

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Proyecto, Construcción e Instalación de Sistema Contra Incendio  
para una Central de Generación Eléctrica”

**TESIS DE GRADO**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Luis Alfredo Cedeño García

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2010

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Manuel Helguero González Director de Tesis, por su grandiosa ayuda.

# DEDICATORIA

MIS PADRES.

A MI ABUELA

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Manuel Helguero G.  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Ernesto Martínez L.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



---

Luis Alfredo Cedeño García

## RESUMEN

Esta tesis fue desarrollada con el fin de recopilar información de diferentes instituciones nacionales e internacionales especializadas en normas y recomendaciones técnicas, que se deben aplicar en el diseño y construcción de Sistemas Contra Incendio; tales como la NFPA, API, ASME, AWWA, etc. Como primer paso se procedió a seleccionar las normas más importantes que sirvan para el propósito de desarrollo del proyecto de tesis "Diseño de Sistema Contra Incendio para una Central Térmica de Generación Eléctrica".

Es así que siguiendo las recomendaciones y la experiencia en el tema se procedió a visitar el sitio donde se iba a desarrollar el trabajo práctico con el fin de inspeccionar y evaluar los riesgos de incendio internos y externos, y recomendar lo mejor para la seguridad, protección del capital humano, equipos y maquinarias existente en la empresa. Se procedió a diseñar planos de las áreas de riesgo y los isométricos respectivos de la trayectoria de las líneas de flujo como medida tentativa a ser analizada por los interesados. A continuación se realizó las recomendaciones de equipos y

accesorios para prevenir y combatir los riesgos y desarrollo de incendio de las áreas en peligro de la empresa de generación, cuya calificación de riesgo es muy alta según estadística mundial.

Después de analizar detenidamente las recomendaciones se procede a determinar por medio de aplicaciones de hidráulica, mecánica de fluidos, seguridad industrial, soldadura, mecánica de los sólidos, así como las normas internacionales y nacionales la selección de accesorios, materiales y equipos que aseguren un buen diseño y operación del sistema contra incendio a construir.

Se realizan los estudios y análisis de costos de la mano de obra, materiales, dirección técnica y responsabilidad; además de los cronogramas de ejecución de obra y selección de personal capacitado de mando técnico que garantice el desarrollo del proyecto sin contratiempo. Una vez concluido la ejecución del sistema de incendio de acuerdo al cronograma aprobado, se ejecutó las pruebas del Sistema Contra Incendio de acuerdo a formatos y parámetros normalizados; además se entregó las recomendaciones respectivas de operación, mantenimiento de los equipos y accesorios para ser usados en la conservación de los mismos.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	XII
SIMBOLOGÍA.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XX
ÍNDICE DE PLANOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. INSPECCIÓN, EVALUACIÓN Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA.....	3
1.1. Inspección del Lugar.....	4
1.1.1. Identificación de la Empresa.....	5
1.1.2. Actividad y Ocupación de la Empresa.....	6
1.1.3. Tipo de Construcción y Riesgos Existentes.....	8

1.2. Análisis de Seguridad del Sitio.....	9
1.2.1. Sistema y Medios de Extinción.....	10
1.2.2. Suministro de Agua y Depósitos.....	10
1.2.3. Sistema de Protección.....	12
1.3. Representación Gráfica.....	13
1.3.1. Simbología.....	16
1.3.2. Diseño de Planos Isométricos de Redes Internas.....	16
1.3.3. Diseño de Planos Isométricos de Redes Externas.....	17

## CAPÍTULO 2

2. DISEÑO, CÁLCULO HIDRÁULICO, SELECCIÓN DE MATERIALES Y ACCESORIOS DE SISTEMA CONTRA INCENDIO DE EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	19
2.1. Fundamentos Teóricos de Fluidos.....	20
2.1.1. Generalidades y Propiedades Físicas.....	24
2.1.2. Ecuación de la Continuidad.....	27
2.1.3. Ecuación de la Energía General “Teorema de Bernoulli”.....	29
2.1.4. Números de Reynolds.....	31
2.1.5. Fórmula de Darcy’s y Factor de Fricción.....	32
2.1.6. Ecuación de Poiseuille.....	34

2.1.7. Longitud Equivalente L/D.....	37
2.1.8. Coeficiente de Resistencia (K).....	38
2.1.9. Coeficiente de Flujo (Cv).....	39
2.2. Flujos de Líquido.....	40
2.2.1. Flujo en Tuberías.....	42
2.2.2. Flujo en Válvulas y Accesorios.....	45
2.3. Diseño, Cálculo Hidráulico, Selección de Materiales y Accesorios.....	50
2.3.1. Selección y Ubicación de Áreas a Proteger.....	51
2.3.2. Redes de Protección de Incendio Externas e Internas para Edificios y Otros.....	51
2.3.3. Redes de Protección para Tanques de Almacenamiento de Combustibles, Aceite y Agua.....	54
2.3.4. Redes de Protección para Subestaciones Eléctricas de Voltaje.....	58
2.3.5. Redes de Protección para Calderas, Turbinas, Motores y Generadores Eléctricos, etc.....	59
2.4. Selección de Materiales y Accesorios.....	67

## CAPÍTULO 3

3. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.....	93
3.1. Cálculos y aplicación de parámetros para la selección de bombas contra incendio.....	93
3.1.1. Caudal.....	96
3.1.2. Cabezal o Presión Total.....	99
3.1.3. Velocidad Específica ( $N_s$ ).....	100
3.1.4. Presión de Aspiración Positiva Neta (NPSH).....	101
3.1.5. Cavitación.....	103
3.1.6. Leyes de Afinidad.....	104
3.1.7. Capacidad, Presión Nominal y Potencia de las Bombas Contra Incendio.....	105
3.2. Selección de Bombas y Fuerzas Motriz.....	108
3.2.1. Selección de la Fuerza Motriz para Bombas Contra Incendio.....	108
3.2.1.1. Motores Eléctricos.....	109
3.2.1.2. Motores a Diesel.....	116
3.2.2. Clases y Selección de Bombas Contra Incendio.....	118
3.2.2.1. Clases de Bombas.....	119
3.2.2.1.1. Centrifugas de Eje Horizontal.....	121
3.2.2.1.2. Tipo Turbinas de Eje Vertical.....	128
3.2.2.2. Selección de Bombas.....	134
3.2.2.2.1. Bomba Eléctrica Principal.....	138

3.2.2.2.2. Bomba a Diesel Auxiliar.....	140
3.2.2.2.3. Bomba Jockey.....	146
3.3. Selección de Protecciones, Controles y Accesorios de Bombas Contra Incendio y Motores.....	150

## CAPÍTULO 4

4. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE SISTEMAS DE SPRINKLES EN CENTRALES DE GENERACIÓN.....	164
4.1. Generalidad, Tipos y Clasificación de Redes de Sprinkles.....	165
4.1.1. Red de Sprinkles para Calderas.....	185
4.1.2. Red de Sprinkles para Turbinas.....	200
4.1.3. Red de Sprinkles para Subestación de Transformadores Eléctricos.....	206
4.1.4. Red de Sprinkles para Tanques de Almacenamiento de Líquidos Inflamables, Aceites y Otros.....	211
4.1.5. Red de Sprinkles para Cuarto de Bombas y Controles Eléctricos, Electrónicos, Controles de Operación de Equipos.....	229

## CAPÍTULO 5

5. SELECCIÓN DE EQUIPOS ESPECIALES PARA PROTECCIÓN DE INCENDIO EN CENTRALES DE GENERACIÓN.....	237
5.1. Bases Teóricas y Prácticas de su Selección.....	238
5.1.1. Selección de Mangueras y Tomas Fijas de Agua.....	240
5.1.1.1. Clases de Sistemas.....	243
5.1.1.2. Proyecto y Cálculo de los Sistemas.....	246
5.1.1.3. Sistemas Combinados de Sprinkles y Toma de Agua Fija.....	249
5.1.2. Selección de Hidrantes.....	250
5.1.2.1. Tipos de Hidrantes.....	252
5.1.2.2. Proyecto y Cálculos de Instalación de Hidrantes..	255
5.1.3. Selección de Extintores.....	258
5.1.3.1. Clasificación de Extintores.....	260
5.1.3.2. Aplicación Práctica en Sistemas Contra Incendio	266
5.1.4. Selección de Detectores de Humo, Alarmas y Accesorios para Protección Contra Incendio.....	280

## CAPÍTULO 6

6. SELECCIÓN DE PROTECCIÓN DE RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES.....	291
---	-----

6.1. Generalidades.....	293
6.2. Normas para Protección de Tanques de Almacenamiento de Combustibles.....	296
6.3. Construcción y Adaptación del Sistema más Óptimo para la Protección de Tanques de Combustibles.....	308

## CAPÍTULO 7

7. CÁLCULO SELECCIÓN Y PROTECCIÓN DE RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	327
7.1. Detalle de Ingeniería.....	335
7.2. Normas y Cronograma de Construcción.....	353
7.3. Sistema de Protección del Tanque de Almacenamiento de Agua.....	353

## CAPÍTULO 8

8. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS PRINCIPALES Y ANEXOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	362
8.1. Cronograma de Construcción.....	375
8.1.1. Selección del Personal de Mando, Supervisión y Técnico	375

8.1.2. Pruebas de Personal Calificado.....	379
8.1.3. Selección de Logística y Herramientas.....	380
8.2. Normas de Seguridad del Personal.....	382
8.3. Normas de Métodos de Trabajo.....	387
8.3.1. Métodos de Soldaduras a Aplicarse.....	400
8.3.2. Método de Selección de Soportería.....	406
8.3.3. Sistemas de Aplicación de Pinturas para Protección de Equipos, Accesorios y Otros.....	408

## CAPÍTULO 9

### 9. PRUEBAS, MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES DE

ACUERDO A NORMAS (NFPA).....	414
9.1. Pruebas Hidrostáticas y Gradiente Hidráulico.....	421
9.1.1. Pruebas de Tuberías y Mangueras.....	425
9.1.2. Prueba de Hidrantes y Extintores.....	432
9.1.3. Pruebas de Sprinkles.....	439
9.1.4. Pruebas del Sistemas Presurizado.....	444
9.1.5. Prueba de Bombas Contra Incendio.....	454

9.2. Mantenimiento de todos los Componentes del Sistema Contra Incendios.....	465
---	-----

CAPÍTULO 10

Conclusiones.....	511
Recomendaciones.....	513

ANEXOS

APÉNDICE A

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

cm	Centímetro
ft	Pie
gln	Galón
g.p.m	Galones por minuto
Hp	Caballo de potencia
Km /hr	Kilómetro por hora
Kw	Kilovatio
lbs. /pulgs <sup>2</sup>	Libras por pulgadas cuadradas
lts	Litros
mt	Metro
mt <sup>2</sup>	Metro cuadrado
mt <sup>3</sup>	Metro cúbico
m.p.h	Milla por hora
pulg	Pulgada
US galones	Galones americanos

## SIMBOLOGÍA

A	Área
a	Radio
ANSI	American National Standards Institute, Inc
ASME	American Society Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
AWWA	American Water Works Association, Inc
Cv	Coefficiente de flujo
Cd	Coefficiente de contracción
CFH	Pies cúbico por hora
CEMA	Canadian Electrical Manufactures Association
D	Diámetro
d	Diámetro del hueco del perno
du/dy	gradiente de velocidad
E	Rendimiento
F	Fuerza
f	Factor de fricción
ft	Esfuerzo de tensión permisible
fr	Esfuerzo de tensión permisible
Fy	Esfuerzo comercial de las placas de material
Fu	Esfuerzo último de las placas de material
g	gravedad

G	Gravedad específica líquida (1.0 para el agua)
H	Energía total, altura presión total o cabezal (bomba); altura de líquido (pies)
Hp	Potencia efectiva
h	Altura
hd	Altura de impulsión pies (m)
he	Pérdida de contracción brusca
hf	Pérdidas en tuberías
hl	Pérdidas en tuberías
hs	Altura de aspiración
hv	Altura de velocidad
hvd	Altura de velocidad de descarga pies (m)
hvs	Altura cinética de aspiración pies (m)
hp	Altura piezométrica (presión normal)
IMO	International Maritime Organization
ISO	International Standards Organization
K	Coefficiente de resistencia o pérdida
KPa	Kilopondio de aire (absoluta)
L	Longitud; calor latente de vaporización (BTU /Lbs.)
Le	Longitud equivalente
LII	Límite inferior de inflamabilidad
LFL	Límite de inflamabilidad bajo
M	Peso molecular de líquidos específicos
m	flujo de masa
N	Velocidad
NEMA	National Electrical Manufactures Association
NFPA	National Fire Protection Association
Ns	Velocidad específica
NPSH	Presión de aspiración positiva neta
OSHA	Ley de Seguridad e Higiene Ocupacional
P	Presión
Pv	Presión de velocidad
PM	Peso molecular de una sustancia
Q	Caudal o flujo de volumen
Re	Número de Reynolds
r	Fuerza transmitida por los pernos
S	Densidad relativa
S	Espacio de los pernos
t	tiempo; espesor de la placa del cilindro (pulg.)

U	Velocidad en lámina superior
UL	Underwriter Laboratories.Inc
V	Velocidad media del fluido; volumen
Vs	Volumen específico
v	velocidad
Z	Elevación
$\rho$	Densidad
$\gamma$	Peso específico
$\zeta$	Tensión de cortadura
$\mu$	Viscosidad absoluta
$\nu$	Viscosidad cinemática
$\epsilon$	Rugosidad
$\Delta p$	Caída de presión (Lbs. /pulgs <sup>2</sup> )
$\eta$	Viscosidad de remolino
$\frac{\epsilon}{D}$	Rugosidad relativa

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1 Croquis de las Instalaciones de la Central Térmica.....	4
Figura 1.2 Croquis de Vista General de la Central Térmica.....	4
Figura 1.3 Croquis de Ubicación de Planta Térmica y Riesgos Externos.....	9
Figura 1.4 Croquis de Vista General de Instalaciones de Central Térmica y Áreas de Riesgo.....	9
Figura 1.5 Croquis de Vista General de Instalaciones de Central Térmica y Áreas de Riesgo.....	12
Figura 1.6 Croquis de las Instalaciones de la Central Térmica y Equipos de Protección de Incendios.....	16
Figura 1.7 Abreviaturas más comunes en Sistemas Protección de Incendios.....	16

Figura 2.1 Deformación Resultante de la Aplicación de una Fuerza de Cortadura Constante.....	22
Figura 2.2 Diagrama Reológico.....	23
Figura 2.3 Flujo Permanente en un Tubo de Corriente.....	24
Figura 2.4 Representación Grafica de la Aplicación del Teorema de Bernoulli a un Depósito con una Tubería.....	30
Figura 2.5 Distribución de la Velocidad, la Cortadura y las Pérdidas en un Tubo Redondo.....	35
Figura 2.6 Contracción Brusca en una Tubería.....	46
Figura 2.7 Coeficientes de Pérdidas para Expansiones Cónicas.....	50
Figura 3.1 Flujo a Través de un orificio Normalizado.....	98
Figura 3.2 Curva de Presión de Aspiración Positiva Neta (NPSH).....	102
Figura 3.3 Curva de Bomba Contra Incendio de Presión Caudal.....	106
Figura 3.4 Curvas Típicas de Potencia de un Motor.....	107
Figura 3.5 Instalaciones de Bombas Contra Incendio Horizontal con Carcasa Bipartida y Suministro de Agua bajo una Carga Positiva.....	124
Figura 3.6 Instalación de una Bomba Vertical de Turbina.....	129
Figura 3.7 Verificación de Alineación Paralela y Angular de Conjunto Bomba – Motor.....	135
Figura 3.8 Curva Normalizada de Presión – Caudal para Bombas Horizontales y Verticales.....	139
Figura 3.9 Instalación de Bomba operada con Motor a Diesel.....	146

Figura 3.10 Conexión de Tubería para cada Interruptor de Presión Automático (para Bomba Contra Incendio Jockey).....	149
Figura 3.11 Instalación de la Bomba Jockey con la Bomba Contra Incendio.....	157
Figura 3.12 Conexiones de la Tubería para la línea de Medición de Presión.....	158
Figura 4.1 Accesorios de Funcionamientos de Rociadores de Tipos Automáticos.....	169
Figura 4.2 Sistema de Tuberías de Rociadores en sección de edificio.....	187
Figura 4.3 Efecto de la Distancia entre el Techo y los Rociadores sobre el Tiempo de Actuación de estos.....	187
Figura 4.4 Situación Ascendente de las Líneas de Alimentación.....	189
Figura 4.5 Ejemplo de la Distribución de las Piezas Móviles de un Automático de Enlace Fusible .....	193
Figura 4.6 Caudal de Descarga de Agua de un Rociador Automático Standard.....	194
Figura 4.7 Forma de la Distribución del Agua producida por los Rociadores Normales.....	197
Figura 4.8 Rociadores para Turbinas de Vapor de Central Térmica.....	203
Figura 4.9 Rociadores para Cuatro Bombas, Controles Eléctricos y Electrónicos de Operación de Equipos Contra Incendio.....	230
Figura 5.1 Sistema Típico de una sola Zona y de Dos Zonas.....	249

Figura 5.2 Sistema Típico de Dos Zonas.....	249
Figura 5.3 Hidrante Típico Seco o Hidrante a Prueba de Heladas.....	253
Figura 5.4 Hidrante Húmedo con Válvula de Compresión en cada Salida.....	253
Figura 5.5. Combinaciones Típicas de Símbolos para las distintas clases de Extintores.....	261
Figura 5.6. Croquis simplificado que muestra los principios Fotoeléctricos de Proyección de rayo Luminoso y de Refracción.....	281
Figura 5.7. Detector Puntual Fotoeléctrico de Refracción.....	281
Figura 5.8. Croquis Esquemático de un Detector de Llamas Infrarrojo.....	283
Figura 5.9. Detectores de Calor.....	284
Figura 5.10 Circuito de Puente de Wheatstone en el que el Filamento Activo es un Alambre de Platino donde Sucede la Combustión Catalítica cuando pasa por él una Muestra de la Atmósfera que se está Probando.....	285
Figura 7.1. Tanque de Succión de Acero Soldado.....	352
Figura 8.1. Tipos de Soporte.....	407
Figura 9.1. Principios del Gradiente Hidráulico.....	423
Figura 9.2. Esquema de Prueba Sugerida para Hidrantes.....	435

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Leyenda de las Abreviaturas más comunes en Ingles para Sistema Contra Incendio.....	14
Tabla 2	Clave de Color para la Identificación de Materiales de Construcción Empleados en Sistema Contra Incendio.....	15
Tabla 3	Coeficiente de Contracción para el Agua Cc.....	47
Tabla 4	Coeficiente de Perdidas K para Diversas Transiciones de Tuberías.....	48
Tabla 5	Ubicación de Áreas a Proteger y Sistema de Protección.....	51
Tabla 6	Instalación de Red Exterior con tomas de 2 ½”,.....	68
Tabla 7	Área de Quemadores Caldera # 2 y # 3 A, B, C y D.....	71
Tabla 8	Reservorios de Aceites de Turbinas I y II.....	76
Tabla 9	Gabinetes de 1 1/2“ en Edificio de Turbinas.....	78
Tabla 10	Instalación Rociadores Abiertos Transformadores 1,2 y 3.....	80
Tabla 11	Instalación de Equipos de Bombeo # 1.....	83
Tabla 12	Equipos de Espuma para el Tanque Bunker # 1 A y B.....	85
Tabla 13	Equipos de Espuma para Control de Tanques diarios # 2 y # 3 .....	88
Tabla 14	Listado de Materiales para Tanque Metálico de 1400 metros	

	cúbicos para Agua.....	89
Tabla 15	Instalación de Rociadores Abiertos Transformadores.....	90
Tabla 16	Caballos de Fuerza y Corriente Fija del Rotor del Motor. Designación para Motores Nema – Diseño B.....	113
Tabla 17	Capacidad Nominales de la Bomba.....	140
Tabla 18	Resumen de Bombas Contra Incendio.....	141
Tabla 19	Materiales de las Tuberías para Sistemas de Rociadores.....	165
Tabla 20	Clasificación Normal de Temperatura de los Rociadores Automáticos.....	170
Tabla 21	Señalización Uniforme de los Hidrantes de Incendio.....	254
Tabla 22	Distribución Normal de los Hidrantes.....	256
Tabla 23	Tamaño y Emplazamiento de los Extintores para Fuego de Clase A.....	261
Tabla 24	Conversión de la Clasificación Antigua de Clase B.....	262
Tabla 25	Tamaño y Emplazamiento de los Extintores para Fuego de Clase B salvo para Protección de Depósitos Profundos de Líquidos Inflamables.....	263
Tabla 26	Conversión de la Clasificación de Extintores Anterior a 1955 a la del 1° de Junio de 1969.....	275
Tabla 27	Intervalo para las Pruebas Hidrostáticas de Extintores.....	277
Tabla 28	Requisitos para las Pruebas de Presión Hidrostática.....	278
Tabla 29	Área Húmeda Versus Pies Cúbicos Libre de Aire por hora 14.7 psia y 60°F (101.3 KPa 15.6°C).....	313
Tabla 30	Diámetros de Líneas de Ventilación.....	315
Tabla 31	Líquidos Estables (Presión de Operación 2.5 Psig o Menos)	318
Tabla 32	Tabla para Uso en Tablas 31; 33; Y 34.....	318
Tabla 33	Distanciamiento de Tanques.....	318
Tabla 34	Líquidos Calientes.....	319
Tabla 35	Localización e Instalación de Tanques para Líquidos Inestables.....	319
Tabla 36	Ubicación de Tanques para Líquidos Estables.....	319
Tabla 37	Mínima Distancia (Armazón – Armazón).....	319
Tabla 38	Esfuerzos de Curvatura Máximo.....	340
Tabla 39	Espesor Mínimo de Placas Cilíndricas.....	341
Tabla 40	Espesor de Placas Base para Parte Inferior de Tanques (en pulgadas).....	343
Tabla 41	Laminación en frío para Placas de Tanque.....	345
Tabla 42	Cronograma de Trabajos en Tanque o Reservorio de Agua..	353
Tabla 43	Comparación de la Capacidad de las Tuberías.....	366

Tabla 44	Pérdidas por Fricción en las Tuberías de Hierro Colado.....	366
Tabla 45	Construcción de Tuberías Exteriores y Anexos.....	374
Tabla 46	Construcción de Sistemas Automáticos Rociadores Área Quemadores Calderas 2 Y 3.....	374
Tabla 47	Construcción de Sistema Automáticos Rociadores Área Transformadores.....	374
Tabla 48	Línea de Gabinetes a Turbinas 1 Y 2.....	374
Tabla 49	Línea de Enfriamiento Aceite Turbinas 1 Y 2.....	374
Tabla 50	Instalación de Líneas Gabinetes Talleres Y Oficinas.....	374
Tabla 51	Instalación de Alarmas S.C.I.....	374
Tabla 52	Sumario de Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento de Rociadores I.....	466
Tabla 53	Sumario de Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento de Rociadores II.....	471
Tabla 54	Sumario de Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Sistema de Columnas de Alimentación de Agua y Mangueras.....	479
Tabla 55	Mantenimiento de Componentes de Columnas de Alimentación de Agua y Mangueras.....	480
Tabla 56	Sumario de Servicio Principal de Incendio Privado, Inspección, Pruebas y Mantenimiento.....	485
Tabla 57	Tuberías Visibles.....	486
Tabla 58	Filtros de Líneas Principales.....	487
Tabla 59	Hidrantes Secos de Barril y Cañón.....	488
Tabla 60	Hidrantes Tipo Cañón Húmedo.....	489
Tabla 61	Pistones.....	490
Tabla 62	Mangueras Residenciales.....	490
Tabla 63	Resumen de Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Bombas Contra Incendio.....	491
Tabla 64	Sumario de Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Bombas de Incendio.....	495
Tabla 65	Sumario de Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Tanques de Almacenamientos.....	496
Tabla 66	Sumario de Sistemas Fijos de Atomización de Agua.....	498
Tabla 67	Sumario de Rociadores Agua-Espuma Inspección, Prueba Y Mantenimiento.....	503
Tabla 68	Válvulas, Componentes de Válvulas y Ajustes Inspección, Pruebas y Mantenimiento.....	507

## INDICE DE PLANOS

- Plano 1 Instalación de Redes Externas Isométricas
- Plano 2 Isometría área de Quemadores piso 1-2 Caldera # 3 SCI
- Plano 3 Isometría área de Quemadores Caldera # 2 SCI
- Plano 4 Reservorio de Aceites de las Turbinas Línea Principal SCI
- Plano 5A Planta de Sistema de Prevención de Espuma de Tanques Bunker  
Vista en Superior.
- Plano 5B Isometría de Sistema de Prevención de Espuma de Tanques  
Bunker Vista en Superior.
- Plano 5C Esquema General de Sistema de Prevención de Espuma de  
Tanques Bunker Vista en Superior.
- Plano 6A Transformador de la Planta Vista Superior.
- Plano 6B Transformador Principal de la Planta.
- Plano 6C Transformador Principal de la Planta.
- Plano 7A Transformador Principal Unidad 2 Vista Lateral.
- Plano 7B Transformador Principal Unidad 2 Vista Superior.

