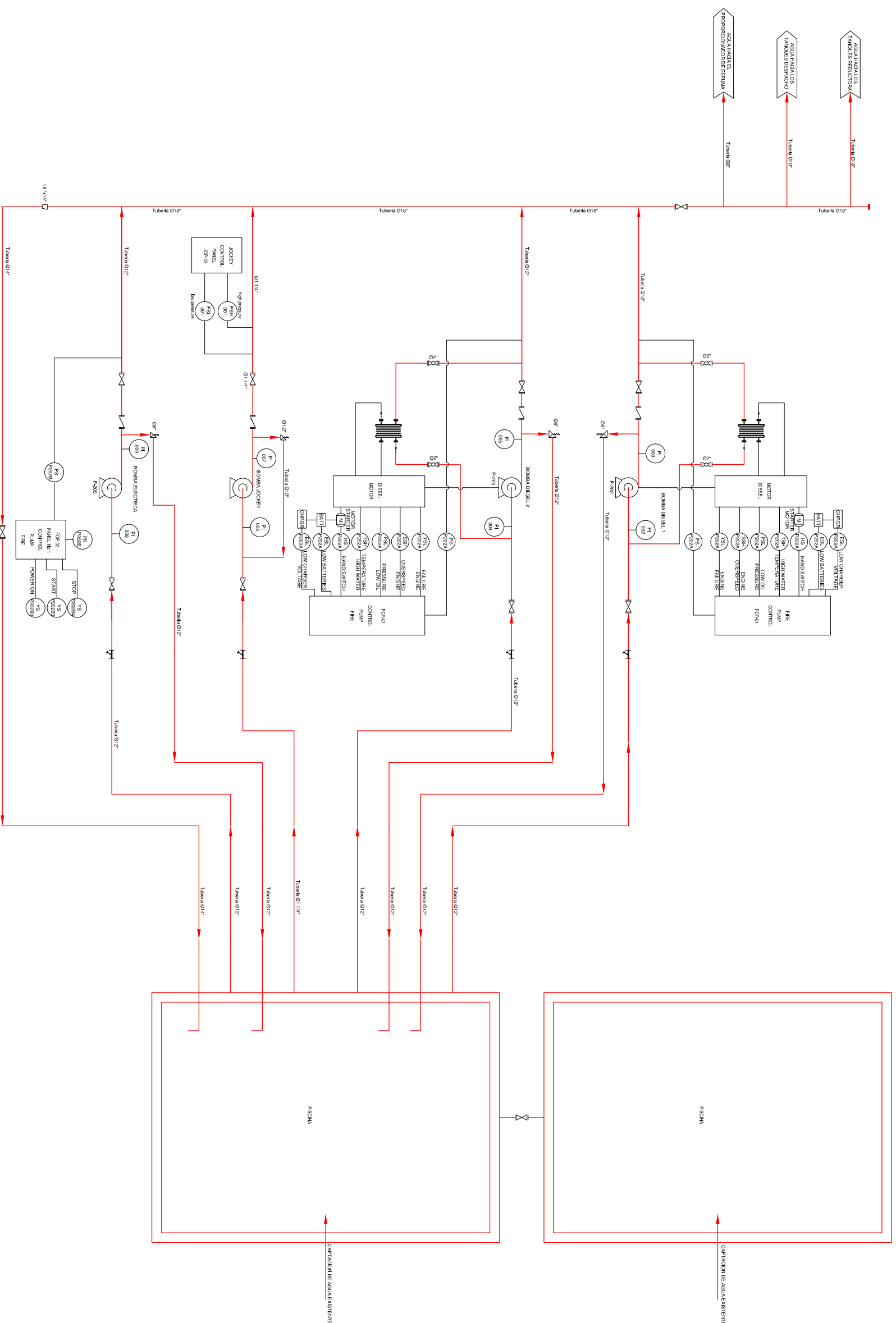


Tipico de Instalación Válvulas  
Distribución de Agua  
Entrada a los Tanques

SIMBOLOGIA	
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	VÁLVULA DE MARIPOSA
	VÁLVULA DE DILUVIO
	VÁLVULA DE BOLA
	TOMA DE MANGUERAS
	MONITOR DE AGUA
	BOMBAS
	TANQUE DE ESPUMA
	MONITOR DE AGUA