- Plano 8A Transformador Auxiliar de la Planta Vista Lateral.
- Plano 8B Transformador Auxiliar de la Planta Vista Superior.
- Plano 9A Transformador Auxiliar Unidad 2 Vista Lateral.
- Plano 9B Transformador Auxiliar Unidad 2 Vista Superior.
- Plano 10A Transformador Principal Unidad 3 Vista Lateral.
- Plano 10B Transformador Principal Unidad 3 Vista Superior.
- Plano 11A Transformador Auxiliar Unidad 3 Vista Lateral.
- Plano 11B Transformador Auxiliar Unidad 3 Vista Superior.

# INTRODUCCIÓN

El presente análisis y desarrollo del “Proyecto, construcción e instalación de Sistema Contra Incendio para una Central de Generación Eléctrica” lo ejecute con el propósito de aportar mi experiencia y conocimientos adquiridos como estudiante y en el trayecto de mi vida profesional.

En la ejecución de los capítulos que consta el proyecto de tesis a desarrollar, cada uno de ellos ha sido realizado aplicando las normas vigentes de las instituciones internacionales y locales que reglamentan, códigos y reglas, para protección de riesgos de incendio de propiedades públicas y privadas; a fin de proteger también a la vida humana como punto primordial.

Es así que hemos aplicado una serie de códigos, recomendaciones y normalizaciones como son:

- NFPA : Normas 10, 11A, 12, 12A, 13, 15, 17, 20, 22, 25, 30, 37, 58, 70, 80, 85, 99, 110, 169, 320, 620, 650, 750, 850, etc.
- ASTM: Normas ASTM A36, ASTM A36M, ASTM A53, ASTM A56, ASTM A283, ASTM A283M, ASTM D359, ASTM A795.
- AWWA: Normas AWWA D100, AWWA A102, AWWA AC104-71, AWWA C203-66, AWWA C205-71.
- API: Normas API 620, API 650, API 2015, API 2217.
- ULFM: Normas UL 58, UL 80, UL 142, UL 1746.

- ANSI /ASME: Normas Bl. 20.1, ANSI Z 117; ANSI /AWS F-4.1,ANSI /ASCZ 49.1
- AWS : Norma AWS D10.9

# CAPÍTULO 1

## 1. INSPECCIÓN, EVALUACIÓN Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Los criterios para inspeccionar el sitio a ejecutar o mejorar el sistema contra incendio, en este caso una empresa eléctrica son:

- a) Establecer la base para una evaluación de los riesgos a causa del fuego.
- b) Determinar los medios que puedan reducir el peligro en los edificios o su contenido.
- c) Al visitar una instalación industrial, puede escogerse diferentes rutas de inspección.

El inspector debe escoger un procedimiento de visitas uniformes que le resulte cómodo y debe adoptarlo para su empleo normal. Se debe recorrer todo el sitio de la industria, sin dejar ningún sitio sin visitar.

Es necesario poseer un conocimiento detallado de las características de la propiedad o industria que se visita representándolas en un croquis completo. Ver Anexo Fig.1.1.

### **1.1. Inspección del lugar**

La inspección debe producir tres resultados esenciales:

- a) Un informe descriptivo actualizado, exacto y completo en que se describan las características relativas a la protección contra incendios, así como los riesgos de incendio de la industria.
- b) Un plano que indique las características físicas y distribución de las instalaciones.
- c) Recomendaciones o sugerencias de ser necesarias. Ver Anexo Fig. 1.2

Las características de cualquier propiedad pública o privada pueden clasificarse en lo que se conoce como COPE de acuerdo a cualquiera de las cuatros categorías siguientes: Construcciones (C), Ocupación(O), Protección (P), Exposición (E).

A continuación se detalla las operaciones que se realizan durante una inspección en una planta eléctrica y el modo de elaborar el informe descriptivo resultante respectivo.

### 1.1.1. Identificación de la Empresa

#### Cuestionario de Inspección en Sitio

- a) Nombre y dirección de la empresa: ELECTROGUAYAS S.A (Ing. Gonzalo Cevallos).
- b) Fecha del informe: Diciembre del 2008.
- c) Nombre del inspector: Luis A. Cedeño García.
- d) Fecha de construcción: 1973.
- e) Número de plantas o altura del edificio: 2 pisos más planta baja.
- f) Tipo de materiales de construcción de:
  - Paredes: Steel Panel, Fibrolit y bloques de cemento enlucidos.
  - Pisos: Cemento reforzado y estructuras de acero al carbono
  - Cubiertas: Planchas de Fibrolit con estructuras soportes de acero al carbono.
- g) Situación de puertas corta fuegos y/u otras aberturas horizontales protegidas o sin proteger: Existen varias en el perímetro del edificio.

- h) Situaciones de cajas de escaleras, de ascensores y otras aberturas verticales protegidas o sin proteger: Para nuestro caso según plano existen 6.
- i) Tipo de ventanas: Aluminio y vidrio con mallas de aluminio.
- j) Tipo de falsos techos suspendidos: En los edificios administrativos y de jefatura técnica existen este tipo de techo falso o tumbado con el fin de mejorar la presentación y el ambiente de trabajo.
- k) Situación de los muros corta fuegos interiores y tipo de materiales con que están contruidos: En el caso presente son de bloques reforzados y ladrillos grandes, totalmente enlucidos.
- l) Características de las chimeneas:
  - Forma: Cilíndricas.
  - Construcción: ladrillos refractarios bien acabados su presentación.
  - Altura: 40 mts.

### **1.1.2 Actividad y Ocupación de la Empresa**

El presente proyecto se trata de la construcción e instalación de Sistema Contra Incendio en una planta de Generación Eléctrica tipo térmica. Este tipo de actividad demanda un proceso continuo

de 24 horas, tiempo en que todos los equipos, maquinarias y anexos que sirven para este propósito están en funcionamiento o servicio, bajo la supervisión y dirección de personal técnico y administrativo muy capacitado y responsable de las funciones que desempeñan.

Sin embargo como toda industria, las empresas eléctricas están sujetas a riesgos de incendio y de seguridad tanto para las personas como para los activos existentes, de allí que es responsabilidad de los directivos cumplir las normas internacionales y nacionales que están reglamentadas a fin de evitar tragedias.

Por lo tanto es deber en este tipo de empresa y en cualquiera de otra clase:

- a) Construcción de un sistema contra incendio de acuerdo a la realidad presente.
- b) Organización del departamento de Seguridad Industrial.
- c) Capacitación del personal de acuerdo a la reglamentación.
- d) Hacer simulacros de evacuación cada cierto tiempo y en que deben estar involucrados todas las personas, sin excepción.

### 1.1.3 Tipo de Construcción y Riesgos Existentes

El tipo de construcción de los edificios que forman parte de la empresa para nuestro caso son de cemento reforzado, acero estructural, techos y paredes de fibrolit o Steel Panel. Sin embargo se tiene que considerar los riesgos a que está expuesta en cualquier momento:

- a) Riesgos o peligros exteriores: En este caso de ELECTROGUAYAS Salitral está rodeada de bosque de manglares muy próximo y que son peligrosos al ser prendidos por personas sin conocimiento de la tragedia que pueden ocasionar.
- b) A 900mts, se encuentra un sector de mucho riesgo como es Duragas Repsol YPF, Congas y Petrocomercial. A un lado se tiene la Central Eléctrica de la CATEG.
- c) Riesgos internos: Para el análisis presente por el proceso operativo que se lleva a diario con líquidos combustibles, gases del tipo inflamable; áreas de soldaduras y trabajos de riesgos, instalaciones de cocinas, bodegas de almacenamiento de lubricantes y bodega de repuestos, equipos y accesorios.

d) Riesgos comunes: Calefacción, iluminación, aire acondicionado, equipos eléctricos y electrónicos (calderas, turbinas, motores, generadores eléctricos, transformadores); personas descuidadas que no cumplen con las normas de seguridad como fumadores, trabajadores y contratistas. Ver Anexo Fig. 1.3 y Fig. 1.4

## **1.2. Análisis de Seguridad del Sitio**

Respecto a la seguridad del sitio se debe cumplir con las normas existentes tanto locales como internacionales, para lo que se deben implantar:

- Programas de inspección de edificios con el personal capacitado para el efecto con objetivos de mejorar y prevenir riesgos que comprometan la seguridad del sitio. Llevar formularios para las diferentes áreas a proteger y con el conocimiento del responsable respectivo. Estas inspecciones deben de cumplirse con frecuencias.
- Programa de inspección, mantenimiento y prueba del sistema contra incendio una vez construido de acuerdo a las normas NFPA.

- Capacitación y adiestramiento de los empleados en la seguridad contra incendio, entregándole material de consulta.
- Formación de brigadas de incendios.

### **1.2.1. Sistema y Medios de Extinción**

Los sistemas y medios de extinción contra incendio que las normas exigen, en este subcapítulo solo serán señalados. Su selección e implantación para el caso de una planta de generación eléctrica será analizado más adelante. Son los siguientes:

- a) Rociadores automáticos (sprinklers).
- b) Sistemas de anhídrido carbónico, de espuma, de polvo y/o de halógeno.
- c) Extintores portátiles.
- d) Hidrantes públicos y privados.
- e) Tomas fijas y bocas de incendio equipadas con sus respectivas mangueras.

### **1.2.2. Suministro de Agua y Depósitos**

Con relación al suministro de agua y depósitos para almacenamiento, en este capítulo solo serán señaladas sus necesidades y anexos para cumplir óptimamente la alimentación de agua para los sistemas contra incendio y su selección aplicable a centrales eléctricas de acuerdo a las normas respectivas será analizada, más adelante:

1. Fuentes de suministros como ríos, esteros, lagos etc.

En el caso de Electroguayas se aprovecha un ramal del Estero Salado de donde por un sistema de depuración se obtiene agua que es tratada en una planta de tratamiento y la misma que usada para el proceso y necesidades, como el caso de sistema contra incendio.

2. Suministro de agua del servicio público: Se instaló tomas localizadas adecuadamente (gemelas), para uso de instituciones como la Defensa Civil y el Cuerpo de Bomberos.

3. Conducciones externas de agua: En este caso Interagua - Ecapag.

4. Necesidades de almacenamiento de acuerdo al requerimiento:

Para este proyecto se construyó tanque de almacenamiento de agua para aspiración de bombas contra Incendio.

5. Bombas contra Incendio: Son seleccionadas de acuerdo a los cálculos hidráulicos respectivos del sistema a construirse.
6. Sistemas de distribución y accesorios que también dependen de las normas y cálculos hidráulicos (válvulas, hidrantes, tomas fijas y mangueras, medidores de agua, etc.).
7. Necesidad de caudal contra incendio. Ver Anexo Fig. 1.5

### **1.2.3 Sistema de Protección**

Concerniente a la detección y protección de los peligros o riesgos de incendios, han existido innovaciones en base a las malas experiencias y casos de incendios que se han registrado a través de los años, en muchos lugares del mundo. De allí que las instituciones que norman a nivel mundial lo concerniente a riesgos de incendio día a día se preocupan de modificar los reglamentos y capacitar a las personas interesadas.

Al momento se puede indicar sistemas de detección y protección diferentes, utilizadas de acuerdo al diseño y normas:

- Rociadores.
- Gabinetes y mangueras fijas.
- Hidrantes.
- Extintores.
- Alarmas contra humo.
- Detectores de llamas.
- Detectores de controles automáticas.
- Controles de temperaturas.
- Detectores de fugas de gases.
- Sistemas de alarmas locales para evacuación.

## **1.2. Representación Gráfica**

Una vez que se ha reunido la información necesaria de acuerdo al formulario de la “Inspección en Sitio”, según Pg. (5); se va a tratar de confeccionar los croquis según los pasos siguientes:

- 1) Croquis del edificio.
- 2) Plano con detalle de equipos de protección contra incendio.
- 3) Detalle de las actividades y de los procesos o peligros específicos.

El primer paso es trazar el contorno del edificio a la escala más apropiada, a este croquis se añade constructivas más importantes,

materiales de construcción. Además se debe considerar secciones y alzados de las instalaciones. Para representar este croquis usaremos las Tabla 1 y Tabla 2.

**TABLA 1**  
**LEYENDA DE LAS ABREVIATURAS MÁS COMUNES EN INGLES PARA**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO.**

Aluminio	AL	Capacidad máxima	MAX CAP
Acetileno	ACET	Normalmente abierto	NO
Rociadores automáticos	AS	Normalmente cerrado	NC
Cemento	Cem	Norte	N
Hidrante doble	DH	Número	No
Este	E	Rociadores abiertos	OS
Motor	ENG	Válvula de horquilla y Tornillo exterior	OS & Y
Pie	FT	Libra (fuerza)	LB
Pisos	FL	Libras por pulg. cuadrada	PSI
Galón	GAL	Revoluciones por minuto	RPM
Galón por minuto	GPM	Acero inoxidable	SST

Alta tensión	HV	Acero	ST
Hidrante	HYD	Hidrante de pared	WLH
Pulgadas	IN	Tubería de agua	WP
Tubería de hierro	IP	Oeste	W

**TABLA 2.**

**CLAVE DE COLOR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EMPLEADOS EN SISTEMA CONTRA INCENDIO.**

<b>Color</b>	<b>Interpretación</b>
Marrón	Acero protegido resistente al fuego.
Rojo	Ladrillo, rasilla hueca.
Amarillo	Armazón de madera, enfoscado
Azul	Hormigón, piedra o bloques de hormigón huecos.
Gris	Acero incombustibles (chapa de madera o varilla metálica y mortero) sin proteger.

El segundo paso consiste en trazar las instalaciones y equipos para la protección contra incendio sobre el croquis del edificio obtenido en el paso uno. Lo más importante que se debe indicar son las líneas de abastecimiento de agua (pública o privada) continuas desde el punto de origen hasta cada conducción ascendente para los rociadores, en lo posible resaltar los detalles más salientes.

Con relación a la tercera actividad o procesos en cada zona del edificio, estos se representarán en la vistas de corte o alzado en que mejor se visualicen. Ver Anexo Figura 1.6.

### **1.2.1. Simbología**

Ocasionalmente, se usa símbolos para múltiples situaciones que desean implantarse en los croquis de edificios de industrias en lo que se van a diseñar sistemas contra incendios, a fin de que el diseñador o responsable pueda tener mayor información para realizar su labor. Por esta razón para la ejecución de los croquis, se usaron abreviaturas normalizadas de las más comúnmente utilizadas, según Fig.1.7 Ver Anexo.

### **1.2.2. Diseño de Planos Isométricos de Redes Internas**

Una vez identificadas las áreas de riesgo en una “Central Térmica”, que para nuestro caso se ha tomado como modelo la “Central Térmica Ing. Gonzalo Cevallos de Electroguayas S.A; se procedió a diseñar los isométricos para:

- Reservorio de aceite de turbinas y enfriadores.
- Protección de quemadores de calderas.

- Áreas de cuarto de máquina de turbinas y generadores eléctricos.
- Protección de equipos auxiliares de planta, como compresores de aire, bombas de agua de alimentación, bombas de vacío, calentadores de aceite, secadores de aire, etc. Ver Anexo Plano 2, 3, y 4

### **1.3.3 Diseño de Planos Isométricos de Redes Externas**

Con relación a las redes externas, se procedió a efectuar el levantamiento de un plano isométrico en que se representa:

- Sistemas de tuberías para alimentación de agua de los equipos de protección de riesgo contra incendio de la maquinaria del proceso y sus auxiliares (tomas fijas, hidrantes y rociadores).
- Sistema de protección de edificios administrativos y técnicos (extintores y tomas fijos de agua).
- Sistema de protección de reservorios o tanques de almacenamiento de líquidos inflamables y gases que se utilizan para el proceso (tanques de combustible bunker).
- Subestación eléctrica de transformadores principales y auxiliares.

- Cuarto de bombas contra incendio y auxiliares, paneles de control.
- Toma de agua para emergencia o prevención de servicio público como el “Benemérito Cuerpo de Bombero”.
- Línea principal de suministro de agua pública para uso en la operación de la industria y para el sistema contra incendio (tanque de almacenamiento de agua). Ver Anexo Plano1

# CAPÍTULO 2

## 2. DISEÑO, CÁLCULO HIDRÁULICO, SELECCIÓN DE MATERIALES Y ACCESORIOS DE SISTEMA CONTRA INCENDIO DE EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Para el diseño y cálculo hidráulico de redes para protección de riesgos contra incendio, se necesita conocimientos de mecánica de los fluidos, isometría, soldadura, mecánica de los sólidos, y otros complementos teóricos prácticos, que ayudan al diseñador a llevar a culminación un buen proyecto.

Es por eso que en este capítulo se hará énfasis a muchos temas y axiomas como:

Ecuación de la continuidad, Teorema de Bernoulli, números de Reynolds, formula de Darcy's y ecuaciones de Poiseuille, etc.

## 2.1. Fundamentos Teóricos de Fluidos

La mecánica de los fluidos es una ciencia que forma la base de toda técnica. Tiene relación con la estática, cinemática y dinámica de los fluidos, ya que el movimiento de un fluido se produce debido al desequilibrio de las fuerzas que actúan sobre él.

El movimiento de un fluido se llama flujo. El flujo de un fluido puede clasificarse de muchas maneras tales como:

El flujo turbulento es el más frecuente en las aplicaciones prácticas de la ingeniería, en este tipo de fluido las partículas se mueven siguiendo trayectorias muy irregulares. Las partículas implicadas en el movimiento pueden tener tamaños pequeños hasta muy grande.

En el fluido turbulento la pérdida de energía mecánica varía aproximadamente con el cuadrado de la velocidad.

En el flujo laminar las partículas del fluido se mueven a lo largo de las trayectorias lisas en capas o laminas, deslizándose una capa sobre la adyacente. El flujo laminar cumple con la ley de Newton de la viscosidad.

En el flujo laminar la pérdida de energía mecánica varía aproximadamente con la primera potencia de la velocidad, además

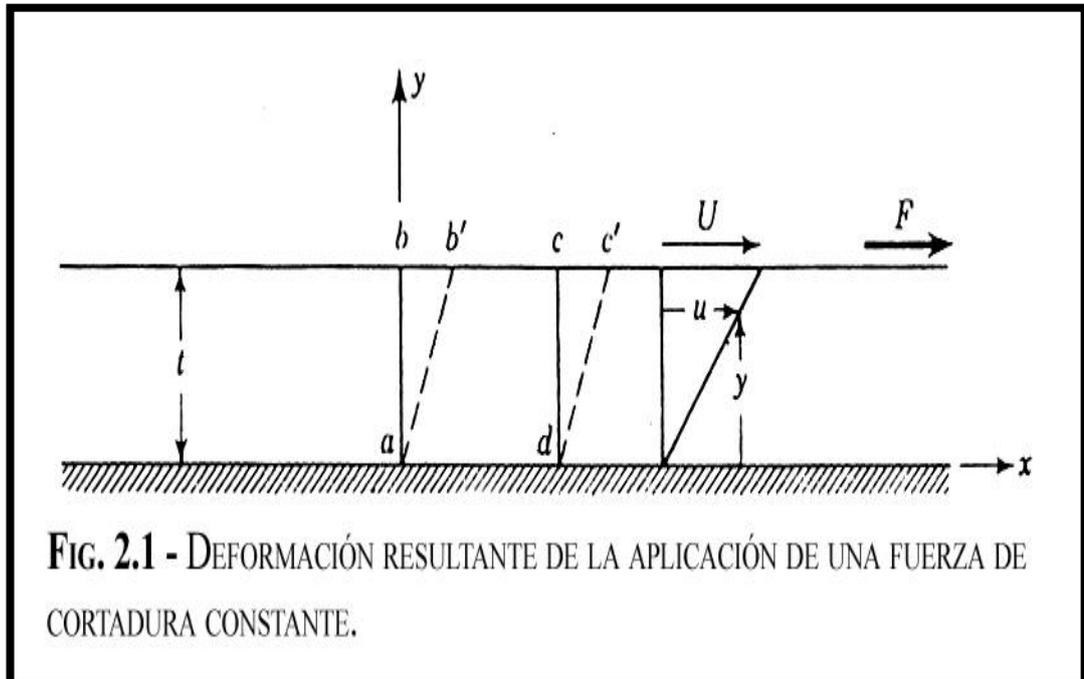
no es estable cuando la viscosidad es pequeña, o grande la velocidad o el caudal y se rompe transformándose en turbulento.

La capa de fluido en la inmediata vecindad de un contorno de flujo real, en que se ve afectada la velocidad relativa respecto al contorno por la cortadura viscosa, es lo se llama capa límite. Las capas límites dependen de su longitud, la viscosidad del flujo próximo a ellas y la rugosidad del contorno, de allí que pueden ser laminares o turbulentas.

En los cálculos del movimiento de un fluido, la viscosidad y la densidad son las propiedades del fluido que más se utilizan.

Un fluido es una substancia que se deforma continuamente cuando se somete a una tensión de cortadura, por muy pequeña que esta sea.

Una fuerza cortante es la componente tangente a la superficie de la fuerza y esta fuerza dividida por el área de la superficie, es la tensión de cortadura media sobre el área considerada



$$\tau = F/A$$

$$F = \mu \frac{AU}{t}$$

$$\tau = \mu \frac{U}{t}$$

$$\text{Si } \frac{U}{t} = \frac{du}{dy}$$

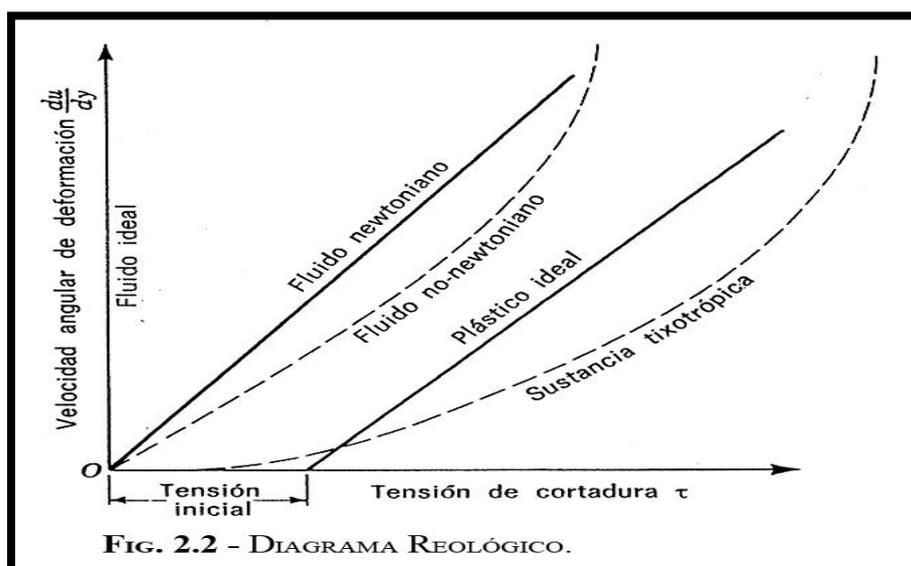
$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \text{ (2.1.1.) Ley de Newton de la viscosidad}$$

Los fluidos pueden clasificarse en Newtonianos y no Newtonianos.

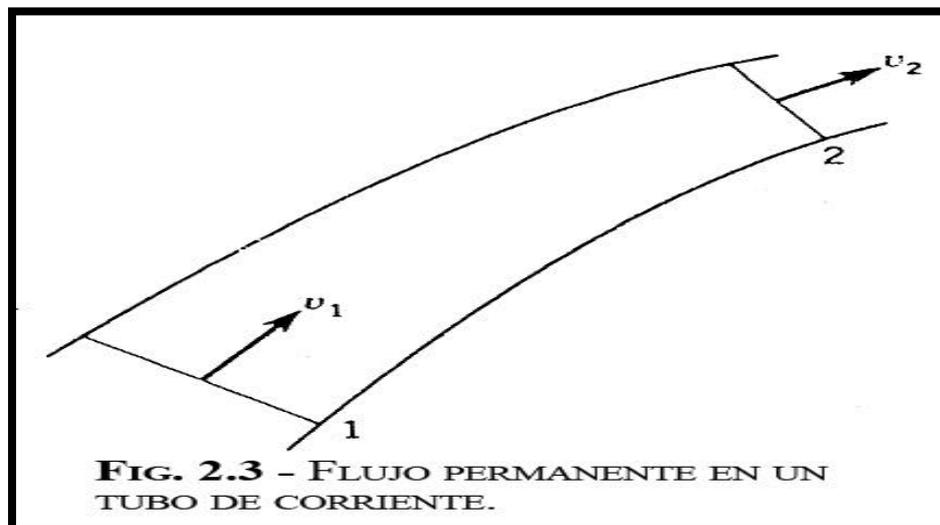
En los primeros existe una relación lineal entre la tensión de cortadura y la velocidad de deformación resultante, de allí que ( $\mu$  es constante en la ecuación 2.1.1)

En los fluidos no Newtonianos no existe tal relación lineal.

Los gases y los líquidos ligeros se aproximan a los fluidos Newtonianos, mientras que los líquidos pesados y los gases en las cercanías de sus puntos críticos no son Newtonianos



El fluido ideal es el que carece de rozamiento y es incompresible, y no debe confundirse con un gas perfecto. Un fluido sin rozamiento es el que se supone tiene viscosidad nula y sus procesos de flujos son reversibles y está representado por el eje de la ordenada.



### 2.1.1. Generalidades y Propiedades Físicas

La naturaleza del movimiento de un fluido real es muy compleja.

Las leyes fundamentales del movimiento de un fluido no son completamente conocidas, por lo que se necesita recurrir a la experimentación. De allí que combinando el análisis basado en principios de la mecánica y de la termodinámica con la experimentación ordenada, ha sido posible construir eficientes maquinas y grandes estructuras hidráulicas.

Entre las propiedades de los fluidos tenemos:

a) Viscosidad es la propiedad del fluido en virtud de la cual este ofrece resistencia a las tensiones de cortadura.

La Ley de la viscosidad de Newton Ec. (2.1.1) establece que para una velocidad angular de deformación dada del fluido, la tensión de cortadura es directamente proporcional a la viscosidad.

La resistencia de un fluido a la tensión de cortadura depende de la cohesión y grado de transferencia de cantidades de movimiento de sus moléculas. La cohesión parece ser la causa predominante en la viscosidad de un líquido.

Para presiones ordinarias, la viscosidad es independiente de la presión y depende únicamente de la temperatura.

De la Ec. (2.1.1) la viscosidad  $\mu$  es:

$$\text{Viscosidad absoluta o dinámica } \mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} \quad (2.1.1.a)$$

Respecto a las unidades la viscosidad absoluta se expresa:

En el sistema técnico en Kg.sg/m<sup>2</sup> y en el c.g.s en poise o centipoise.

- b) La Viscosidad Cinemática ( $\vartheta$ ) es el cociente de la viscosidad dinámica por la densidad e interviene en muchas aplicaciones como, por ejemplo en el número de Reynolds, que es  $\frac{VD}{\vartheta}$

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.1.1b)$$

Para la viscosidad cinemática las unidades se expresan:

En el sistema U.T.M es 1m<sup>2</sup>/sg y en el c.g.s se llama stoke.

- c) Densidad ( $\rho$ ) es la masa por unidad de volumen.

Sus unidades son UTM/m<sup>3</sup> y Kg masa/m<sup>3</sup>

- d) Volumen específico ( $V_s$ ) es el inverso de la densidad, es decir el volumen que ocupa por unidad de masa.

$$V_s = \frac{1}{\rho} \quad (2.1.1.c)$$

- e) Peso específico ( $\gamma$ ) de una sustancia es su peso por unidad de volumen.

$$\gamma = \rho_{\text{UTM}} g = \frac{\rho \text{Kg/m}^3}{9.81} g \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad (2.1.1.d)$$

El peso específico cambia con la situación, dependiendo de la gravedad. (g).

- f) La densidad relativa (S) de una sustancia es la relación de su peso y el peso de un volumen igual de agua en condiciones normales.

También puede ser la relación entre la densidad, o peso específico y la del agua.

- g) Presión (P) en un punto es el límite del cociente de la fuerza normal por el área, cuando el área tiende a cero en el punto.

La presión tiene unidades de fuerza por unidad de área como: Kg/cm<sup>2</sup>, Kg/m<sup>2</sup>, pies, m, lbs. /pulg<sup>2</sup>.

### 2.1.2. Ecuación de la Continuidad

Analizando el concepto de sistema y volumen de control, para la deducción de la ecuación de la continuidad.

Un sistema se refiere a una masa determinada de material y se diferencia del resto, que se lo conoce generalmente como medio ambiente.

Los contornos de un sistema forman una superficie cerrada, y esta superficie puede variar con el tiempo, de manera que contenga la misma masa durante los cambios de su condición.

El principio de la conservación de la masa establece que la masa del interior de un sistema permanece constante con el tiempo, es decir:  $\frac{dm}{dt} = 0$

Normalmente se expresa el segundo principio de Newton del movimiento para un sistema de la forma siguiente:

$$\sum F = \frac{d(mV)}{dt}$$

El volumen de control es una región fija del espacio y es útil en el análisis donde el movimiento se presenta dentro y fuera del espacio fijo. El contorno del volumen de control es su superficie de control. El tamaño y la forma del volumen de control son totalmente arbitrarios, pero con frecuencia se hace coincidir en parte con contornos sólidos.

Para flujo permanente en tubo corriente, la masa que atraviesa por segundo una sección del tubo es  $\dot{m}$ .

$$\dot{m} = \rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$$

Si se considera constante la densidad sobre la sección recta de una serie de tubos de corriente adyacentes, entonces:

$$\dot{m} = \rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$$

Si  $Q = AV$  (Flujo de volumen)

$$\dot{m} = \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2$$

Para flujo permanente e incompresible

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.1.2.a)$$

Que es una forma muy útil de la ecuación de la continuidad.

### 2.1.3. Ecuación de la Energía General “Teorema de Bernoulli”

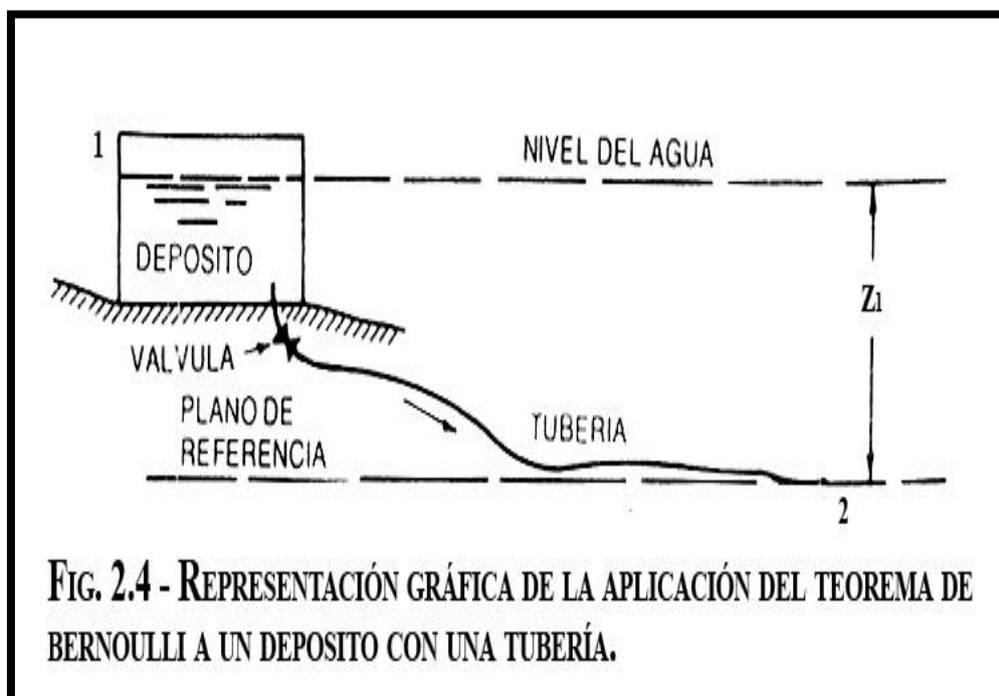
El teorema de Bernoulli es una aplicación de la ley de la conservación de la energía, o el flujo de fluidos en un conducto. La energía total en puntos particulares, arriba de un plano horizontal referencial, es igual a la suma del cabezal

de elevación, el cabezal de presión y el cabezal de velocidad y se expresa así:

$$Z + \frac{144P}{\rho} + \frac{v^2}{2g} = H = \text{Cte} \quad (2.1.3.a)$$

En este caso no se consideran las pérdidas de fricción por ser despreciables, pero en el caso práctico en que estas pérdidas ( $h_l$ ) en que los incrementos o decrecimientos de energía son valiosos, deben ser incluidas en la ecuación de Bernoulli.

Entonces un balance de energía debe ser escrito para 2 puntos dados de un fluido, de acuerdo a la ecuación anterior y figura siguiente:



#### **2.1.4. Números de Reynolds**

De experimentos de laboratorios se demuestran que existen dos tipos totalmente diferentes de flujo en tuberías y que estos dependen de los cambios de velocidades que se producen por los incrementos de la razón de flujo, a esta velocidad que produce la variación del tipo de flujo es lo que se llama Velocidad Crítica.

El tipo de fluido existente a una velocidad menor que la crítica se llama Flujo Laminar.

A velocidad mayor que la crítica el flujo es Turbulento.

La distribución de velocidad en flujo turbulento es más uniforme a través del diámetro de la tubería que el flujo laminar.

El que un fluido sea laminar o turbulento depende de factores como: diámetro de la tubería, la densidad y viscosidad del fluido que fluye y velocidad del flujo.

El factor de la combinación de estas cuatro variables, es lo que se conoce como "Número de Reynolds"

$$R_e = \frac{Dvp}{\mu} \quad (2.1.4.a)$$

Si el número de Reynolds es menor que 2000 el flujo es laminar.

Si el número de Reynolds es mayor que 4000 el flujo es turbulento.

Entre 2000 y 4000 es la zona crítica en que el flujo puede ser laminar o turbulento, dependiendo de muchas condiciones a variar que se presenten.

### **2.1.5. Fórmula de Darcy's y Factor de Fricción**

El flujo en tuberías esta siempre acompañada por la fricción de las partículas del fluido entre ellas, que trae como consecuencia pérdida de energía valiosa por trabajo, o en otras palabras existe una caída de presión en la dirección del flujo.

La ecuación general de la caída de presión, conocida como fórmula de DARCY'S y expresada en pies de fluido, es:

$$h_L = \frac{fLV^2}{D2g} \quad (2.1.5.a)$$

Esta ecuación puede ser escrita para expresar la caída de presión en lbs, por pulgadas cuadradas, una vez que se haga las sustituciones de unidades apropiadas:

$$\Delta p = \frac{\rho f L v^2}{144 D 2g} \quad (2.1.5.b)$$

La ecuación de DARCY'S es válida para flujo laminar o turbulento en una tubería.

El factor de fricción (f), es determinado experimentalmente.

El factor de fricción para  $Re < 2000$ , flujo laminar es una función del número de Reynolds.

El factor de fricción para  $Re > 4000$ , además de su función del número de Reynolds lo es de las características de la pared de la tubería.

En la región crítica de Reynolds entre 2000 y 4000, f además depende del cambio de sección, dirección de flujo y obstrucciones como válvulas flujo arriba. De allí que el factor de fricción es indeterminado, puede ser valor bajo si el flujo es laminar o valor alto si el flujo es turbulento.

Para flujo laminar ( $Re < 2000$ ) el factor de fricción puede encontrarse de la ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64\mu}{Dv_p} = \frac{64\mu}{124dvp} \quad (2.1.5.c)$$

Al sustituir en la [Ec. 2.1.5.b] de caída de presión (lbs. / pulg.<sup>2</sup>)

$$\Delta p = 0.000668 \frac{\mu Lv}{d^2} \quad (2.1.5.d)$$

Para flujo turbulento ( $Re > 4000$ ) el factor de fricción que además depende de la rugosidad relativa  $\frac{\varepsilon}{D}$ , en que rugosidad ( $\varepsilon$ ) de las paredes del tubo, D diámetro del tubo.

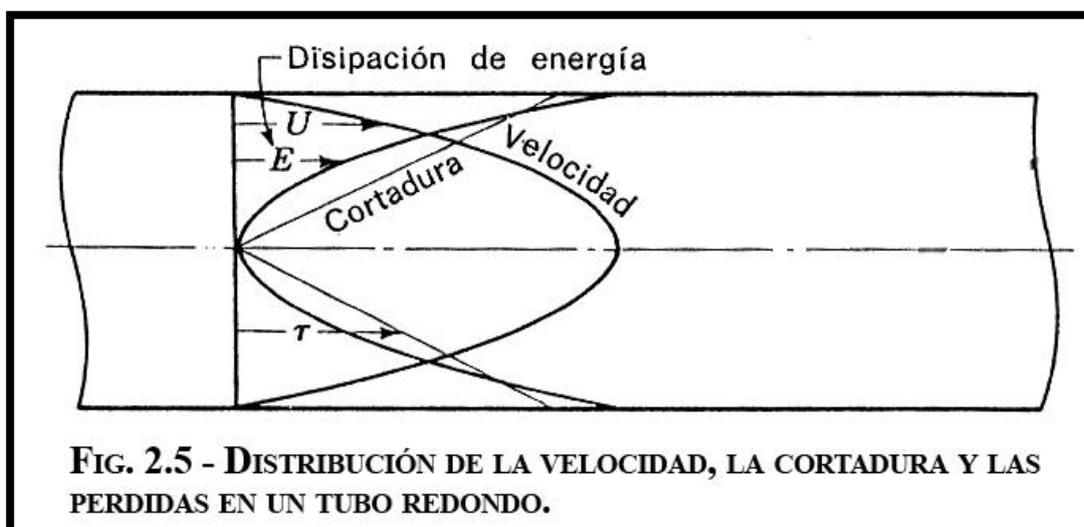
La característica de la superficie interna de la tubería comercial es prácticamente independiente, la rugosidad de las paredes tiene mayor efecto en el factor de fricción en los tamaños de tuberías de menor diámetro.

### 2.1.6. Ecuación de Poiseuille

Después de un análisis y aplicación de las ecuaciones de movimiento y de la energía, se deduce una expresión de las pérdidas para flujo laminar unidimensional. En un flujo permanente en tubo no hay incremento de energía cinética, por lo que en flujo horizontal la caída de presión representa el trabajo realizado por el fluido por unidad de volumen, y que

se convierte en energía térmica por acción de la tensión viscosa.

$$\text{Pérdidas} = \text{Potencia} = -Q \frac{dp}{dl} L = Q\Delta p \quad (2.1.6.a)$$



De la Fig. (2.5) en que se observa la distribución de la velocidad, la cortadura y las pérdidas en un tubo redondo.

La velocidad máxima ( $u_{\text{máx.}}$ ) viene dada para  $r = 0$ , por:

$$u_{\text{máx.}} = -\frac{a^2}{4\mu} \frac{d(p+\gamma h)}{dl} \quad (2.1.6.b)$$

Como la distribución de la velocidad es un paraboloides de revolución Fig. (2.5), su volumen es la mitad del cilindro circunscrito, por tanto la velocidad media es la mitad de la  $u_{\text{máx.}}$

$$V = -\frac{a^2}{8\mu} \frac{d(p+\gamma h)}{dl} \quad (2.1.6.c)$$

Si el caudal  $Q = V\pi a^2$

$$Q = -\frac{\pi a^4}{8\mu} \frac{d(p+\gamma h)}{dl} \quad (2.1.6.d)$$

Si para un tubo horizontal  $h=\text{constante}$ ; escribiendo la caída de presión  $\Delta p$  en la longitud  $L$

$$\frac{\Delta p}{L} = -\frac{dp}{dl}$$

Si se utiliza el diámetro  $D$  del tubo en lugar del radio se tiene que:

$$\text{Caudal } Q = \frac{\Delta p \pi D^4}{128\mu L} \quad (2.1.6.e)$$

$$\text{Velocidad media } v = \frac{\Delta p D^2}{32\mu L} \quad (2.1.6.f)$$

Caída de presión o pérdida de energía por unidad de volumen

$$\Delta p = \frac{128\mu L Q}{\pi D^4} \quad (2.1.6.g)$$

De lo anterior se deduce que la rugosidad del tubo no entra en las ecuaciones.

Siendo la ecuación de Poiseulle la siguiente:

$$Q = \frac{\Delta p \pi D^4}{128 \mu L} \quad (2.1. 6.e)$$

### 2.1.7. Longitud Equivalente L/D

Los datos de pruebas de pérdidas de presión para una variedad amplia de válvulas y accesorios son valiosos por el trabajo de numerosos investigadores. Estudios extensos en este campo han sido llevados por Laboratorios Crane, pero por el tiempo consumido y la naturaleza costosa de cada prueba, es imposible tener datos de cada tamaño y tipo de válvulas y accesorios.

En la ecuación de DARCY'S para pérdidas en tuberías rectas:

$$h_L = \left( f \frac{L}{D} \right) \frac{v^2}{2g}$$

La razón L/d es lo que se llama longitud equivalente en diámetro de tuberías rectas, que puede ocasionar la misma

caída de presión como la obstrucción en la misma condiciones.

El valor de  $L/D$  para algunas válvulas y accesorios puede necesariamente variar inversamente con el cambio del factor de fricción ( $f$ ) para diferentes condiciones de flujo.

### 2.1.8. Coeficiente de Resistencia (K)

$$\text{SI } h_L = K \frac{V^2}{2g} \quad (2.1.8.a)$$

Donde  $K$  es el coeficiente de resistencia y es definido como el número del cabezal de velocidad debido a pérdidas en válvulas o accesorios. En la mayoría de válvulas y accesorios la pérdida debido a la fricción, resulta de la longitud actual de la ruta de flujo y en menor grado debido a obstrucciones en las rutas, cambio de dirección de flujo en las rutas, etc.

El coeficiente de resistencia  $K$  podría teóricamente ser una constante para todos los tamaños de un diseño dado de válvulas en líneas y accesorios, si todos los tamaños fueran geoméricamente similar.

Cuando un sistema contiene más de un tamaño de tubería, válvulas o accesorios, se aplica una ecuación que expresa todas las resistencias  $K$  en términos de un tamaño cuya resistencia es conocida o está establecida de acuerdo a una lista comercial para tuberías de acuerdo a su número de célula.

$$K_a = K_b \left( \frac{d_a}{d_b} \right)^4 \quad (2.1.8.b)$$

El índice (b) se refiere a una resistencia para un tamaño ya establecido, mientras que el índice (a) define  $K$  y  $d$ , para la tubería de otro tamaño que se desea encontrar.

### 2.1.9. Coeficiente de Flujo ( $C_v$ )

El coeficiente de flujo  $C_v$  de una válvula es definido como el flujo de agua a 60°F, en galones por minuto a una caída de presión de 1 libra por pulgada cuadrada a través de una válvula.