Contiene:	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	Diseñado: Amas-Valencia	2011-01-24
		Dibujado: Amas-Valencia	2011-01-24
		Revisado: Ing. Carlos Maldonado	2011-01-24
Escala:	1:1.000	Código:	10-876-02A
Lineas de Agua de Enfriamiento		Tel. Gen.:	N/A

# BOMBAS PRINCIPALES SISTEMA CONTRA INCENDIO TERMINAL PASCUALES



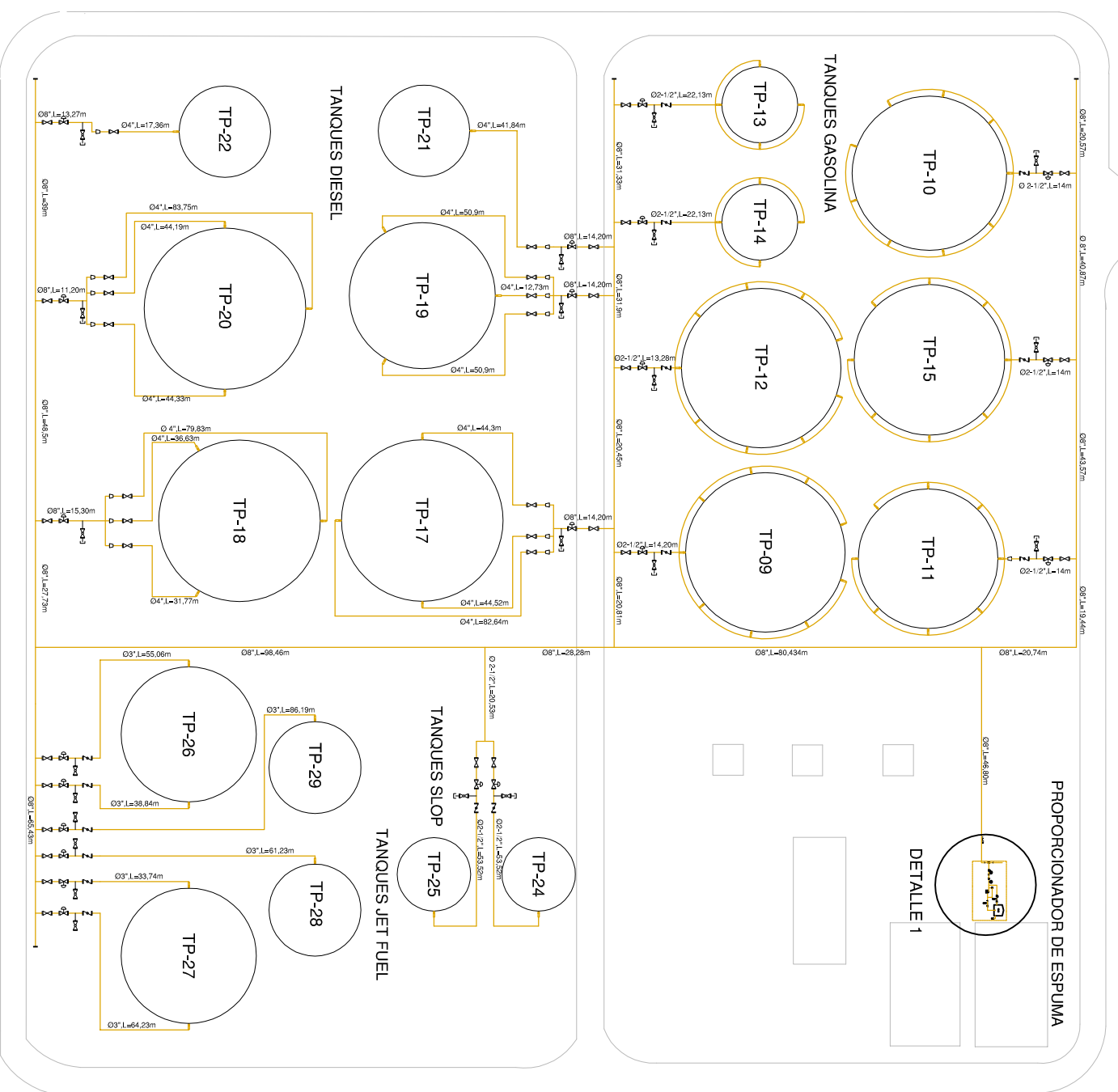
<b>P-202</b> BOMBA AURORA M.C.I. A DIESEL CAUDAL: 3500 GPM. PRESION: 140 psi. POTENCIA: 508 bhp	<b>P-203</b> BOMBA AURORA M.C.I. A DIESEL CAUDAL: 3500 GPM. PRESION: 140 psi. POTENCIA: 508 bhp	<b>P-204</b> BOMBA JOCKEY CAUDAL: 100 GPM. POTENCIA: 5 bhp	<b>P-205</b> BOMBA AURORA MOTOR ELECTRICO CAUDAL: 3500 GPM. PRESION: 140psi. POTENCIA: 508 bhp
--	--	---	---

Simbología

VALVULA DE COMPJERTA	
VALVULA DE MARIPOSA	
VALVULA DE DILUIDO	
VALVULA DE BOLA	
TOMA DE MANGERS	
MONITOR DE AGUA	
BOMBAS	
TANQUE DE ESPUMA	
MONITOR DE AGUA	

Contiene:	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	Diseñado:	Armas- Valencia	2011-01-24	
		Dibujado:	Armas- Valencia	2011-01-24	
		Revisado:	Imp, Carlos Maldonado	2011-01-24	
Escala:	1:500	Código:	10-876-02B	Tol. Gen.:	N/A
BOMBAS PRINCIPALES S.C.I.					

**LÍNEA DE SOLUCIÓN DE AGUA-ESPUMA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS TERMINAL PASCUALES**  
**TANQUES DE ALMACENAMIENTO ESTACIÓN REDUCTORA**

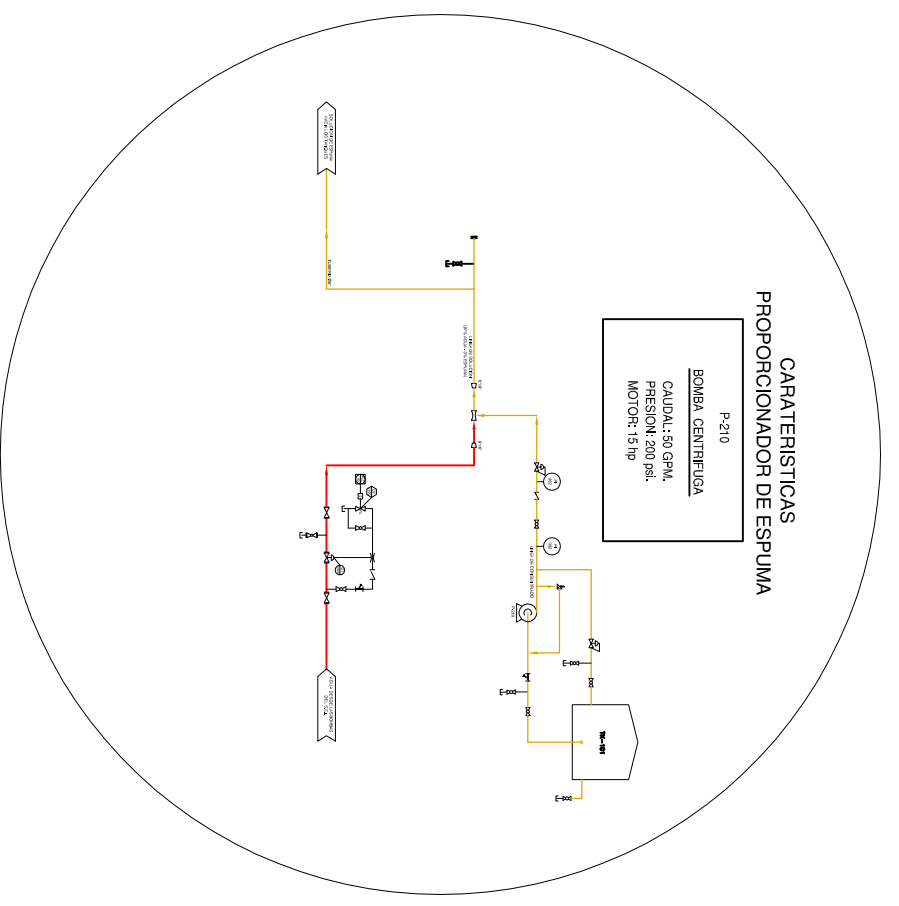


CARACTERÍSTICAS TANQUES GASOLINA		
# DE TANQUE	DIÁMETRO (m)	ALTURA (m)
TP-09	33,47	14,45
TP-10	32,42	14,45
TP-11	29,34	14,45