Por sustitución apropiada de las unidades equivalente en la ecuación de DARCY'S, se demuestra que:

$$C_v = \frac{29.9d^2}{\sqrt{K}} \quad (2.1.9.a)$$

Además la cantidad de galones por minuto para productos de baja viscosidad que atraviesan la válvula se determina por:

$$Q = C_v \sqrt{\Delta p \left( \frac{62.4}{\rho} \right)} = 7.9 C_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \quad (2.1.9.b)$$

A su vez la caída de presión será:

$$\Delta p = \frac{\rho}{62.4} \left( \frac{Q}{C_v} \right)^2 \quad (2.1.9.c)$$

## 2.2. Flujos de Líquido

Cualquiera que sea la naturaleza del flujo, todas las situaciones de flujos están sometidas a los principios fundamentales siguientes:

Los principios de Newton del movimiento se deben cumplir para toda partícula y en cualquier instante.

La ecuación de la continuidad, es decir la ley de la conservación de la masa.

El primer y segundo principio de la termodinámica.

Las condiciones de contorno, como el que dice que “los fluidos no pueden penetrar un contorno”.

Puede intervenir la ecuación de Newton de la viscosidad.

Además se va a enumerar términos técnicos importantes que nos ayudarán a comprender el flujo de fluidos.

- Se dice que un fluido es permanente cuando las propiedades del fluido y las condiciones del movimiento en cualquier punto, no cambian con el tiempo, se cumple

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0.$$

Es decir que la densidad  $\rho$ , la presión  $p$  y la temperatura  $T$ , no cambian con el tiempo  $t$  en cualquier punto, así

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

- Un flujo no permanente es cuando las condiciones en cualquier punto cambian con el tiempo  $\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0$

- El flujo es uniforme cuando en cualquier punto del fluido el vector velocidad es idéntico, es decir con igual modulo, dirección y sentido en un instante dado, y se expresa por

$$\frac{\partial v}{\partial s} = 0 \text{ para } t = \text{cte.}$$

- El flujo es no uniforme cuando el vector velocidad varía en un instante dado de un punto a otro  $\left(\frac{\partial v}{\partial s} \neq 0\right)$ .
- El flujo es unidimensional si desprecia las variaciones o cambio de velocidad, presión etc., transversales a la dirección de flujo Ej. Flujo en una tubería

### 2.2.1. Flujo en Tuberías

En el movimiento permanente e incompresible se expresan las irreversibilidades en función de la pérdida de energía, o caída de la línea de altura piezométrica.

La línea de altura piezométrica está dada  $\frac{P}{\gamma}$  por encima del centro de la tubería, y si  $Z$  es la altura del cambio de la tubería, entonces  $Z + \frac{P}{\gamma}$  es la altura de un punto de línea de altura piezométrica. Las pérdidas o irreversibilidades, ocasionan que esta línea caiga en la dirección del movimiento.

Conocida la formula de DARCY'S para pérdida de energía mecánica en flujo permanente de un fluido en tubería, para los cálculos respectivos es:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Las experiencias demuestran que en flujos permanente la pérdida de energía por unidad de peso:

1. Es, directamente proporcional a la longitud de la tubería.
2. Es, aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad.
3. Es, aproximadamente inversamente proporcional al diámetro.
4. Depende de las rugosidades de las paredes internas del tubo.
5. Depende de la viscosidad y densidad del fluido.
6. Es independiente de la presión.

Para tuberías lisa  $f = f(V, D, \rho, \mu, \epsilon, \epsilon', m)$   $\epsilon = \epsilon' = m = 0$

Para tubería rugosa  $f = f\left(\frac{VD\rho}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D}, \frac{\varepsilon'}{D}, m\right)$

Para un tipo de rugosidad  $f = f\left(R, \frac{\varepsilon}{D}\right)$

Debido a la complejidad de las superficies naturales, MOODY construyó el gráfico más práctico para la determinación del coeficiente  $f$  de tuberías comerciales.

Este gráfico es un diagrama de STANTON que expresa  $R$  en función de la rugosidad relativa y del número de Reynolds.

Si la ecuación de Poiseuille para flujo laminar (2.1.6.e) y la velocidad media  $V$  es  $Q/\pi r^2$ , se tendrá que:

$$V = \frac{\Delta p D^2}{32\mu L}$$

A la vez que  $\Delta p = \gamma h_L$ , de allí que:

$$h_f = \frac{32\nu\mu L}{\gamma D^2} = \frac{64\mu L V}{\rho 2g D^2} = \frac{64L V^2}{\frac{\rho D V}{\mu} D 2g}$$

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

$$h_f = \frac{64 L v^2}{R_e D 2g}$$

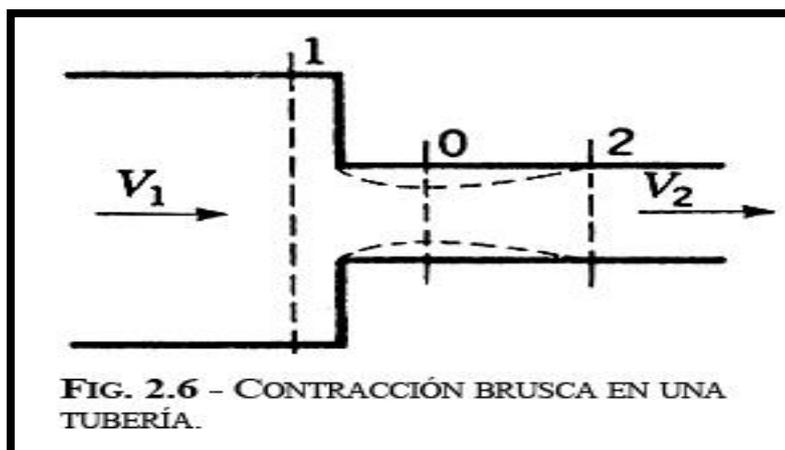
Comparando ecuaciones se deduce que:

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (2.2.1.a)$$

Esta ecuación se aplica para resolución de sistemas de flujo laminar en tuberías y se usa para todas las rugosidades, pues en flujo laminar la pérdida de energía es independiente de la rugosidad.

### **2.2.2. Flujo en Válvulas y Accesorios**

Las pérdidas que se presentan en las instalaciones hidráulicas debidos a codos, bifurcaciones, juntas de unión, válvulas etc., se llaman pérdidas menores, aunque en el fondo su valor es muy importante como en el caso de pérdidas debido a la expansión brusca de una tubería.



Si la ecuación para una expansión como la de la Fig. (2.6), se escribe:

$$h_e = K \frac{v_1^2}{2g} = \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 \frac{v_1^2}{2g} \quad (2.2.2.a)$$

$$\text{En que } K = \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2$$

Si la expansión brusca de un tubo a un depósito,  $\frac{D_1}{D_2} = 0$  y

la pérdida es  $\frac{v_1^2}{2g}$ , esto es, la energía cinética del tubo se convierte en energía térmica.

La pérdida desde la sesión 1 a la vena contraída es pequeña, comparada con la perdidas entre la sección 0 y la 2, donde la energía cinética se vuelve a convertir en energía de presión, aplicando la Ec. (2.2.2.a) Para la expansión de la Fig. (2.6).

$$h_e = \frac{(V_0 - V_2)^2}{2g}$$

Aplicando ecuación de la continuidad  $V_0 C_c A_2 = V_2 A_2$  en que  $C_c$  es el coeficiente de contracción, y se calcula que la pérdida vale

$$h_e = \left( \frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \frac{(V_2)^2}{2g} \quad (2.2.2.b)$$

**TABLA 3**

**COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN PARA EL AGUA CC.**

$A_2/A_4$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$C_c$	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.755	0.813	0.892	1.0

La pérdida a la entrada de un tubo desde un depósito es  $0.5 V^2/2g$ , si la entrada no es abocinada.

Para entrada abocinada, la pérdida varía entre  $(0.01V^2/2g)$  y  $(0.05V^2/2g)$ .

Para aperturas reentrante como cuando el tubo penetra dentro del depósito, la pérdida se toma como  $(1.0V^2/2g)$  para paredes de tubo delgado.

Ver coeficientes de pérdidas K según el caso en:

**TABLA 4**  
**COEFICIENTE DE PÉRDIDAS K PARA DIVERSAS TRANSICIONES DE TUBERÍAS.**

	K
Válvula esférica (totalmente abierta)	10.0
Válvula de ángulo (totalmente abierta)	5.0
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	25
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.91
Codo de retroceso	2.2
Empalme en T normal	1.8
Codo 90° normal	0.90
Codo 90° de radio medio	0.75
Codo 90° de radio grande	0.60

Las pérdidas menores también se pueden expresar en función de la longitud de tubo equivalente ( $L_e$ )

$$\text{Si } f \frac{L_e V^2}{D 2g} = K \frac{V^2}{2g}$$

$$L_e = \frac{KD}{f} \quad (2.2.2.c)$$

Si las válvulas estuvieran clasificadas de acuerdo a la resistencia que ellas ofrecen al flujo, muchas de ellas como las válvulas de bola, purga, mariposa, cuchilla, compuerta; estarían en la clase de baja resistencia. Otras como las de globo y angulares clasifican para clase de alta resistencia.

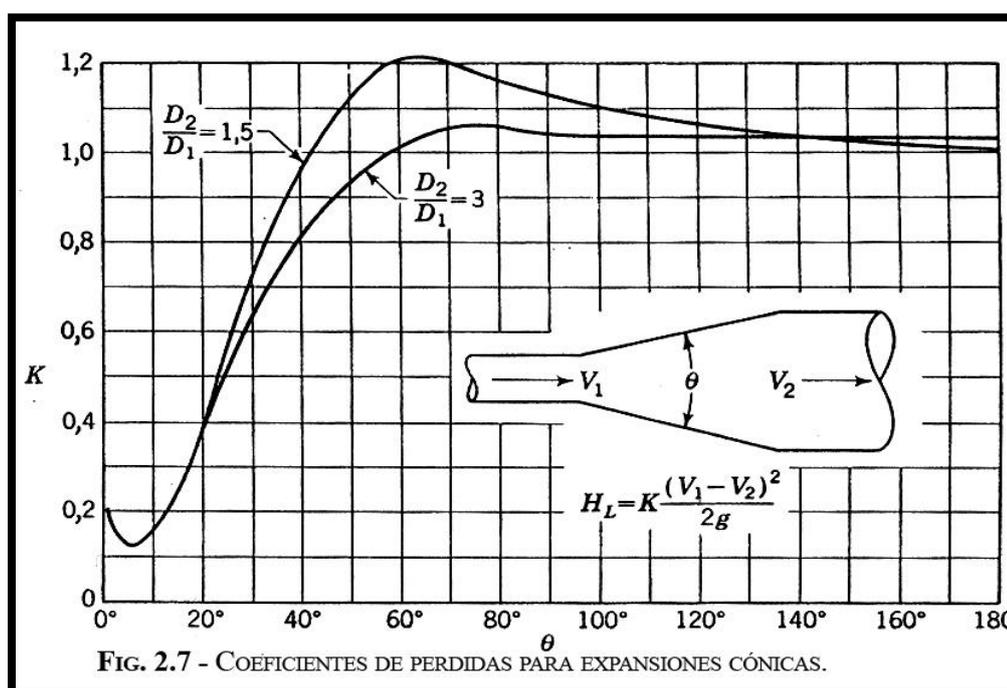
La pérdida de presión producida por una válvula o accesorio consisten en:

1. Caída de presión dentro de la válvula misma.
2. Caída de presión en el flujo arriba de la tubería en exceso, lo cual podría ocurrir si no hubiera una válvula en la línea. El efecto es pequeño.
3. Caída de presión en el flujo debajo de la tubería en exceso, lo cual podría ocurrir si no hubiera una válvula en la línea. El efecto es mayor.

Para todos los propósitos prácticos, se asume que la caída de presión o cabezal de pérdida debido al flujo de fluidos en

el rango turbulento a través de válvulas y accesorios varían como el cuadrado de la velocidad.

Información de el coeficiente K en las Fig. (2.7).



### 2.3. Diseño, Cálculo Hidráulico, Selección de Materiales y Accesorios

Una vez analizado los fundamentos teóricos de fluidos, y conocido todas las herramientas necesarias para aplicar en el cálculo hidráulico de los elementos que se utilizará para implantar un sistema de protección de riesgo contra incendio para una "Central

Térmica” de acuerdo al diseño que se efectuó en los apartados 1.3.2 y 1.3.3 para las áreas a proteger enunciadas en el apartado siguiente 2.3.1

Además es necesario recalcar que como para el diseño se utilizó las recomendaciones de las normas de la NFPA, que igualmente se utilizarán para los cálculos hidráulicos, selección de materiales y accesorios.

### **2.3.1. Selección y Ubicación de Áreas a Proteger**

Aplicando la experiencia y conocimiento de “Centrales Eléctricas Térmicas”, además de las recomendaciones de la NFPA en sus normas (22, 30, 37, 58, 110, 169,850); se ha procedido a seleccionar y ubicar las áreas de mayor riesgo en una central térmica, así como la aplicación de la protección necesaria para vencer cualquier brote de incendio. Ver Anexo tabla 5

### **2.3.2. Redes de Protección de Incendio Externas e Internas para Edificios y Otros**

En el diseño y cálculo hidráulico de las redes de protección contra incendio, se utiliza la teoría del flujo de líquido en este

caso agua, espuma-agua en tuberías y acoplamientos (codos, reducciones, uniones, válvulas, etc.)

Para cálculos hidráulicos se debe aplicar:

1. El Teorema de Bernoulli (teniendo en cuenta las pérdidas por fricción)
2. El axioma de que el área multiplicada por la velocidad media es igual para cualquier sección transversal, suponiendo que no existe descarga considerable por ramales o fugas.
3. Las pérdidas por presión causadas por fricción y turbulencias.
4. La densidad del líquido (la hidráulica de los servicios de extinción de incendios, con muy pocas excepciones, se basa en una densidad del agua dulce ordinaria de 62.4lbs/pies<sup>3</sup> o 1Kg/litro.
5. La viscosidad del líquido (debido a que en los sistemas de lucha contra incendios se emplea el agua normalmente, con excepción de algunas aplicaciones especiales, rara vez se necesita la consideración de la viscosidad del fluido).

Cuando el agua fluye por el interior de la tubería, casi siempre se produce una pérdida de presión entre 2 puntos, que teóricamente se debe a:

1. Fricción entre el agua en movimiento y las paredes de la tubería.
2. Fricción de las partículas de agua entre sí; incluyendo la producida por turbulencias cuando al corriente cambia de dirección o cuando sucede un rápido aumento o disminución de la velocidad, como los casos de cambios bruscos de diámetro de tubería. El cambio de velocidad produce cierta transformación de la presión de velocidad en presión normal (altura piezométrica) ó viceversa.

Como se conoce el flujo puede ser laminar o turbulento, y las pérdidas por fricción son mayores en flujo turbulento.

En tubería de diámetro y rugosidad determinados, el aumento de velocidad hace cambiar el flujo laminar a flujo inestable turbulento y después a turbulencia completa, esto es lo que se llama zona de transición.

En los sistemas contra incendio y distribución, el agua funciona en condiciones de régimen turbulento, las pérdidas

por fricción que se producen en las tuberías representan la mayor parte de las pérdidas de presión.

Las demás pérdidas se consideran normalmente en conjunto y se llaman pérdidas en acoplamientos.

Los datos experimentales han establecido que la resistencia friccionar es:

1. Independiente de la presión de la tubería.
2. Proporcional a la magnitud y al carácter de la superficie de fricción.
3. Variable según la velocidad del flujo (casi proporcional a la segunda potencia de la velocidad cuando las velocidades son superiores a la crítica, para velocidades inferiores a la crítica la resistencia varía dentro de la primera potencia.

### **2.3.3. Redes de Protección para Tanques de Almacenamiento de Combustibles, Aceites y Agua.**

Para el caso de tanques de almacenamientos de combustible se recomienda según la NFPA 16 “Instalación de Rociadores Agua Espuma”.

El diseño de la densidad de descarga debe estar de acuerdo con la norma de aplicación ocupacional para agua- espuma, pero en ningún caso menos que 0.16 gpm/pie<sup>2</sup>.

En algunos casos se usan espumas de alcohol resistente.

En todos los pasos la fabricación de la espuma concentrada y los equipos pueden ser consultados para ciertas limitaciones y recomendaciones en listas o pruebas de fuego específicos.

La solución de espuma debe ser diseñada para descarga por un período de 10 minutos (basado en la densidad) sobre el sistema del área total por inundación y sistema de pulverización Agua Espuma. Y sobre el área de diseño para tubería húmeda, tubería seca, y preacción de Sistema de Agua Espuma.

Las presiones de espuma líquido deben ser por lo menos igual a la mayor presión del agua.

Para tuberías húmedas, tubería seca y sistema agua espuma el área total debe ser  $\leq 5.000$  pies<sup>2</sup> (465 mt<sup>2</sup>).

Los sistemas de protección fijos deben analizarse para su instalación adecuada a fin de proteger los cojinetes, conducciones de aceite a presión, los filtros de aceite, los enfriadores, depósitos, etc.

Las salas de almacenamiento de aceite, los soportes estructurales del generador, almacenamiento de materiales químicos para diversos usos en el proceso de producción de energía eléctrica, deben recibir una seria consideración por parte de quien diseña.

Una medida de protección recomendada contra los riesgos de incendio del aceite, es situar la línea de alimentación de aceite a presión que alimentan a los generadores, en el interior de la conducción de retorno del drenaje y separar todo el conjunto lo más posible de las líneas de conducción de vapor de las partes calientes de las turbinas.

Otras formas de protección de las piezas que se recalientan durante el funcionamiento normal y que por quedar expuestas podrían ser puntos peligrosos; es que deben estar aisladas y el aislamiento a su vez recubierto por algún otro metal o materias resistente al aceite.

Piezas que no pueden ser aisladas totalmente: como válvulas de cierre, las partes del sótano que queda por debajo de la turbina, donde se sitúa el equipo de provisión de aceite deben estar protegidos por rociadores automáticos.

En el caso de conducciones de aceite que pasan por sitios tales como: regulador de velocidad, regulador de presión, manómetros, etc.; deben estar protegidos por boquillas direccionales de pulverización.

Equipos hidráulicos, reservorios, enfriadores y equipos llenos de aceite pueden prevenirse con rociadores automáticos o agua pulverizada.

Las toberas para rociadores o pulverizadores deben estar sobre los equipos que contienen aceite y 20 pies limitados en todas las direcciones. Una densidad de 0.25 gpm/pies<sup>2</sup> deben tener.

Deben usarse rociadores para alta temperatura 120°C - 140°C.

#### **2.3.4. Redes de Protección para Subestaciones Eléctricas de Voltaje.**

Los aparatos eléctricos y conmutadores se encierran en grandes armarios de acero, que en la práctica generalmente se sitúan al aire libre, de ahí que debe considerarse siempre la posibilidad del fallo o avería de todas y cada una de las piezas de los dispositivos interruptores y conmutadores, deben adaptarse medidas para reducir la magnitud y área de estas averías.

El personal, los aparatos principales y el resto de equipos deben estar en todo momento protegidos contra la posibilidad de contacto con los circuitos de alta tensión, el fuego y el agua, en caso de accidentes graves, pues en base a estas precauciones podría restablecerse el servicio con mínima demora.

La puesta a tierra de las plantas eléctricas es muy importante ya que algunas han experimentados daños extensos en condiciones peligrosas debido a su puesta a tierra inadecuada. Es esencial una puesta a tierra que no permita la elevación de la tensión durante circunstancias anormales.

### **2.3.5. Redes de Protección para Calderas, Turbinas, Motores y Generadores Eléctricos, etc.**

Debido a los muchísimos problemas que representa la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica de propiedad privada o pública, respecto a la prevención, protección y lucha contra incendio.

En las Plantas Eléctricas, grandes generadores producen casi toda la energía eléctrica que se emplea actualmente, estos generadores son movidos por turbinas de vapor o agua.

En razón de que las plantas eléctricas con turbina de vapor son las de mayor uso en la actualidad, los problemas de protección y lucha contra incendio también aumentan en los países que se usan estas centrales térmicas eléctricas.

En las plantas eléctricas han ocurrido incendios desastrosos causados por ignición del aceite que se emplea en los grandes generadores de turbina de vapor.

Los cojinetes del generador y la turbina se lubrican con aceite; así mismo se emplea aceite para producir la presión para impulsar el gobernador de la turbina y actuar como sellantes de estanquidad para impedir el escape de hidrogeno que se usa como refrigerante mediante un sistema aislado y a presión. Este hidrogeno de pureza 95% no presenta riesgos de incendio de explosión en el propio generador, si se mantiene este nivel de pureza.

En caso de que por algún motivo se produce escape de aceite que salpicara sobre las partes calientes de las turbinas o de los tubos conductores de vapor que funcionan a temperaturas superiores a 260°C la ignición se produce inmediatamente.

Los anillos de retención de los rotores de los grandes generadores a veces sufren fallas mecánicas como consecuencia de los cuales pueden salir varios cientos de kilos, que perforan la envuelta del generador rompiendo la conducción de aceite y haciendo que este se incendie.

En circunstancia como las anteriores en algunas ocasiones el escape de hidrogeno se ha mezclado con aire y ha producido explosiones.

De ahí que las normas Internacionales como la NFPA exigen el diseño, cálculo hidráulico y selección de materiales normalizados, a fin de prevenir y proteger estas Centrales Térmicas.

La primera línea de defensa está constituida por un número adecuado de extintores tipo carro y portátiles y suficiente mangueras equipadas con lanzas de agua pulverizadas.

Las calderas presentan riesgos o problemas especiales, debido a productos de la combustión.

En la combustión por gas, debido a su condición incolora, las fugas no suelen detectarse visualmente, o por el olfato; de allí que es importante un sistema de detección de fugas.

Por la propia naturaleza del combustible gaseoso es que se desvirtúan las proporciones de seguridad de la mezcla aire – combustible sin que el hecho se advierta de forma visible en los quemadores, en el hogar, en la chimenea, con el

consiguiente y rápido empeoramiento de las condiciones. El gas natural puede ser húmedo o seco, el primero contiene destilados cuyo arrastre así los quemadores puede dar lugar al apagado momentáneo de las llama y a la posible ignición posterior que acabe en explosión. Por eso se requiere una atención especial para el sistema realimentación de gas húmedo.

Riesgos de la combustión por fuel oíl, que es una mezcla compleja de hidrocarburos con diferentes pesos moleculares y de distintos puntos de ebullición y de congelación.

Al someterse a temperaturas bastantes altas, se descomponen parcialmente o se volatizan, creando así nuevos combustibles líquidos, gaseosos o sólidos con propiedades impredecibles. Mientras las propiedades del fuel oíl se regulan el proceso de refinó, dentro de ciertos límites, para cumplir las normas existentes, los de petróleo bruto varían considerablemente.

Los crudos contienen productos ligeros volátiles, como el butano, propano y pentano, que no se encuentran en el fuel

oíl y cuyo punto de inflamación oscilan entre  $-17^{\circ}\text{C}$  y más  $65^{\circ}\text{C}$ .

Los fuel oíl tienen calor de combustión volumétrico muy elevado, de modo que incluso las pequeñas fugas pueden provocar riesgos potenciales de incendio.

Cuando se emplee como combustible fuel oíl pesado (grado 4, 5, o 6) es necesario mantener su viscosidad al fluir así los quemadores dentro de unos límites adecuada para obtener la atomización aceptable.

La presencia de agua o lodo en los depósitos de almacenamiento o la disposición inadecuada de las tomas por succión puede dar lugar a interrupciones o pulsaciones peligrosas en la alimentación de combustible a los quemadores, con la consiguiente extinción de llama por la obstrucción de filtros o de las boquillas de los quemadores.

La mezcla de combustible de diferentes viscosidad o densidad, pueden ocasionar cambios significativos en la velocidad de llegada de los combustibles a los quemadores. La más mínima diferencia positiva de las dimensiones del orificio de las placas pulverizadoras o boquillas de los

quemadores, sea por defecto de fabricación o uso puede ocasionar una diferencia considerable en el caudal de combustible que reciben aquellos. Esto no solo afecta la eficiencia de la caldera, sino que cuando esta trabaja con muy poco exceso de aire, puede introducirse combustible en el hogar, con lo que existen condiciones de operación inseguras.

El funcionamiento exclusivamente rápido de una válvula de alimentación de combustible, de las válvulas de cierre de los quemadores o de la válvula de regulación del conducto de retorno de combustible desde el cabezal del quemador, puede ser causa de cambios rápidos en el caudal de combustible que pasa por los quemadores de servicio, y crear condiciones muy peligrosas.

El flujo regular de combustible hacia los distintos inyectores puede verse afectado por una altura inadecuada del quemador, por la distancia desde la válvula de regulación, por las dimensiones de tuberías, etc.; circunstancias todas que son muy peligrosas en los quemadores de baja presión.

La función del sistema de combustión, sea cual fuere el combustible que utilice, es la de convertir continuamente todo

el combustible con el que se alimenta el hogar en productos de combustión no reactivos a la misma velocidad que el aire y el combustible que entran en el hogar. En este sentido, es importante que tenga las dimensiones adecuadas para cumplir las exigencias respectivas, que sea compatible con los demás sistemas componentes de la caldera y que puedan regularse y gobernarse en toda la amplitud de su campo operativo.

El sistema de combustión consta de los siguientes subsistemas: alimentación de aire, alimentación de combustible, quemador principal, atomización para el fuel oíl, ignición, hogar y extracción de los productos de la combustión.

El sistema sirve para iniciar, mantener e interrumpir el funcionamiento del proceso de combustión con seguridad y sin riesgo.

En las calderas que queman fuel oíl o carbón es necesario soplado de hollín para mantener la máxima eficiencia térmica. Sin, embargo si esta operación no se realiza cuando la entrada de calor al hogar es lo suficientemente intensa para impedir la extinción de la llama, es posible que se

produzcan explosiones debido a la formación e ignición de nubes de polvo de hollín en el aire, y en el exterior de la caldera.

El objeto del sistema de seguridad de una caldera es el de proteger al personal responsable de lesiones y al equipo de posible daños y perjuicios, mediante la operación debida de la secuencia de funcionamiento o desconexión cuando se presenten condiciones de funcionamiento peligrosas.

Dentro de los límites prácticos, no se requiere ni se permite la intervención manual de ninguno de los dispositivos de seguridad para poner en marcha o manejar el equipo.

El sistema de alarma su función es el de llamar la atención del operario sobre una situación concreta determinada. Las alarmas sirven para indicar anomalías en el funcionamiento del equipo, situaciones peligrosas o errores en el manejo, y ante todo, para revelar la existencia de circunstancias anormales que puedan extrañar un peligro próximo o remoto. La mayor parte de las plantas de energía eléctrica de vapor constan de tres zonas principales: La caldera, el Turbo generador y los interruptores que antiguamente estaban situados en forma continua separadas por unas paredes

corta fuego. Actualmente están en un gran edificio abierto que aloja al turbo generador y sus aparatos de condensación a un lado y la sala de calderas en otro lado.

Con respecto a las paredes que soportan el techo del edificio de turbina en la parte exterior, si tienen resistencia de dos horas; tales paredes anti-fuego no necesitan ser de mayor espesor que las requeridas normalmente

#### **2.4. Selección de Materiales y Accesorios**

La selección de materiales y accesorios: como son tuberías, codos, te, reducciones, válvulas, bridas, etc.; que se emplearan en la construcción del Sistema Contra Incendio para una Central Térmica, se lo hizo en base a normas establecidas para garantizar su calidad, durabilidad y condiciones de trabajos.

Se empleó tuberías de acero al carbono soldadas y sin costuras, que cumplen con la norma ASTM A795.

Así como tuberías de acero al carbono soldadas y sin costuras, que cumplen con la norma ASTM A53.

Respecto a las uniones soldadas que se usó fueron las que se ajustaron a la norma AWS D109.

Las uniones roscadas utilizadas para diámetros menores de 3", cumplen con las normas ANSI/ASME B1. 201

También se utilizó en la construcción del sistema, uniones VICTAULIC normalizadas por la ULFM.

Las válvulas de compuertas, mariposas, cheques, angulares; también se utilizaron las normalizadas por la ULFM.

A continuación se representará los cuadros de materiales y sus características que se utilizó para la construcción del Sistema Contra Incendio de la Central Térmica.

**TABLA 6**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIOS CENTRAL TÉRMICA**  
**INSTALACIÓN DE RED EXTERIOR CON TOMAS DE 2 ½**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
	<b>Tuberías de acero al carbono sin costura</b>			
1	SCH # 10 Ø 12"	U.S.A	170.50	mts.
2	SCH # 10 Ø 10"	U.S.A	47.00	mts.
3	SCH # 10 Ø 8"	U.S.A	50.50	mts.
4	SCH # 40 Ø 6"	U.S.A	723.25	mts.

5	SCH # 40 Ø 4"	U.S.A	169.50	mts.
<b>Codos 90°, para soldar SCH # 40</b>				
6	Ø 12"	U.S.A	4	u.
7	Ø 10"	U.S.A	4	u.
8	Ø 6"	U.S.A	1	u.
9	Ø 4"	U.S.A	3	u.
10	Ø 2 ½"	U.S.A	6	u.
<b>Te para soldar</b>				
11	Ø 12"	U.S.A	2	u.
12	Ø 10"	U.S.A	2	u.
13	Ø 8"	U.S.A	1	u.
14	Ø 6"	U.S.A	7	u.
15	Ø 4"	U.S.A	2	u.
<b>Reducciones</b>				
16	12" x 10"	U.S.A	5	u.
17	12" x 8"	U.S.A	1	u.
18	12" x 6"	U.S.A	1	u.
19	12" x 4"	U.S.A	2	u.
20	10" x 8"	U.S.A	1	u.
21	8" x 4"	U.S.A	9	u.
22	6" x 4"	U.S.A	5	u.

23	10"x 4"	U.S.A	1	u.
24	6"x 2 1/2"	U.S.A	1	u.
<b>Pinturas</b>				
25	Rojo brillante	Ecuador	40	glns.
26	Anticorrosivo gris	Ecuador	20	glns.
<b>Materiales para tuberías enterradas</b>				
27	Cinta asfáltica	Ecuador	116	mts.
28	Zanja para enterrar tuberías	Ecuador	116	mts <sup>3</sup>
29	Relleno y compactación	Ecuador	116	mts <sup>3</sup>
30	Arena	Ecuador	46.4	mts <sup>3</sup>
<b>Soportes</b>				
31	Bloques de hormigón c/5mts.	Ecuador	160	u.
32	Bridas 8 huecos Ø 6"	U.S.A	15	u.
33	Bridas 8 huecos Ø 4"	U.S.A	132	u.
34	Bridas ciegas Ø 4"	U.S.A	6	u.
<b>Accesorios protección contra incendio UL</b>				
35	Siamesas 6" x 2" x 2 1/2"	U.S.A	1	u.
36	Cheque bridado	U.S.A	1	u.
37	Hidrante con base 4"	U.S.A	5	u.
38	Gabinetes de mangueras de 2 1/2" exterior	U.S.A	5	u.
39	Válvulas de compuerta Ø 12"	U.S.A	5	u.

40	Válvulas de compuerta Ø 8"	U.S.A	1	u.
41	Válvulas de compuerta Ø 4"	U.S.A	4	u.
42	Válvulas cheque Ø 12"	U.S.A	2	u.
43	Válvulas mariposa Ø 12" y Ø 4"	U.S.A	2	u.
44	Válvulas compuerta Ø 2 ½"	U.S.A	2	u.

**TABLA 7**

**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**

**SISTEMA CONTRA INCENDIOS CENTRAL TÉRMICA**

**ÁREA QUEMADORES CALDERA # 2**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
<b>A</b>	<b>Tubería de acero al carbono sin costura SCH # 40</b>			
1	Ø 4"	U.S.A	12	mts
2	Ø 3"	U.S.A	18	mts
3	Ø 2 ½"	U.S.A	12	mts
4	Ø 2"	U.S.A	12	mts
5	Ø 1 ½"	U.S.A	66	mts
<b>B</b>	<b>Accesorios de acero al carbono sin costura</b>			

	<b>Codos de 90°, para soldar SCH # 40</b>			
6	Ø 3"	U.S.A	2	u.
7	Ø 2"	U.S.A	1	u.
8	Ø 1 ½"	U.S.A	10	u.
	<b>Codos de 45°, para soldar SCH # 40</b>			
9	Ø 3"	U.S.A	4	u.
C	<b>Te para soldar SCH # 40</b>			
10	Ø 3"	U.S.A	1	u.
D	<b>Te roscable</b>			
	Ø 3"	U.S.A	3	u.
11	Ø 2 ½"	U.S.A	2	u.
12	Ø 2"	U.S.A	2	u.
13	Ø 1 ½"		6	u.
E	<b>Reducciones negras, para soldar SCH # 40</b>			
14	Ø 4" x 3"	U.S.A	1	u.
15	Ø 3" x 1 ½"	U.S.A	2	u.
16	Ø 2 ½" x 2"	U.S.A	2	u.
17	Ø 2 ½" x 1 ½"	U.S.A	6	u.

18	Ø 3" x 2 1/2"	U.S.A	2	u.
F	<b>Bushing negro para soldar</b> <b>SCH # 40</b>			
19	Ø 1 1/2" x 3/4"	U.S.A	16	u.
G	Rociadores bulbo color verde, rosca NPT 3/4" K= 8	U.S.A	16	u.
H	Válvula control bridada Ø 1 1/2"	U.S.A	2	u.
I	Soportes varios tipos	Ecuador	34	u.
J	Soldadura 6011- 1/8"	Ecuador	10	kgs.
K	Soldadura 7018 – 1/8"	Ecuador	10	kgs.

TABLA 7

**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIOS CENTRAL TÉRMICA**  
**ÁREA QUEMADORES CALDERA # 3**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
	<b>Tuberías de acero al carbono</b> <b>sin costura SCH #40</b>			
1	Ø 4"	U.S.A	42	mts.
2	Ø 3"	U.S.A	12	mts.

3	Ø 2 ½"	U.S.A	9	mts.
4	Ø 2"	U.S.A	9	mts.
5	Ø 1 ½"	U.S.A	36	mts.
6	Ø ¾"	U.S.A	6	mts.
	<b>Accesorios de acero al carbono sin costura</b>			
	<b>Codos de 90°, para soldar SCH # 40</b>			
6	Ø 4"	U.S.A	2	u.
7	Ø 3"	U.S.A	1	u.
8	Ø 1 ½"	U.S.A	14	u.
	<b>Codos de 45°, roscados</b>			
9	Ø 3"	U.S.A	4	u.
	<b>Te para soldar SCH # 40</b>			
10	Ø 6"	U.S.A	1	u.
11	Ø 4"	U.S.A	3	u.
12	Ø 1 ½"	U.S.A	5	u.
	<b>Te roscable</b>			
13	Ø 3"	U.S.A	3	u.
14	Ø 2 ½"	U.S.A	1	u.
15	Ø 2"	U.S.A	1	u.

16	Ø 1 ½"	U.S.A	5	u.
	<b>Te cruz roscable</b>			
17	Ø 3"	U.S.A	1	u.
18	Ø 2 ½"	U.S.A	1	u.
19	Ø 2"	U.S.A	1	u.
	<b>Reducciones negras, para soldar SCH #40</b>			
20	Ø 4" x 3"	U.S.A	2	u.
21	Ø 3 x 1 ½"	U.S.A	5	u.
22	Ø 2 ½" x 1 ½"	U.S.A	3	u.
23	Ø 2" x 1 ½"	U.S.A	3	u.
24	Ø 2 ½" x 2"		2	u.
25	Tapón roscado Ø 1 ½"	U.S.A	2	u.
26	Bushing Ø 1 ½" x ½"	U.S.A	16	u.
27	Válvula bridada de control Ø 4"	U.S.A	1	u.
28	Unión victaulic Ø 4"	U.S.A	2	u.

**TABLA 8**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**INSTALACIÓN DE ROCIADORES ABIERTOS**  
**RESERVORIO DE ACEITE A TURBINAS I - II**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
	<b>Tuberías de acero al carbono sin costura SCH # 40</b>			
1	Ø 4"	U.S.A	70	mts.
2	Ø 3"	U.S.A	12	mts.
3	Ø 2"	U.S.A	36	mts.
4	Ø 1 ½"	U.S.A	24	mts.
	<b>Accesorios de acero al carbono sin costura SCH # 40</b>			
	<b>Codos de 90°, para soldar SCH # 40</b>			
5	Ø 4"	U.S.A	5	u.
6	Ø 2"	U.S.A	8	u.
7	Ø 1 ½"	U.S.A	8	u.
	<b>Tes, para soldar SCH # 40</b>			
8	Ø 4"	U.S.A	1	u.
	<b>Tes, con rosca NPT</b>			

9	Ø 2"	U.S.A	14	u.
10	Ø 1 ½"	U.S.A	6	u.
	<b>Reducciones negras pera soldar SCH # 40</b>			
11	Ø 6" x 4"	U.S.A	6	u.
12	Ø 2" x ¾"	U.S.A	40	u.
13	Ø 1 ½" x ¾"	U.S.A	32	u.
	<b>Pinturas</b>			
14	Rojo brillante	Ecuador	8	glns.
15	Anticorrosivo gris	Ecuador	6	glns.
	<b>Soportes</b>			
16	Metálicos	Ecuador	8	u.
17	Bloques hormigón	Ecuador	2	u.
	<b>Bridas Ø 4"</b>	U.S.A	4	u.
	<b>Rociadores abiertos rosca NPT ¾"</b>	U.S.A	12	u.
	<b>Válvula de inundación con sensor Térmico</b>	U.S.A	1	u.

**TABLA 9**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**GABINETES DE 1 ½" EN EL EDIFICIO DE TURBINAS**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
	<b>Tuberías de acero al carbono sin costura SCH # 40</b>			
1	Ø 4"	U.S.A	90	mts.
	<b>Accesorios de acero al carbono sin costura</b>			
	<b>Codos de 90°, para soldar SCH # 40</b>			
2	Ø 4"	U.S.A	15	u.
	<b>Codos de 45°, para soldar SCH # 40</b>			
3	Ø 4"	U.S.A	4	u.
	<b>Tes, para soldar SCH # 40</b>			
4	Ø 6"	U.S.A	1	u.
5	Ø 4"	U.S.A	2	u.
	<b>Reducciones negras, para soldar SCH # 40</b>			
6	Ø 6" x 4"	U.S.A	2	u

	<b>Pinturas</b>			
7	Rojo brillante	Ecuador	4	glns.
8	Anticorrosivo gris	Ecuador	3	glns.
	<b>Soportes</b>			
9	Bloques de hormigón	Ecuador	4	u.
10	Metálicos	Ecuador	25	u.
	<b>Unión victaulic Ø 4"</b>	U.S.A	6	u.
	<b>Soldaduras</b>			
11	Soldadura 6018 – 1 /8"	Ecuador	20	u.
12	Soldadura 7018 -- 1/8"	Ecuador	20	u.

**TABLA 10**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIOS CENTRAL TÉRMICA**  
**INSTALACIÓN DE ROCIADORES ABIERTOS TRANSFORMADORES 1, 2 y 3**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
<b>Tuberías de acero al carbono sin costura</b>				
1	Ø 8"	U.S.A	21	mts.
2	Ø 6"	U.S.A	33	mts.
3	Ø 4"	U.S.A	28.5	mts.
4	Ø 3"	U.S.A	96	mts.
5	Ø 2 ½"	U.S.A	21	mts.
6	Ø 2"	U.S.A	96	mts.
7	Ø 1 ½"	U.S.A	18	mts.
8	Ø 1 ¼"	U.S.A	24	mts.
9	Ø 1"	U.S.A	48	mts.
<b>Accesorios de acero al carbono sin costura</b>				
<b>Codos de 90°, para soldar SCH # 40"</b>				
10	Ø 6"	U.S.A	5	u.
11	Ø 4"	U.S.A	15	u.
<b>Codos de 45°, con rosca NPT - SCH # 40"</b>				
12	Ø 3"	U.S.A	25	u.
13	Ø 2 ½"	U.S.A	12	u.
14	Ø 2"	U.S.A	64	u.

15	Ø 1 ½"	U.S.A	12	u.
16	Ø 1 ¼"	U.S.A	2	u.
17	Ø 1"	U.S.A	21	u.
<b>Reducciones negras</b>				
18	Ø 8" x 6"	U.S.A	3	u.
19	Ø 6" x 4"	U.S.A	16	u.
20	Ø 4" x 3"	U.S.A	5	u.
21	Ø 3" x 2 ½"	U.S.A	6	u.
22	Ø 3" x 1 ½"	U.S.A	20	u.
23	Ø 2 ½" x 2"	U.S.A	10	u.
24	Ø 2 ½" x ¾"	U.S.A	10	u.
25	Ø 2" x ¾"	U.S.A	156	u.
26	Ø 2" x 1 ½"	U.S.A	5	u.
27	Ø 1 ½" x 1 ¼"	U.S.A	16	u.
28	Ø 1 ½" x ¾"	U.S.A	5	u.
29	Ø ½" x 1"	U.S.A	2	u.
30	Ø 1 ¼" x 1"	U.S.A	20	u.
30	Ø 1 ¼" x ¾"	U.S.A	10	u.
31	Ø 2" x 1"	U.S.A	10	u.
32	Ø 1" x ¾"	U.S.A	156	u.
33	Ø 3" x 2"	U.S.A	5	u.
34	Ø 6" x 3"	U.S.A	16	u.
35	Ø 6" x 4"	U.S.A	5	u.

	<b>Pinturas</b>			
37	Rojo brillante	Ecuador	16	glns.
38	Anticorrosivo gris	Ecuador	5	glns.
	<b>Soportes varios</b>			
39	Metálicos	Ecuador	20	u.
40	Bloques de hormigón	Ecuador	10	u.
	<b>Bridas para soldar 150 psi SCH 40"</b> <b>Ø 4"</b>	U.S.A	10	u.
	<b>Rociadores abiertos, rosca 3/4" NPT</b> <b>K= 4.9</b>	U.S.A	156	u.
	<b>Válvulas de inundación con sensor</b> <b>térmico</b>	U.S.A	5	u.

**TABLA 11**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
1	Construcción de la sala de bomba	U.S.A		
2	Bomba horizontal 3000gpm/160 psi , eléctrica con tableros y accesorios.	U.S.A	1	u.
3	Bomba horizontal 3000gpm/160 psi, a diesel con tableros y accesorios.	U.S.A	1	u.
4	Bomba Jockey 12gpm; 200psi máximo eléctrica con tableros y accesorios.	U.S.A	1	u.
5	Tablero general de supervisión del Sistema.	U.S.A	1	u.

	Accesorios de protección contra Incendio.	U.S.A		u.
6	Válvulas de compuerta, eje ascendente Ø 12"	U.S.A	5	u.
7	Válvula cheque horizontal Ø 12"	U.S.A	5	u.
8	Tes de Ø 12"	U.S.A	5	u.
9	Codos de Ø 12"	U.S.A	5	u.
10	Bridas de Ø 12"	U.S.A	4	u.
11	Tuberías de acero SCH# 40, Ø 12"	U.S.A	32	mts.

**TABLA 12**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**EQUIPOS DE ESPUMA PARA EL TANQUE BUNKER # 1 A Y B**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
<b>Tuberías de acero al carbono sin costura</b>				
1	SCH # 40 Ø 8"	U.S.A	120	mts.
2	Ø 6"	U.S.A	44	mts.
3	Ø 4"	U.S.A	177	mts.
4	Ø 3"	U.S.A	280	mts.
5	Ø 2 ½"	U.S.A	6	mts.
<b>Accesorios de acero al carbono sin costura</b>				
	<b>Codos de 90°, para soldar</b> <b>SCH # 40</b>	U.S.A	6	u.
6	Ø 8"	U.S.A	6	u.
7	Ø 4"	U.S.A	9	u.
8	Ø 3"	U.S.A	5	u.
<b>Tés, para soldar SCH # 40</b>				
9	Ø 8"	U.S.A	1	u.
10	Ø 6"	U.S.A	2	u.
11	Ø 4"	U.S.A	1	u.

12	Ø 3"	U.S.A	2	u.
<b>Reducciones SCH #40</b>				
13	Ø 6" x 4"	U.S.A	2	u.
14	Ø 3" x 1 ½"	U.S.A	4	u.
<b>Pinturas</b>				
15	Rojo brillante	Ecuador	20	glns.
16	Anticorrosivo gris	Ecuador	16	glns.
<b>Materiales tuberías enterradas</b>				
17	Cinta asfáltica	Ecuador	26	mts <sup>3</sup> .
18	Zanja para enterrar tuberías	Ecuador	26	mts <sup>3</sup> .
19	Relleno y compactación	Ecuador	26	mts <sup>3</sup> .
20	Arena	Ecuador	11	mts <sup>3</sup> .
<b>Soportes</b>				
21	Bloques de hormigón cada 5 mts.	Ecuador	100	u.
22	Bridas para soldar Ø 8"	U.S.A	2	u.
23	Bridas para soldar Ø 4"	U.S.A	2	u.
<b>Accesorios de protección contra incendio</b>				

24	Tanque proporcionador de espuma	U.S.A	1	u.
25	Sustancia espumosa	U.S.A	1	u.
26	Cámara productora de espuma FC 400	U.S.A	3	u.
27	Deflector sólido FC 400	U.S.A	3	u.
28	Adaptador de montaje FC 400	U.S.A	3	u.
29	Proporcionador entre bridas	U.S.A	1	u.
30	Válvulas angulares de 1 ½"	U.S.A	4	u.
31	Válvula de compuerta de 4"	U.S.A	1	u.
32	Válvula de compuerta de 8"	U.S.A	1	u.