TP-12	33,47	14,45
TP-13	15,83	14,45
TP-14	15,83	14,45
TP-15	31,43	13,89

CARACTERÍSTICAS TANQUES DIESEL		
# DE TANQUE	DIÁMETRO (m)	ALTURA (m)
TP-17	40,27	14,45
TP-18	37,30	14,38
TP-19	35,30	14,45
TP-20	39,47	14,45
TP-21	22,40	12,25
TP-22	22,38	12,25

CARACTERÍSTICAS TANQUES SLOP		
# DE TANQUE	DIÁMETRO (m)	ALTURA (m)
TP-24	24,43	13,89
TP-25	24,43	13,89
TP-26	16,85	13,89
TP-27	16,85	13,89
TP-28	16,85	13,89
TP-29	16,85	13,89

CARACTERÍSTICAS TANQUES JET FUEL		
# DE TANQUE	DIÁMETRO (m)	ALTURA (m)
TP-24	19,40	9,10
TP-25	19,40	9,10

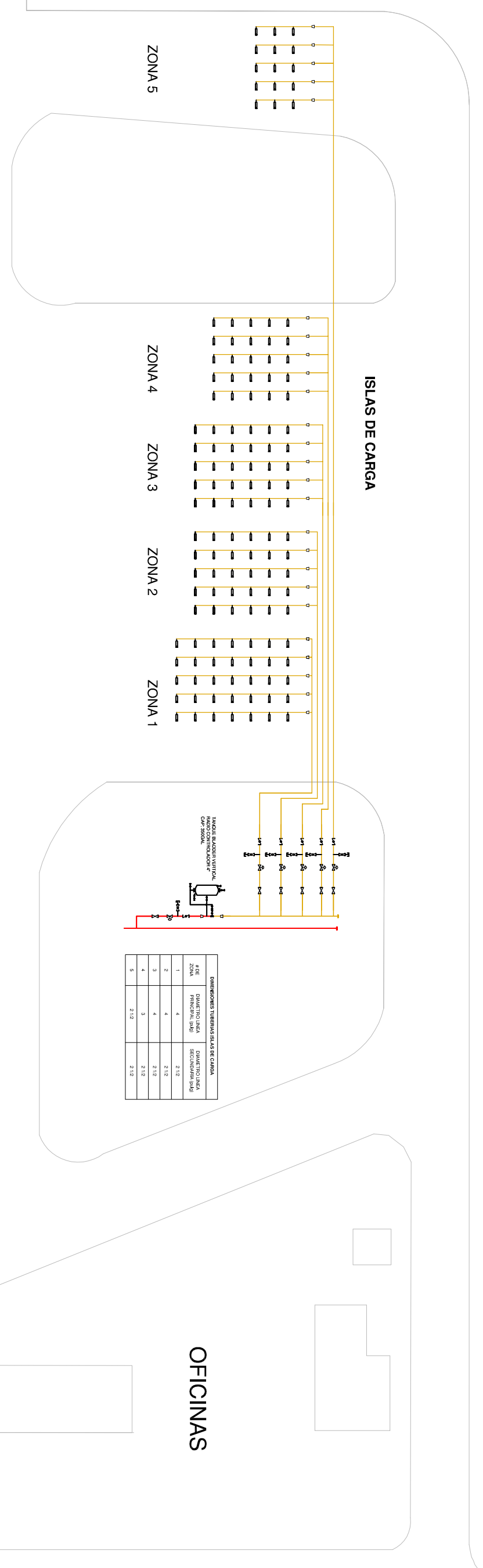


**DETALLE 1**  
Escala 1:250

SIMBOLOGIA	
	VALVULA DE COMPUERTA
	VALVULA DE MANIPULSA
	VALVULA DE DILUVO
	VALVULA DE BOLA
	TOVA DE MANGERS
	MONITOR DE AGUA
	BOMBAS
	TANQUES DE ESPUMA