**TABLA 13**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**EQUIPOS DE ESPUMA PARA CONTROL TANQUES DIARIO # 2 Y # 3**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
<b>Tuberías de acero al carbono sin costura SCH # 40</b>				
1	Ø 4"	U.S.A	288	mts.
<b>Accesorios de acero al carbono SCH # 40</b>				
2	Codos de 90° para soldar de Ø 4"	U.S.A	25	u.
3	Tes para soldar SCH # 40"	U.S.A	3	u.
<b>Pinturas</b>				
4	Rojo brillante	Ecuador	16	glns.
5	Anticorrosivo gris	Ecuador	8	glns
6	Bridas para soldar	U.S.A	8	u.
<b>Materiales para tuberías enterradas</b>				
7	Cinta asfáltica	Ecuador	12	mts. <sup>3</sup>
8	Zanja para enterrar tubería	Ecuador	12	mts. <sup>3</sup>
9	Relleno y compactación	Ecuador	12	mts <sup>3</sup>
10	Arena	Ecuador	5	mts. <sup>3</sup>
<b>Soportes</b>				

11	Bloques de hormigón cada 5mts.	Ecuador	60	u.
<b>Accesorios de protección contra incendio UL</b>				
12	Cámaras productoras de espuma	U.S.A	4	u.
13	Deflector sólido FC 400	U.S.A	4	u.
14	Adaptador de montaje FC 400	U.S.A	4	u.
15	Válvulas de compuerta de Ø 4"	U.S.A	2	u.
16	Válvula de Ø 4"	U.S.A	1	u.

TABLA 14

## LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS

## SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA

## TANQUE METÁLICO DE 1400 METROS CÚBICOS PARA AGUA

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
1	Diseño del tanque	Ecuador	-----	
2	Estudio de suelo	Ecuador	-----	
3	Hincada de pilotes y construcción de la base	Ecuador	1	u.
4	Construcción de tanque metálico	Ecuador	1	u.
5	Pruebas	Ecuador	-----	
6	Fiscalización de obra	Ecuador	-----	

**TABLA 15**  
**LISTADO DE MATERIALES Y ACCESORIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**INSTALACIÓN DE ROCIADORES ABIERTOS TRANSFORMADORES**

Ítems	Descripción	Procedencia	Cantidad	Unidad
<b>Tuberías de acero al carbono sin costura</b>				
<b>SCH # 40</b>				
1	Ø 8"	U.S.A	21	mts.
2	Ø 6"	U.S.A	33	mts.
3	Ø 4"	U.S.A	28.5	mts.
4	Ø 3"	U.S.A	96	mts.
5	Ø 2 ½"	U.S.A	21	mts.
6	Ø 2"	U.S.A	96	mts.
7	Ø 1 ½"	U.S.A	18	mts.
8	Ø 1 ¼"	U.S.A	24	mts.
9	Ø 1"	U.S.A	48	mts.
<b>Accesorios de acero al carbono sin costura</b>				
<b>SCH # 40</b>				
	<b>Codos de 90°, para soldar</b>			
	<b>SCH # 40</b>			
10	Ø 6"	U.S.A	5	u.

11	Ø 4"	U.S.A	15	u.
<b>Codos de 45º, con rosca NPT</b>				
12	Ø 3"	U.S.A	25	u.
13	Ø 2 ½"	U.S.A	12	u.
14	Ø 2"	U.S.A	64	u.
15	Ø 1 ½"	U.S.A	12	u.
16	Ø 1 ¼"	U.S.A	2	u.
17	Ø 1"	U.S.A	21	u.
<b>Reducciones negras para soldar SCH #40</b>				
18	Ø 8" x 6"	U.S.A	3	u.
19	Ø 6" x 4"	U.S.A	3	u.
20	Ø 4" x 3"	U.S.A	6	u.
21	Ø 3" x 2 ½"	U.S.A	38	u.
22	Ø 3" x 1 ½"	U.S.A	36	u.
23	Ø 2 ½" x 2"	U.S.A	6	u.
24	Ø 2 ½" x ¾"	U.S.A	12	u.
25	Ø 2" x ¾"	U.S.A	3	u.
26	Ø 2" x 1 ½"	U.S.A	6	u.
27	Ø 1 ½" x 1 ¼"	U.S.A	6	u.
28	Ø 1 ½" x ¾"	U.S.A	48	u.
29	Ø 1 ½" x 1"	U.S.A	6	u.

30	Ø 1 ¼" x 1"	U.S.A	18	u.
31	Ø 1 ¼" x ¾"	U.S.A	13	u.
32	Ø 2" x 1"	U.S.A	7	u.
33	Ø 1" x ¾"	U.S.A	18	u.
34	Ø 3" x 2"	U.S.A	3	u.
35	Ø 6" x 3"	U.S.A	7	u.
	<b>Pintura</b>			
36	Rojo brillante	Ecuador	16	glns.
37	Anticorrosivo gris	Ecuador	5	glns.
<b>Soportes varios</b>				
38	Metálicos	Ecuador	20	u.
39	Bloques de hormigón	Ecuador	10	u.
	<b>Bridas para soldar 150 psi Ø 4"</b>	U.S.A	10	u.
	<b>Rociadores abiertos, rosca NPT ¾" , K= 4.9</b>	U.S.A	156	u.
	<b>Válvula de inundación con sensor térmico</b>	U.S.A	5	u.

# **CAPÍTULO 3**

## **3. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.**

Esta norma (NFPA 20) establece requisitos para el diseño y la instalación de estas bombas que pueden ser de una o más etapas, de eje horizontal o vertical, además de los motores y equipos asociados.

La norma (NFPA 20) alienta continuar con el record de excelencia que ha sido establecido para la instalación de bombas centrifugas y que cubre las necesidades de la tecnología en constante cambio.

### **3.1. Cálculos y Aplicación de Parámetros para la Selección de Bombas Contra Incendio**

Las bombas contra incendios se emplean frecuentemente para complementar la aportación de los sistemas de conducción

públicos, depósitos de gravedad, embalses, depósitos a presión u otras fuentes.

El uso de las bombas contra incendio ha evolucionado con el tiempo y por necesidad de modernos sistemas de protección como los rociadores automáticos, que exigen mayor suministro de agua. Es así que en el presente las bombas de incendio normal son centrífuga.

Su solidez, fiabilidad, fácil mantenimiento y características hidráulicas; así como la variedad de formas de accionamiento (motores eléctricos, turbinas de vapor y motores de combustión interna), han dejado postergada a otros tipos de bombas que existían antes. Las características destacables de las bombas centrífugas, verticales u horizontales son:

- La relación entre el caudal y la presión (altura de impulsión) a la velocidad constante en el sentido de que al aumentar la presión se reduce el caudal.
- Las bombas de desplazamiento pueden mantener su capacidad nominal a cualquier presión, si su potencia es adecuada para hacer funcionar la bomba a la velocidad nominal y si la bomba, los acoplamientos y las tuberías pueden soportar la presión.

- Generalmente se considera como tamaño de una bomba centrífuga horizontal al diámetro del orificio de descarga, a veces se indica el tamaño por los diámetros de las bridas de las tuberías tanto de salida como de aspiración.

El tamaño de las bombas verticales de turbinas es el diámetro de la columna de la bomba.

- Además se tiene que considerar potencia efectiva frente a descarga (potencia en caballos de vapor frente a galones por minuto).
- Rendimiento frente a descarga (potencia útil/potencia empleada frente a galones por minuto).
- Además en la selección de bombas existen otros parámetros como velocidad específica que es el índice para el tipo de bomba, el NPSH ó presión de aspiración positiva neta.
- La norma de la NFPA para bombas de incendio es la 20, además existen otras que ayudan a seleccionar en la mejor forma las bombas como: la NFPA 21 que se refiere a mantenimiento de bombas de vapor; la NFPA 24 para la protección exterior (redes exteriores de tuberías).

En este capítulo se hace referencia a la Norma NFPA 20 que se relaciona con la selección e instalación de bombas para suministro de agua para protección privada contra incendio.

El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra el fuego, para la vida y propiedades a través de requerimientos de instalación de bombas centrifugas contra incendio basados en principios de ingeniería, información de prueba y experiencia en campo.

### 3.1.1. Caudal

El caudal de un líquido a través de un orificio puede expresarse en función de la velocidad y de la superficie de la sección transversal de la corriente, siendo la relación básica.

$$Q = av \quad (3.1.1.a)$$

Si se conoce que:  $v = \sqrt{2gh}$

$$Q = a\sqrt{2gh}$$

Para d en pulgada y Q en galones/minuto

$$Q = 60 \times 7.48 \times \frac{\pi d^2}{4 \times 144} \sqrt{64.4h} \quad (3.1.1.b)$$

Además si  $h=2.31$  pies, el caudal Q en galones/minuto será:

$$Q = (448.8)(0.000546d^2)(12.2)\sqrt{P_V}$$

$$Q = 29.83d^2\sqrt{P_V} \quad (3.1.1.c)$$

En unidades métricas d en cm, P<sub>v</sub> en Kg. /cm, de donde Q en Litro/min, será:

$$Q = 66d^2\sqrt{P_V} \quad (3.1.1.d)$$

Si por medio de experimentos de laboratorio se ha demostrado que el: coeficiente de velocidad normalizado (C<sub>v</sub>) es 0.98 y (C<sub>v</sub>) para un tubo cilíndrico corto es igual a 0.82.

Un tubo acoplado a un orificio de su mismo diámetro y con longitud de 2½ veces al Ø del tubo, se llama tubo corto normalizado.

Para algunas bocas de salida diseñadas de modo que la superficie real de la sección transversal del chorro sea menor que la superficie del orificio, a esta diferencia es lo que se llama **coeficientes de contracción C<sub>c</sub>**, por lo tanto este varía de acuerdo al diseño y la calidad del orificio o boquilla.

En orificios con aristas vivas, el valor C<sub>c</sub> es aprox. 0.62

En la práctica  $C_v$  y  $C_c$  pueden cambiarse en un solo coeficiente de descarga ( $C_d$ ).

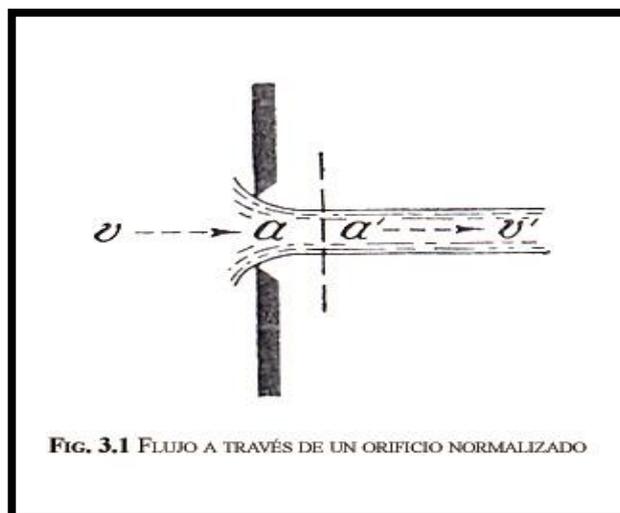
$$C_d = C_v C_c$$

$$Q = 29.83 C_d d^2 \sqrt{P_v} \text{ Glns /min. (3.1.1.e).}$$

$$Q = 66 C_d d^2 \sqrt{P_v} \text{ Litros/min. (3.1.1.f)}$$

Para caudal teórico  $C_d=1$

El caudal se mide por medio de contadores calibrados o recipientes tarados. La presión ( $P_v$ ) de velocidad se mide con un tubo de PITOT.



**FIG. 3.1** FLUJO A TRAVÉS DE UN ORIFICIO NORMALIZADO

El principio de Venturi tiene varias aplicaciones en la lucha contra el fuego. El tubo de Venturi es esencialmente una estrangulación o estrechamiento de una tubería. En la parte más estrecha la velocidad debe ser mayor que en el tubo principal y según el teorema de Bernoulli, la presión debe ser correspondientemente menor. El principio de Venturi, tal como se aplica al medidor de Venturi, para uso en la medición de caudales en tuberías cerradas a presión.

### 3.1.2. Cabezal o Presión Total

En cualquier punto de un sistema de tubería que contenga agua en movimiento existe una altura piezométrica  $h_p$  (presión normal), que actúa perpendicular a las paredes del tubo, independientemente de la velocidad y una altura de velocidad  $h_v$  (presión debida a la velocidad) que actúa paralelamente a la pared del tubo pero que no ejerce ninguna presión contra la misma.

De allí que el cabezal o presión total H es:

$$H = h_p + h_v$$

$$H = 0.433h_p + 0.433 \frac{V^2}{2g} \text{ (Lbs. /in}^2\text{)}$$

$$H = 0.1h_p + 0.1 \frac{V^2}{2g} \text{ (Kg /cm}^2\text{)}$$

Para una bomba la presión total o cabezal es la energía transmitida al líquido al pasar por la misma.

$$H = h_d + h_{vd} - h_s - h_{vs} \quad (3.1.2.a)$$

### 3.1.3. Velocidad Especifica ( $N_s$ )

La velocidad específica de una bomba centrífuga es igual al número de revoluciones por minuto de un rodete geoméricamente semejante, que descarga un galón por minuto ( $1m^3/seg$ ) con una altura total de un pies (1m).

La formula de la velocidad específica de una bomba centrífuga es:

$$N_s = \frac{\text{rpm} \times \text{gpm}^{1/2}}{H^{1/4}} \quad (3.1.3.a)$$

La velocidad específica ( $N_s$ ) es un índice para el tipo de bomba.

La experiencia demuestra que la velocidad específica es una guía útil para determinar la altura máxima de aspiración a la presión mínima de aspiración.

Los rodetes para altas presiones normalmente tienen velocidades específicas bajas, mientras que las de bajas presiones tienen velocidades específicas altas.

Cuando la altura de aspiración excede 15 pies (4.6m), pudiera ser necesario disponer de una bomba mayor pero de menor velocidad.

Cuando la altura de aspiración es baja existe presión positiva de aspiración, puede emplearse una bomba más pequeña pero de mayor velocidad.

#### **3.1.4. Presión de Aspiración Positiva Neta (NPSH).**

Es la presión que hace que el líquido fluya a través de la tubería de aspiración hacia el oído del rodete de la bomba.

La bomba por sí mismo no es capaz de elevar el agua y por ello la presión de aspiración depende de la naturaleza del abastecimiento.

Si la bomba toma agua de un nivel más bajo de su posición, la presión de aspiración es la atmosférica menos la altura de elevación de la bomba.

Si el nivel del agua estuviera por encima de la bomba, la presión de aspiración es la atmosférica más la presión estática.

La lectura de la presión en la brida de entrada a una bomba con elevación, son negativa respecto al manómetro, pero positivas cuando se refieren a la presión absoluta; de aquí resulta la expresión presión de aspiración positiva neta NPSH, (la presión absoluta es la del manómetro más la barométrica).

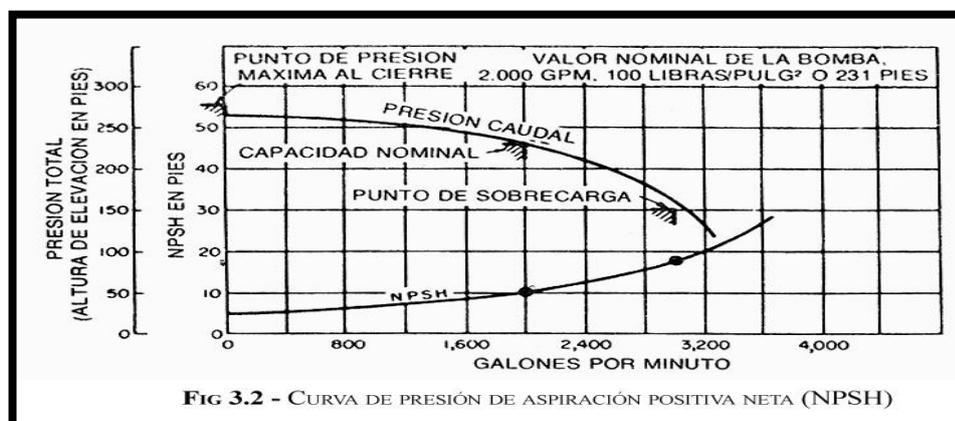
Cuando el agua está encima de la bomba:

$NPSH = \text{Presión atmosférica, en pies (m)} + \text{presión estática de aspiración en pies (m)} - \text{pérdidas de fricción en tuberías y accesorios, en pies (m)} - \text{presión de vapor del líquido en pies (m)}$ .

Cuando el nivel del agua está por debajo de la bomba:

$NPSH = \text{Presión atmosférica en pies (m)} - \text{altura estática en pies (m)} - \text{pérdidas de fricción en tuberías y accesorios, en pies (m)} - \text{presión de vapor del líquido, en pies (m)}$ .

Los fabricantes de bombas suministran con sus productos las curvas de NPSH frente a galones por minuto; ver Fig. (3.2)



En cualquier instalación de bombeo, el NPSH disponible en el sistema debe ser igual o mayor al NPSH de la bomba a las condiciones de funcionamiento deseadas.

SI el NPSH fuese mayor al NPSH del sistema, debe de modificarse el dispositivo de aspiración o disponer de una bomba de características más adaptadas a esas condiciones.

La Norma NFPA 20 recomienda que la altura total de aspiración (pérdidas por fricción y accesorios, más la altura estática) no debe exceder de 15 pies (4.6m) al nivel del mar, esta cifra debe reducirse en un pies por cada mil pies de altitud en el punto de instalación de la bomba (1m por cada 1000m de altitud).

### **3.1.5. Cavitación**

Este fenómeno complejo puede suceder en las bombas centrífugas o en cualquier otro equipo hidráulico. En las bombas centrífugas el flujo de líquido a través de la tubería de aspiración y su entrada al oído del rodete, origina que la velocidad aumente y la presión disminuya. Si la presión disminuye por debajo de la presión de vapor correspondiente a la temperatura del líquido, se forman burbujas de vapor. Cuando las burbujas de vapor contenidas en el líquido circundante llegan a una zona de mayor presión, se rompen produciendo un efecto como golpe de ariete

que causa ruido y vibración. Las pruebas han demostrado que bajo estas circunstancias, se pueden formar presiones instantáneas extremadamente altas que producen el picado de varias partes internas de la bomba y del rodete. La cavitación puede ser leve o grave, la leve no alcanza mucho ruido, pero la grave ocasiona reducción del rendimiento e incluso la avería de la bomba, si no se prevé medidas para eliminar la causa.

### 3.1.6 Leyes de Afinidad

Las relaciones matemáticas como presión o altura, caudal, potencia efectiva y diámetro del rodete se llaman “Leyes de afinidad”

- 1) Ley # 1 “Diámetro de rodete constante con variación de velocidad”

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} \quad \frac{H_{P1}}{H_{P2}} = \frac{N_1^3}{N_2^3}$$

- 2) Ley # 2 “Velocidad constante con variación en el diámetro del rodete”

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2} \quad \frac{H_{P1}}{H_{P2}} = \frac{D_1^3}{D_2^3}$$

Deben aplicarse las leyes de afinidad cuando se pretenda cambios en las instalaciones de una bomba de incendios que aumentarían la velocidad o incrementarían sustancialmente la presión del líquido aspirado.

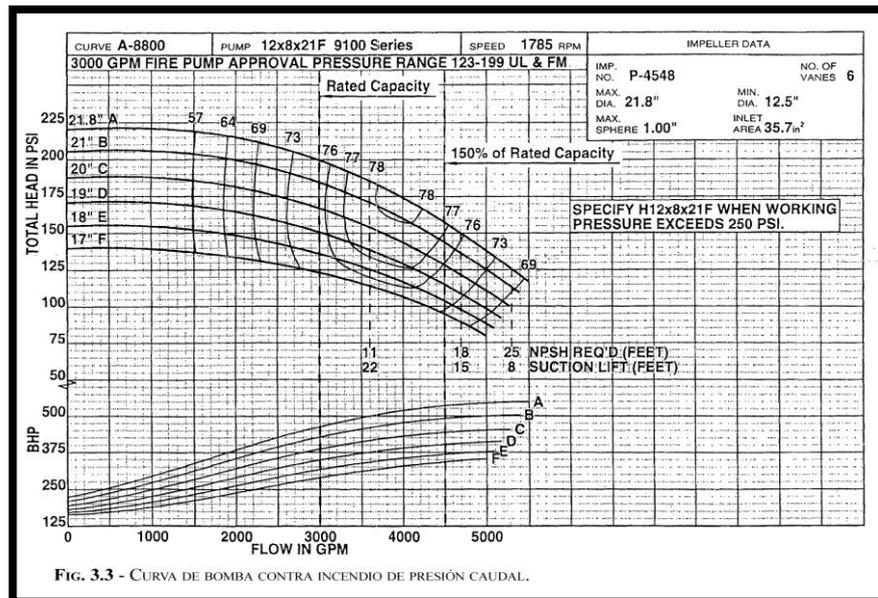
La mayor velocidad aumentaría la demanda de potencia y podría generar excesiva presión de descarga.

Cuando se trate de bombas que trabajen con altura de aspiración, los cambios posibles deben estudiarse cuidadosamente, ya que una velocidad mayor en la tubería de aspiración podría causar cavitaciones y alterar fundamentalmente la curva característica.

### **3.1.7. Capacidad, Presión Nominal y Potencia de las Bombas Contra Incendio**

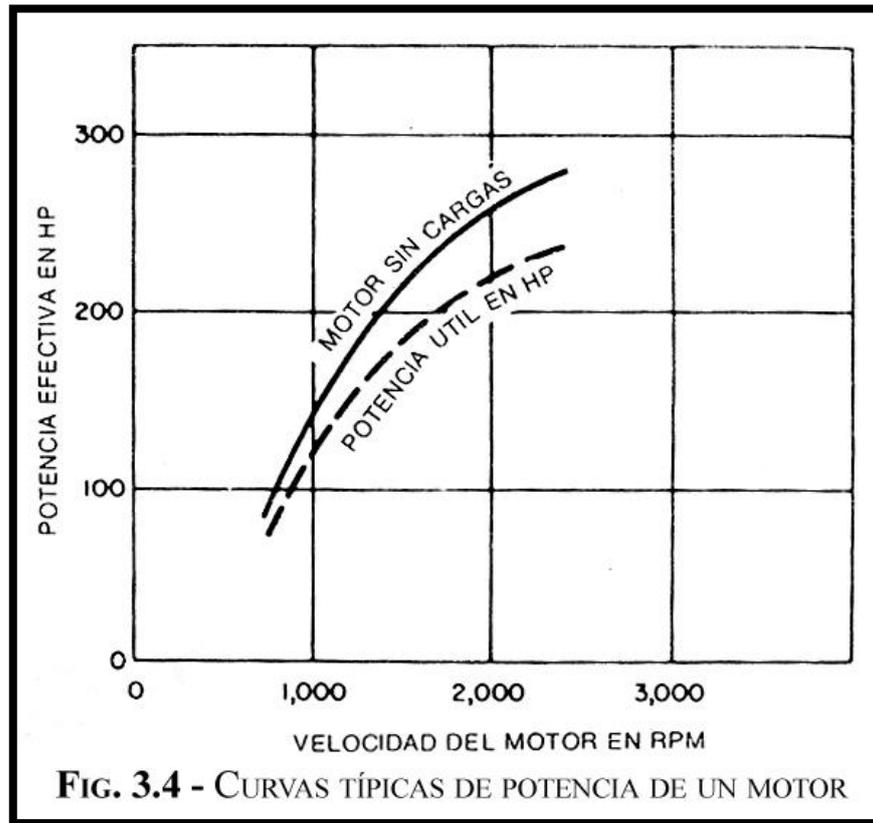
- La capacidad y presión nominal de las bombas contra incendios deben ser las adecuadas para satisfacer las demandas de caudal y presión correspondientes a la instalación en que se usaran.
- Las bombas contra incendio deben calcularse para ofrecer su capacidad nominal, incluyendo un factor de seguridad (150% de la capacidad nominal a por lo menos 65% de la

de la presión nominal) para proporcionar cierta protección en caso de que se presente una demanda superior a la prevista durante un incendio, ver curva



Antes de acoplar a la bomba un motor o medio impulsor, es necesario conocer la demanda máxima de potencia efectiva de la bomba a su velocidad nominal.

Esto puede, determinarse directamente a partir de la curva de potencia suministrada por el fabricante de la bomba “las bombas de incendio típicas alcanzan su máxima potencia efectiva entre 140% y 70% de su capacidad nominal”, ver curva Fig. (3.4).



La potencia se calcula de no haber curvas, por medio de la siguiente fórmula:

$$H_p = \frac{5.83QP}{10000E} \quad (3.1.7.a)$$

$$H_p = \frac{QP}{1710E} \quad (3.1.7.b)$$

$E = \text{Potencia Útil} / \text{Potencia Empleada}$

El rendimiento a la máxima potencia efectiva es del 60% al 75%.

En unidades métricas:

$$H_p = \frac{QP}{27E} \quad (3.1.7.c)$$

### **3.2 Selección de Bombas y Fuerzas Motriz**

Las bombas centrifugas contra incendio deberán ser certificadas para el servicio de protección contra incendio.

Las curvas de las pruebas certificadas del taller del proveedor que muestran la capacidad de carga y potencia al freno de la bomba, deberán ser proporcionada por el fabricante al comprador, que a su vez deberá proporcionar esta información a las autoridades competentes (Cuerpo de Bomberos).

La unidad que consta de una bomba, motor y un controlador deberá funcionar de acuerdo a la Norma NFPA 20 como una sola unidad completa cuando se instale; la unidad completa deberá ser probada en sitio en cuanto a su funcionamiento de acuerdo a esta norma.

#### **3.2.1 Selección de la Fuerza Motriz para Bombas Contra Incendio**

El motor debe estar dimensionado para tener la potencia suficiente para accionar la bomba y el tren del motor en todos los puntos del diseño.

El tipo de energía necesaria para accionar las bombas de incendios se escoge en base en su fiabilidad, adecuación, economía y seguridad.

La fiabilidad del suministro de energía eléctrica de la red pública puede juzgarse por medio de historial de interrupción del servicio, o mediante una revisión de las fuentes de abastecimiento y de la red de distribución del sistema.

Los motores de combustión interna tienen la ventaja de que no dependen de un suministro continuo exterior.

#### **3.2.1.1. Motores Eléctricos**

Los motores eléctricos para impulsar bombas de incendios no están específicamente aprobados o certificados. Pero se exige que estén fabricadas por empresas de confianza de acuerdo a la NEMA o CEMA.

El controlador para todo el equipo eléctrico y el cableado de una instalación para bombas de incendios debe cumplir con el National Electrical Code y con las excepciones y modificaciones establecidas por la Norma NFPA 70.

El fabricante de la bomba o el contratista que hace la instalación son responsables de proporcionar un motor de capacidad suficiente de modo que no se exponga a sobrecargas que excedan del límite del factor de servicio a la potencia máxima efectiva y a la velocidad nominal.

El factor de servicio es un valor numérico que depende del tipo de motor (abierto, protegido contra cuerpos extraños o totalmente cerrado) y de resistencia del aislante de las bobinas del motor al calor y a las descargas disruptivas.

Si el valor del factor de servicio excede de 1,0 debe estar impreso en la placa de identificación junto a la tensión y al amperaje a carga completa Ej. Un motor de 80 caballos con un factor de servicio de 1,15 puede soportar sin riesgo una demanda de  $80 \times 1,15 = 92$  caballos de potencia efectiva.

El factor de servicio también sirve para estimar la demanda máxima admisible de amperios. Por Ej. Con una clasificación a plena carga de 40 amperios y factor de servicio de 1.15; la lectura máxima del amperímetro no debe exceder de:

$$40 \times 1.15 = 46 \text{ amperios.}$$

Además para una tensión dada, la potencia es proporcional a la intensidad de corriente (amperios).

La velocidad del motor sin carga a la temperatura de trabajo no debe exceder más de un 10% de la velocidad a plena carga y a la temperatura de trabajo.

Los motores de corriente alterna más comúnmente empleados son los de tipo inducción en jaula de ardilla, para estos la caída de tensión no debe ser tan grande que impida el arranque del motor, es decir no más del 10% por debajo de la tensión normal en el momento de la puesta en marcha.

Cuando el motor está funcionando a los valores nominales de capacidad, presión y velocidad de la bomba, la tensión de la red no debe caer más del 5% por debajo de la indicada en la placa de identificación del motor.

Este tipo de motor debe tener un par máximo de arranque normal.

En donde la electricidad sea suministrada hacia las bombas contra incendio únicamente por medio de generación en sitio, como es el caso presente de una planta de generación eléctrica, esta debe estar ubicada y protegida para minimizar la posibilidad de daño por el fuego. De allí que existe otra posibilidad como es tener una bomba contra incendio

accionada por un motor a diesel para garantizar el riesgo de daño por el fuego de la propiedad.

En caso de provisión propia de energía en sitio, el sistema debe tener la capacidad suficiente para permitir el encendido y funcionamiento del motor al conducir las bombas contra incendio mientras usan la energía para otras cargas del sistema. En nuestro caso no existe problema alguno pues se trata de una planta con suficiente capacidad de energía eléctrica disponible.

Otra causa que se debe tener en cuenta es la caída de voltaje en las líneas terminales del controlador que no debe caer más del 5% por debajo de lo normal, bajo condiciones de encendido del motor, cuando está funcionando al 115% de la carga completa de corriente nominal del motor. Se debe cumplir la Norma 110 de la NFPA (Norma para sistemas de corriente de emergencia y Reserva Nivel 1, Tipo - 10 Clase X).

Debe existir la secuencia automática de las bombas contra incendio, deberá incorporarse al controlador para cada unidad de bombeo un aparato secuenciador por tiempo para prevenir que cualquiera de los motores arranque simultáneamente con algún otro. Cada bomba que suministre presión de succión a

otra bomba deberá disponerse para que arranque ante de la bomba a la que suministra.

Si los requerimientos de agua son mayores que los de una unidad de bombeo funcionando, las unidades deben arrancar con intervalos de 5 a 10 segundos. La falla de un motor guía no deberá impedir el encendido de las unidades de bombeo subsiguientes.

Todos los motores deben cumplir con NEMA MG-1

Motores y generadores deben estar marcados en cumplimiento con las normas del diseño NEMA B y deberán ser específicamente certificados para servicio de bomba contra incendio.

**TABLA 16**  
**CABALLOS DE FUERZA Y CORRIENTE FIJA DEL ROTOR DEL MOTOR.**  
**DESIGNACIÓN PARA MOTORES NEMA – DISEÑO B**

<b>Potencial Nominal</b>	<b>Corriente fija del rotor Trifásico 460 voltios (Amps.)</b>	<b>Designación del motor (NEC rotor fijo indicando la letra del código "F" para</b>
5	46	J
7 ½	64	H
10	81	H

15	116	G
25	183	G
30	217	G
40	290	G
50	362	G
60	435	G
75	543	G
100	725	G
125	908	G
150	1085	G
200	1450	G
250	1825	G
300	2200	G
350	2550	G
399	2900	G
450	3250	G
500	3625	G

Todos los motores deben estar nominados para servicio continuo.

Los motores para bombas de tipo ejes de turbinas vertical deberán ser del tipo a prueba de goteo o de inducción jaula de ardilla.

Los motores utilizados a altitudes mayores a 3300 pies (1000m) deberán funcionar y disminuir su capacidad nominal de acuerdo a la norma MG.1 de NEMA.

Deberá suministrarse un diagrama de conexiones para terminales del motor, para motores de puntas múltiples por parte del fabricante.

Los motores para uso de bombas contra incendios se clasifican midiendo la potencia desarrollada en funcionamiento con todos sus complementos y descontando una pequeña cantidad de desgaste.

Otros motores para bombas de incendio se clasifican en base a su potencia útil, que se calcula dividiendo la potencia bruta del motor por 1.20. Aproximadamente el 20% de la potencia bruta del motor se destina al funcionamiento de los complementos, reserva de potencia, desgaste y tolerancias de acuerdo al fabricante.

Las curvas de pruebas del fabricante del motor se basan en presiones normales barométricas al nivel del mar y a 60°F (15.5°C). La potencia útil de un motor para bomba de incendios debe reducirse, por cada 1000 pies de altitud en un 5% para motores a gasolina y un 3% para motores a diesel.

Un 1% por cada 10°F por encima de los 60° F.

Un 18% por cada 10°C en exceso de 15°C.

#### **3.2.1.2. Motores a Diesel**

La selección de un equipo de bombeo contra incendio conducido por un motor de combustión interna a diesel para cada situación deberá estar basada en una consideración cuidadosa de los siguientes factores:

- 1) Tipo de control de mayor confiabilidad.
- 2) Suministro de combustible.
- 3) Instalación eléctrica y mecánica.
- 4) Funcionamiento del encendido.
- 5) Funcionamiento del motor a diesel.

El motor diesel de ignición por compresión ha demostrado ser el más eficiente y confiable de los motores de combustión interna para conducir bombas contra incendios.

Los motores deberán estar certificados específicamente para servicio de bomba contra incendio por parte de un laboratorio de prueba.

Los motores deben estar nominados bajo condiciones de la Norma SAE de 29.61 pulgadas [752.1mm de Hg barómetro y 77° F (25° C)], temperatura de aire en la entrada (aprox. 300 pies, sobre el nivel del mar) por un laboratorio de pruebas.

Los motores deberán ser aceptables para nominaciones de caballos de fuerzas certificadas por el laboratorio de pruebas para condiciones de Norma SAE.

En caso especiales, los motores fuera del rango de potencia y de tipo certificado deberán tener una capacidad de caballo de fuerza donde estén equipados para servicios de conducción de bombas contra incendios, no menos del 10% mayor que la potencia al freno requerida por la bomba bajo condiciones de la Norma SAE para motores a diesel por cada 1000 pies (305m) de altura sobre 300 pies (91.4 m).

Considerar una deducción de 1% de la nominación de potencia del motor para corregir las condiciones de la Norma

SAE para motores a diesel por cada 10° F, por encima de 77° F (25° C) de temperatura ambiente.

Respecto a la conexión del motor a la bomba tipo horizontal por medio de un acoplamiento flexible o eje de conexión flexible deberá ser adherido directamente y certificado. Las bombas y motores, en tipo de bombas acopladas por separado deberán estar alineadas de acuerdo con las especificaciones del fabricante de la bombas y la norma para bombas centrifugas, rotatorias y reciprocantes del Instituto de Hidráulica.

a) En el caso de bombas de tipo eje de turbina vertical los motores deberán conectarse a las bombas de turbina vertical por medio de un conductor de engranaje de ángulo recto con un eje de conexión flexible certificado que prevenga la tensión inadecuada ya sea para el motor o para el conductor de engranaje, en este caso el requerimiento de potencia de la bomba deberá ser aumentado para permitir la pérdida de potencia en el engranaje del conductor.

### **3.2.2. Clases y Selección de Bombas Contra Incendio**

Las bombas contra incendios se emplean frecuentemente para complementar la aportación de los sistemas de conducción pública, depósitos de gravedad, depósitos a presión etc. No se recomienda su uso como único medio de suministrar agua a los sistemas privados de protección contra el fuego.

Después de haber pasado algunas innovaciones en los diferentes tipos de bombas contra incendio con el fin de mejorar su aplicación y garantizar su uso, se llegó a las bombas de incendio centrifugas que por su solidez, fiabilidad, fácil mantenimiento y características hidráulicas, así como por la variedad de formas de accionamiento (motores eléctricos, motores de combustión interna y turbinas de vapor) están dominando el campo de aplicación por el momento.

Una característica destacable de las bombas centrifugas, verticales u horizontales, es la relación del caudal y la presión (altura de impulsión) a la velocidad constante, en el sentido de que al aumentar la presión se reduce el caudal.

#### **3.2.2.1. Clases de Bombas**

Existen bombas de incendios verticales y horizontales de tipo aprobado, con capacidades nominales de hasta 4000 galones

por minuto ( $15\text{m}^3 / \text{min}$ ). Las presiones nominales varían desde 40 a 200 lbs./pulg.<sup>2</sup> (2.8 a 14 Kgs/m<sup>2</sup>) en las horizontales y entre 75 a 280 lbs./pulg.<sup>2</sup> (5.3 a 19 Kgs /cm<sup>2</sup>) en las bombas de turbinas verticales.

Existen bombas especiales para el servicio de incendio con capacidades de 150, 200,300 y 450 galones por minutos y con presiones entre 40 y 100 lbs./pulg.<sup>2</sup>

La capacidad de sobrecarga de estas bombas se reduce al 130%.

La Norma NFPA 20 es “Para instalación de Bombas de Incendio Centrifugas”

Los dos componentes principales de las bombas centrifugas son el disco llamado “impulsor o rodete” y la carcasa dentro de la que se guía. El principio del funcionamiento es la conversión de la energía cinética en energía de velocidad y de presión.

La energía del motor (eléctrico, combustión interna o de turbina de vapor) se trasmite directamente a la bomba por su eje haciendo rodar al rodete a gran velocidad.

Los pasos de conversión de energía varían según el tipo de bombas.

De flujo radial la presión se forma principalmente por la acción de la fuerza centrífuga. Normalmente el líquido entra en el rodete por el centro y fluye Radialmente hacia la periferia.

De flujo mixto la presión se forma parcialmente por la fuerza centrífuga y parcialmente por la elevación de las paletas sobre el líquido. El caudal entra axialmente y se descarga en dirección axial y radial.

De flujo axial o propulsor la mayor parte de la presión se forma por la acción de impulsión o de elevación de las paletas sobre el líquido. El caudal entra axialmente y se descarga casi axialmente.

#### **3.2.2.1.1. Centrifugas de Eje Horizontal.**

La bomba centrifuga con difusor de caracol, de doble aspiración y de una sola etapa, de eje horizontal es el tipo más comúnmente empleada por el servicio de protección de incendios. En estas bombas el flujo de agua tras entrar por el orificio de aspiración y pasar por el interior de la carcasa o caja se divide y entra por ambos lados del rodete a través de una abertura llamada oído de la bomba. La rotación del rodete

conduce el agua por fuerza centrífuga desde el oído hacia el borde y a través del caracol hasta la descarga.

La energía cinética adquirida por el agua en su paso a través del rodete se convierte en energía de presión por la reducción gradual de la velocidad en el interior del caracol.

Para obtener mayores presiones, pueden montarse dos o más rodetes, con sus respectivas cajas envueltas, unidos a un mismo eje como una sola unidad, formando una bomba de varias etapas. La descarga de la primera etapa es aspirada por la segunda, la descarga de la segunda por la tercera y así sucesivamente. La capacidad de la bomba es el caudal que puede mover una etapa, la presión es la suma de las presiones de cada una de las etapas, menos una pequeña pérdida de carga.

Se puede aumentar la presión de servicio de las bombas de una etapa aumentando el diámetro del rodete o su velocidad. Ambos métodos ofrecen ciertas desventajas, las bombas de gran diámetro pueden ser menos eficientes y las de alta velocidad no son fáciles de acoplar al motor.

Las bombas centrifugas de eje horizontal para control de incendios deben instalarse de forma que funcionen con presión de aspiración positiva, especialmente con arranque automático o manual a distancia.

Se recomienda que las bombas de incendio tomen el agua de depósitos cubiertos no subterráneos de agua potable.

El volumen de abastecimiento para toma de aspiración debe ser suficiente para alimentar a la bomba en régimen de sobrecarga durante el tiempo estimado de demanda de agua.

Las bombas de incendio que trabajan con altura de aspiración deben estar provistas de dos cebadores fiables e independientes. Las bombas no deben proporcionar agua hasta que no se haya extraído todo el aire, y los rodetes, cajas y tuberías de aspiración estén llenos de agua. Las bombas centrifugas de eje horizontal son particularmente adecuadas para elevar la presión de un suministro municipal o privado, desde un tanque de almacenamiento en donde exista carga estática positiva.

Un almacenamiento deberá ser suficiente para abastecer la demanda que se establezca por un periodo esperado y la carga

disponible desde un suministro de agua deberá ser calculada con base en el flujo del 150% de la capacidad nominal. Esta carga deberá ser la indicada por una prueba de flujo.

La presión neta de cierre (caudal cero) de la bomba más la presión máxima de succión estática ajustada por elevación, no deberá superar la presión para la cual han sido nominados los componentes del sistema.

Las bombas contra incendios tienen las siguientes capacidades nominales en gpm (litros\min) y deberán ser nominados a presiones netas de 40 pies (2.7 bar) o más. Fig. (3.5).

Para valores de más de 5000gpm [18925 litros\min] están sujetas a certificaciones por laboratorio, Norma NFPA 20.

Los elementos auxiliares para el funcionamiento completo de las bombas que suministran agua para la protección contra incendio y su provisión u omisión no deben nunca decidirse por razones de costo.

La Norma de la NFPA 20 da información detallada respecto a instalación de accesorios y complementos de bombas, veamos algunos:

- Un manómetro de presión con carátula no menor de 3½" (89mm) de diámetro, deberá ser conectado cerca de la descarga con una válvula reguladora de un ¼" (6.25mm). La carátula deberá indicar presión hasta no menos del doble de la presión de trabajo de la bomba y no menos de 200psi (13.8bar).
- Un manómetro compuesto de presión y vacío que tenga una carátula no inferior a 3½" (89mm) de diámetro, deberá conectarse a la tubería de succión cerca de la bomba con una válvula reguladora de ¼" (6.25mm). La carátula deberá leerse en pulgadas (mm) de mercurio (Hg) o libras/pulg². (bar), para el rango de succión este debe ser de presión dos veces superior a la presión máxima de presión nominal de la bomba, pero no menor de 100psi (7 bar).
- Cada bomba deberá tener una válvula de alivio automática certificada para contra incendio instalada y puesta debajo de la presión de cierre a la presión mínima de succión esperada. La válvula deberá instalarse en el fondo de la descarga de la bomba antes de la válvula de retención de descarga.

Se debe proveer flujo suficiente de agua para prevenir que la bomba se sobrecaliente cuando se opere sin descarga. La válvula de alivio de circulación no deberá estar puesta junto a la caja de empaque o a los drenes de borde para goteo.

Resulta un diseño pobre el sobredimensionar la bomba contra incendio y su motor, después de contar con la válvula de alivio de presión para liberar la presión en exceso. Una válvula de alivio de presión no es método aceptable de reducción de presión del sistema bajo condiciones nominales de funcionamiento y no deberá ser utilizada como tal.

Una bomba contra incendio deberá ser seleccionada en el rango de funcionamiento desde el 90% hasta el 150% de su capacidad nominal.

El funcionamiento de la bomba cuando se aplique a capacidades por encima del 140% de la capacidad nominal puede verse severamente afectada por las condiciones de succión. No se recomienda la aplicación de la bomba a capacidades menores al 90% de la capacidad nominal.

Con condición de succión apropiada, la bomba puede funcionar en cualquier punto en su curva característica desde el cierre hasta el 150% de su capacidad nominal.

El tamaño mínimo de la válvula de alivio automática es de  $\frac{3}{4}$ " (19 mm) para bombas con capacidad nominal que no sobrepasen los 2500gpm (9462 litros/min.) y 1" (25.4mm), para bombas con capacidad nominal de 3000 a 5000gpm (11355 a 18925 litros/min).

En donde la válvula de alivio haya sido conectada ante de la succión, deberá suministrarse una válvula de alivio.

Válvulas de mangueras se emplean de 2 $\frac{1}{2}$ " de tipo homologado para probar la bomba y para la lucha contra el fuego a base de chorros de extinción procedente de las mangueras. Las válvulas se montan a un cabezal o colector múltiple fuera del cuerpo de la bomba, o colocados de otra manera para evitar que la bomba, el motor y los mandos se vean afectados por el agua.

Válvulas automáticas de escape de aire son necesarias en la parte superior de la caja de las bombas con mando automático o a distancia. Es recomendable tener una salida de aire automática en todas las bombas que tienen la caja normalmente llena de agua.

- Válvulas de seguridad de circulación son necesarias en las bombas que se ponen en marcha automática o por

mandos a distancias su función es abrirse a presiones ligeramente superiores a los nominales cuando el caudal es nulo o pequeño, de modo que se descargue suficiente agua para impedir el recalentamiento de la bomba.

#### **3.2.2.1.2. Tipo Turbinas de Eje Vertical**

Las bombas verticales de tipo turbinas se empleaban originalmente para elevar agua de pozos profundos. Como bombas de incendios, se recomiendan para aquellos casos en que las bombas horizontales trabajarían con altura de aspiración.

Una característica valiosa de las bombas verticales es su capacidad de trabajar sin necesidad de cebado. Las bombas verticales pueden emplearse para bombear agua de arroyos, lagunas y pozos, etc.

No se recomienda para el servicio de incendio, la aspiración de agua de pozos, aunque es aceptable cuando la adecuación y fiabilidad del pozo y toda la instalación está hecho en conformidad con la Norma NFPA 20.

En muchos caso si el bombeo a la capacidad máxima fuera de más de 50pies (15m) por debajo del nivel de la superficie (200 pies es el límite máximo) o (61m).