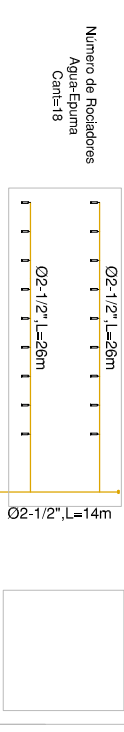
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		Diseñado: Armas-Valencia		2011-01-24	
INGENIERIA MECANICA		Dibujado: Armas-Valencia		2011-01-24	
Revisado: Ing. Carlos Maldonado		2011-01-24		2011-01-24	
Contiene:		Escala:		1:500	
Codigo:		10-876-03A		Tol. Gen.:	
Linea de Solución Agua-Espuma				NA	

# LINEA DE SOLUCIÓN DE AGUA-ESPUMA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS TERMINAL PASCUALES TANQUES DE DESPACHO, BOMBAS DE PRODUCTO, ISLAS DE CARGA



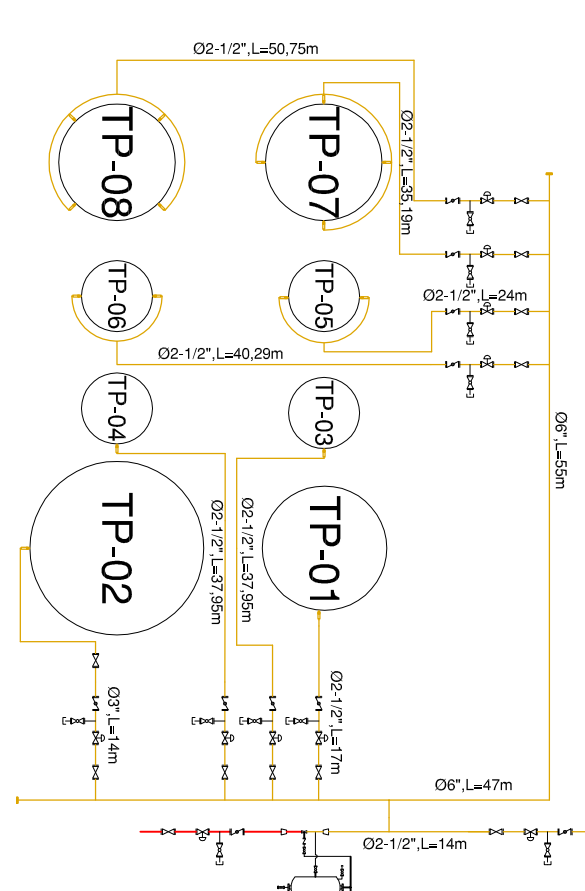
# DE ZONA	DIAMETRO LINEA PRINCIPAL (mm)	DIAMETRO LINEA SECUNDARIA (mm)
1	4	2.12
2	4	2.12
3	4	2.12
4	3	2.12
5	2.12	2.12

## BOMBAS DE DESPACHO



# DE TANQUE	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)
TP-01	13.10	13.86
TP-02	18.84	12.06
TP-03	7.70	12.06
TP-04	7.70	12.06
TP-05	7.70	9.06
TP-06	7.70	9.06
TP-07	12.85	12.35
TP-08	12.85	12.35

## TANQUES DE DESPACHO



VALVULA DE COMPUERTA	
VALVULA DE MARIPOSA	
VALVULA DE DILUIVO	
VALVULA DE BOLA	
TOMA DE MANGERENS	
MONITOR DE AGUA	
BOMBAS	
TANQUES DE ESPUMA	

Contiene:	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	Escala:	1:1-000	Diseñado:	Armas- Valencia
Linea de Solución Agua-Espuma	UPPS	Revisado:	Ing. Carlos Maldonado	Dibujado:	Armas- Valencia
		Código:	10-876-03B	Td. Gen.:	N/A