Las bombas verticales de incendio típicas consisten esencialmente de un cabezal de motor con su engranaje de accionamiento en ángulo recto, un tubo vertical y un acoplamiento de descarga, un eje motor (que contiene los rodetes) y un filtro de aspiración. Ver Anexo Fig. (3.6)

Su operatividad es comparable a las bombas centrifugas horizontales de varias etapas, con excepción de la presión de cierre (a caudal cero), la curva característica es igual a la de las bombas horizontales.

Las bombas verticales tienen las mismas clasificaciones normalizadas de capacidad (caudal), que las horizontales.

Cambiando el número de etapas o el diámetro de los rodetes, el fabricante de la bomba puede ofrecer una presión total especifica a una velocidad dada.

Las bombas verticales no deberán suministrar menos del 150% de la capacidad nominal a una carga no inferior a 65% de la carga

total nominal. La carga total de cierre no deberá superar el 140% de la carga total nominal.

La carga de la bomba deberá ser del tipo por encima o debajo de la tierra. Deberá estar diseñada para soportar el motor, la bomba, la columna de ensamble, el empuje máximo hacia abajo y la tensión del tornillo del tubo de aceite o contenedor de empaque.

La columna de la bomba deberá instalarse por secciones que no sobrepasen una longitud nominal de 10 pies (3m), deberá conectarse por medio de acoplamiento de manga roscada o bridas. Los extremos de cada sección roscada de tubería deberán ponerse en paralelo y la construcción de los hilos debe ser tal que permita a los extremos embonar y formar una dirección precisa de la columna de la bomba. En caso de bridas estas deben estar maquinadas con exactitud a fin de tener éxito en el ensamble de la columna (paralelismo, ajuste con ranuras y apriete normalizado).

En donde el nivel estático de agua sobrepase los 50 pies (15m) debajo de la tierra, deberán utilizarse bombas lubricadas con aceite.

En caso de que la bomba sea del tipo eje en línea resguardada y lubricada con aceite, el tubo que resguarda el eje deberá instalarse

en secciones intercambiables de longitud no superior a los 10 pies (3m) de tubería extrafuerte .Deberá preverse un alimentador de aceite a la vista en un montaje apropiado con conexión al tubo del eje de la bomba lubricada con aceite.

La línea de eje de la bomba deberá dimensionarse de manera que la velocidad crítica deberá ir 25% por encima y por debajo de la velocidad de funcionamiento de la bomba.

La caja de la bomba deberá ser de hierro fundido refinado, bronce o cualquier otro material adecuado de acuerdo con el análisis químico del agua y la experiencia en el área que trabajará.

Deberá considerarse un filtro fundido o de fabricación pesada, un cono de metal resistente a la corrosión o un filtro del tipo canasta a la entrada de la succión de la bomba. El filtro de succión debe tener un área libre de por lo menos cuatro veces el área de las conexiones de succión y las aperturas deben estar dimensionadas para restringir el paso de esfera de 1/2" (12.7mm).

Para la instalación de las bombas tipo vertical según la Norma NFPA 20, se requieren los siguientes accesorios:

Válvula automática liberadora de aire de 1 1/2" (38mm) para eliminar el aire de la columna y la carga de descarga al arrancar la bomba.

Esta válvula también debe admitir aire en la columna para disipar el vacío al detenerse la bomba. Se la instala en el punto más alto en la línea de descarga entre la bomba contra incendio y la válvula de retención de la descargan.

Detector de nivel de agua en el caso de pozo, si es una línea aérea, esta deberá ser de latón, cobre o acero inoxidable de la serie 300. La línea de aire deberán ser amarradas a la tubería de columna en intervalos de 10 pies (3m).

Manómetro de presión en la descarga similar al que se usa en las bombas centrifugas.

Válvula de alivio y cono de descarga en caso de que se requiera, para caso en que la presión para la cual los componentes de la bomba fueron diseñados es menor que la presión nominal neta de cierre más la presión estática de succión máxima.

Cabezal de válvulas de mangueras.

Respecto a la cimentación, esta deberá ser construida sólidamente para soportar el peso entero de la bomba, motor y el agua que contenga. Los pernos de anclaje deben ser suministrados por el proveedor de acuerdo al sitio de la cimentación.

La cimentación deberá contar con área y fuerza suficiente, de manera que la carga por pulgada cuadrada de concreto no sobrepase las normas del diseño. La parte superior de la cimentación deberá estar inundada cuidadosamente, la carga de la bomba deberá plomearse sobre el pozo.

El motor debe estar construido de manera que el empuje de total de la bomba (que incluye el peso del eje, impulsores y empuje hidráulico) puede ser llevado en un soporte de empuje de amplia capacidad de manera que pueda tener una vida promedio de 5 años de funcionamiento continuo. Los motores deberán ser de tipo vertical de eje hueco o un motor de eje hueco vertical con engranaje de ángulo derecho con un motor diesel o con una turbina de vapor.

Relacionado al mantenimiento de estas bombas verticales deben seguirse las instrucciones del fabricante al hacer reparaciones, desmantelar y re ensamblar las mismas.

Cuando se presenten vibraciones excesivas, las causas pueden ser:

- 1) Bomba o columna de eje doblada.

- 2) Impulsores colocados inapropiadamente dentro de las cajas de las bombas.
- 3) La bomba no está colgando libremente en el pozo.
- 4) Existe un esfuerzo transmitido a través de la tubería de descarga.
- 5) Excesiva temperatura en el motor, que puede ser causada por el voltaje bajo de el servicio eléctrico o por la colocación inapropiada de los impulsores dentro de la caja de la bomba.

#### **3.2.2.2 Selección de Bombas**

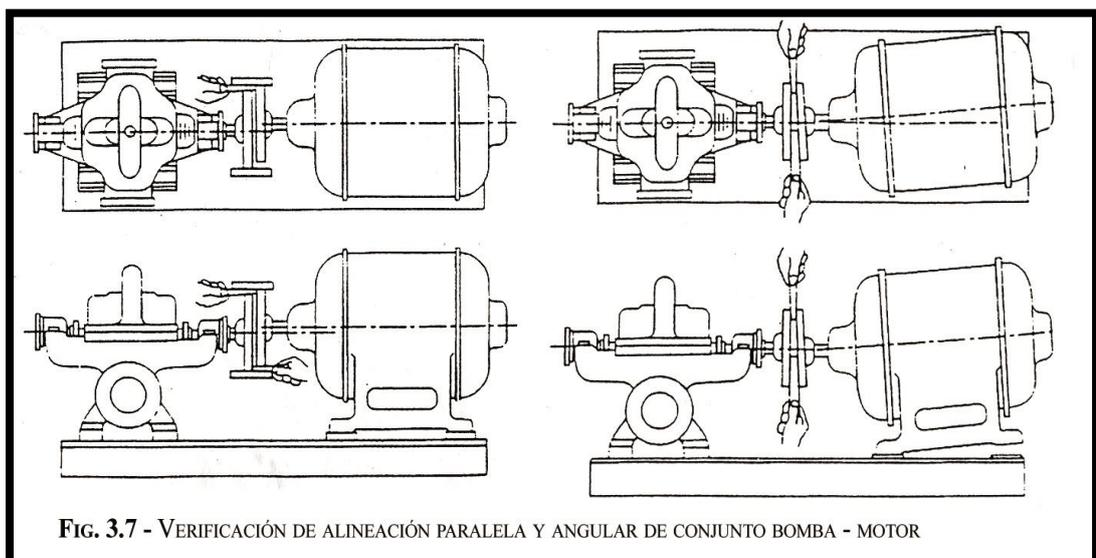
Una vez analizados los fundamentos teóricos y aplicando las recomendaciones de la Norma NFPA 20 sobre "bombas Estacionarias para Sistemas Contra Incendio", se va a enumerar una serie de consideraciones que sirven para seleccionar las bombas ha usarse en el control de riesgo contra incendio de una Planta de Generación Eléctrica.

Las bombas centrifugas sean eléctricas o a diesel, sirven para bombear desde un tanque de almacenamiento donde existe una carga estática positiva.

Las bombas certificadas pueden tener diferentes curvas de capacidad de carga para una nominación dada. La carga de cierre se nominará desde un mínimo (0%) hasta un máximo de 150% de la carga nominal, la carga se nominará para un mínimo de 65% hasta un máximo justo debajo de la carga nominal.

Los acoplamientos flexibles se utilizan para compensar los cambios de temperatura y para permitir el movimiento de los extremos de los ejes conectados sin interferir uno con otro.

Es importante verificar la alineación de la unidad al momento de su instalación para evitar: tensiones de las tuberías que distorsionen o muevan la unidad, desgaste de los rodamientos, movimiento de la estructura del edificio debido a cargas variables u otras causas.



**FIG. 3.7 - VERIFICACIÓN DE ALINEACIÓN PARALELA Y ANGULAR DE CONJUNTO BOMBA - MOTOR**

Una instalación de sistema contra incendio en una generadora de corriente eléctrica, se considera una instalación aceptable si se encuentran separadas en sus respectivos edificios, cuando se involucran grandes riesgos y la interrupción del servicio de bombeo contra incendio pueda afectar seriamente la protección, deberán suministrarse por lo menos dos circuitos separados desde la planta de energía hacia el cuarto de bomba.

Los circuitos deben correr por rutas separadas de tal manera que la falla en más de uno a la vez, sea únicamente una posibilidad remota.

Una fuente de energía confiable es aquella en que:

No existen interrupciones de corriente ocasionada por el hombre o condiciones ambientales.

Condiciones de servicios y alimentación, enterradas 2" bajo del concreto.

Como en este caso el servicio eléctrico es suministrado a las instalaciones de incendio a un voltaje mayor que el utilizado por las bombas, se requiere de un transformador por separado para suministrar corriente a las bombas contra incendio.

El dimensionamiento del conductor se basa en la NFPA 70, artículo 430.

Así mismo el transformador deberá ser seleccionado de acuerdo a la Norma NFPA 70 –Sección 695.5 (a).

El controlador y el interruptor de transferencia deben probarse en cuanto a su capacidad de soportar corriente y voltaje disponible en sus terminales de línea, según ANSI /UL 509 (norma para equipos de control de seguridad industrial ) y ANSI /UL1008 (norma para interruptores automáticos de transferencia de seguridad). Si el controlador y el interruptor de transferencia han sido afectados por una corriente de falla alta, es mejor desechar su uso, excepción que sean reparados según (NEMA –ICS2.2 mantenimiento de controlador para motores después de una condición de falla).

Tener cuidado con el tipo de servicio para conexión a tierra para establecer la nominación de interrupción del interruptor de corriente basados en el tipo de conexión a tierra utilizado.

Respecto a la alarma deberá incluir indicadores visibles locales y contactos para indicadores remotos. La lámpara piloto de alarma y señalización deberá tener un voltaje de funcionamiento menor

que el voltaje nominal de la lámpara. Deberá utilizarse una resistencia adecuada o un transformador de potencial para reducir el voltaje para accionar la lámpara.

Se recomienda una alarma de “falla para funcionar” de la bomba. A manera de supervisar la fuente de energía para el circuito de alarma, el controlador puede disponerse para arrancar cuando ocurre la falla en el circuito de energía de la alarma supervisada.

Referente a las tuberías de succión y accesorios sobre tierra estos deben ser de acero, en zonas de agua corrosiva la tubería debe ser galvanizada o pintada en su interior ante de usarla. La tubería de succión debe ser de tal dimensión que con la tubería funcionando a 150% de su capacidad nominal, la velocidad en esa sección de la tubería de succión se localice dentro de los 10 diámetros de tubería corriente por encima de la brida de succión de la bomba y que no sobrepase los 15 pies/sg.

En la tubería de succión deberá instalarse una válvula de compuerta certificada OS&Y, no deberá instalarse una válvula mariposa en la tubería de succión dentro de los 50 pies (16m) corrientes por encima de la brida de succión de la bomba.

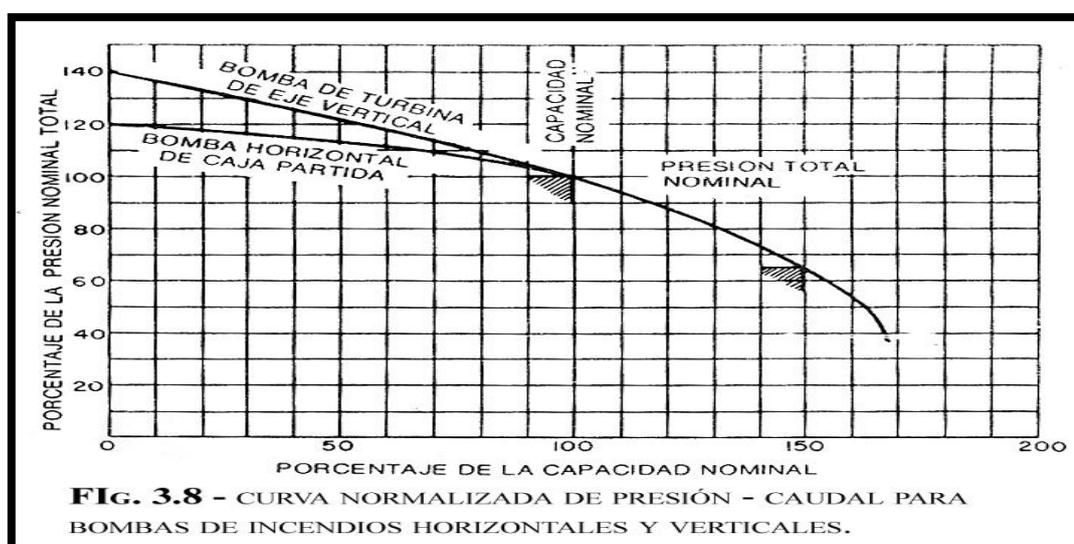
#### **3.2.2.2.1. Bomba Eléctrica Principal**

Las bombas de incendios de eje horizontal eléctrico deben instalarse de forma que funcionen con presión de aspiración positiva, especialmente con arranque automático o manual a distancia.

Con el fin de seleccionar la bomba eléctrica se debe proceder a obtener datos de cálculos hidráulicos, de acuerdo a disposición del sistema contra incendios como son:

- Cabezal (H), en pies (m).
- Caudal (Q), en gpm ( $m^3/sg$ ).
- Presión de aspiración positiva neta (NPSH), en pies (m).
- Potencia (HP), en Kw

Una curva característica de la bomba entregada por el proveedor, para confirmar los datos técnicos sobre la bomba.



**TABLA 17****CAPACIDAD NOMINALES DE LA BOMBA.**

Gpm - L/min.		Gpm - L/min		Gpm - L/min	
25	95	400	1514	2000	7570
50	185	450	1703	2500	9462
100	379	500	1892	3000	11355
150	568	750	2839	3500	13247
200	757	1000	3785	4000	15140
250	946	1250	4731	4500	17032
300	1136	1500	5677	5000	18925

Tabla 18 Ver Anexo.

A todo lo datos de cálculos hidráulicos obtenidos, se tiene que agregar todo lo relacionado con los controladores, alarmas, accesorios, equipos y reglamentación para su instalación y puesta en operación de la unidad de acuerdo a las diferentes normas referidas anteriormente, así como la experiencia del personal involucrado en los trabajos técnicos y de control.

### **3.2.2.2.2. Bomba a Diesel Auxiliar**

Con el fin de garantizar la protección contra el fuego de cualquier industria, mas en nuestro caso que se trata de una planta de generación eléctrica donde existe mucho riesgo, es necesario tener un equipo de bombeo auxiliar movido por un motor de combustión interna a diesel que sirva de apoyo y seguridad para el personal y los equipos de planta que proveen un servicio público de vital importancia como es la energía eléctrica.

Para seleccionar la bomba contra incendio a motor diesel se debe considerar:

- Respecto a la bomba todos los cálculos hidráulicos que se obtuvo en la selección de la bomba eléctrica, además de toda referencia al respecto de las normas que rigen para el efecto.
- Tipo control de mayor confiabilidad tanto para la bomba como el motor.
- Suministro de combustible óptimo para el funcionamiento del motor.
- Funcionamiento del encendido garantizado.
- Funcionamiento del motor de acuerdo a reglamentos locales e internacionales.

- Instalaciones eléctricas y mecánicas excelentes con personal capacitado al respecto.

Referente a la selección de la bomba en sí, el proceso es similar a la bomba con motor eléctrico, como el uso de reguladores de mando para operar automáticamente la bombas de incendios, disponer de unidades de alarma para indicar la pérdida de presión de aceite de los sistemas de lubricación, el aumento de temperatura del agua de refrigeración, el fallo de la puesta en marcha automática y la detención por exceso de velocidad. Puede montarse un cronometro programador semanal, este dispositivo puede adaptarse de modo que ponga en marcha la unidad automáticamente una vez por semana y la haga funcionar durante algunos minutos predeterminados.

Los reguladores de mando funcionan con corriente continua a baja tensión tomada de las baterías del motor ; cronometro programador, el cargador de la batería y otros dispositivos auxiliares, reciben la energía en forma de corriente alterna suministrada por la industria.

La bombas centrifugas horizontales sea eléctrica o a diesel con mandos automáticos deben funcionar siempre bajo presión para evitar la necesidad de cebarlas.

El motor debe estar provisto de interruptor de presión que activa la bomba cuando la presión del sistema de agua desciende debajo de un nivel preestablecido.

A no ser que la presión estática del suministro de agua normal sea mayor que la presión de arranque de la bomba, debe disponerse de una bomba para mantener la presión del sistema a un nivel más alto.

Es vital que el sistema de enfriamiento sea adecuado para que el funcionamiento de los motores de combustión interna sea eficaz y continuo. El caudal de agua para el enfriamiento está entre 15 a 230 gpm y a veces más.

Respecto al combustible este debe ser tal que tenga un reservorio para 8 horas, la capacidad del depósito de combustible puede calcularse estimando una pinta de combustible por HP por cada hora (CV por hora).

El tanque de suministro de combustible debe tener capacidad por lo menos igual a un galón por HP (5.07litro/KW), más 5% de volumen por expansión y 5 % de volumen por el sumidero. Pueden requerirse tanques de mayor capacidad y deberá determinarse por medio de las condiciones que prevalezcan,

calentamiento del combustible por recirculación, cada tanque debe tener conexiones relleno, drenaje y venteo.

La tubería de combustible, deberá ser mangueras flexibles resistentes a las llamas certificadas para este servicio en el motor. No deberá haber válvula de cierre en la línea de retorno de combustible al tanque.

El tipo y grado de combustible diesel deberá ser especificado por el fabricante del motor.

Todos los instrumentos del motor deben colocarse en un tablero adecuado, que este bien seguro.

Con relación al encendido los motores deben estar equipados con un aparato de encendido confiable, las baterías de buena calidad de acido de plomo en condiciones de carga seca con liquido de electrolito de un contenedor por separado, el alternador para recargar las baterías debe ser revisado periódicamente y certificado.

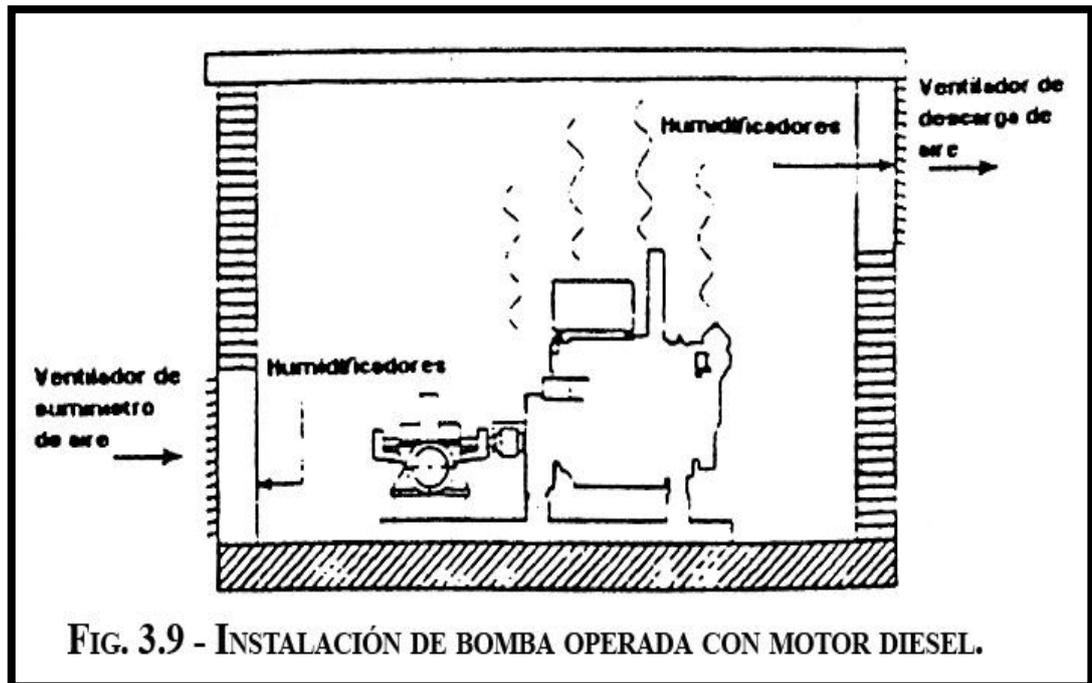
En lo que a ventilación se refiere es necesario que esta sea la más excelente a fin de garantizar calidad de aire limpio para la combustión, enfriamiento y ambiente de trabajo adecuado y sin peligro para la salud de las personas.

En cuanto al sistema de escape este debe ser entubado hacia un punto seguro fuera del cuarto de bomba y dispuesto para excluir agua. Los gases de escape no deberán ser descargados ha donde afecten a personas, ambientes o estructuras de los edificios, materiales combustibles.

Las tuberías de escape deberán instalarse con separaciones de por lo menos 9" (229mm) de los materiales combustibles.

Con el fin de cumplir con la Norma NFPA 70 articulo 250, los gabinetes tipo NEMA 2 que sirven para soportar la estructura tablero de control de los motores como (interruptores) deberán conectarse a tierra, respecto al alambrado entre el controlador y el motor a diesel deberán ser trenzados y diseñados para soportar las corrientes de control o carga de acuerdo a lo que dice el fabricante, así como seguir las especificaciones del controlador respecto a distancias y tamaño de cables.

El controlador para motores diesel de la bomba contra incendio debe ser de uso exclusivo, no agregar otros equipos. El diagrama eléctrico debe colocarse en el interior del gabinete, así como cualquier instrucción sobre el funcionamiento del controlador también debe adherirse al tablero.



**FIG. 3.9 - INSTALACIÓN DE BOMBA OPERADA CON MOTOR DIESEL.**

### 3.2.2.2.3 Bomba Jockey

Respecto a estas bombas a quienes también se las llama bombas sostenedoras de presión o de relleno por la función que ejecutan, tienen capacidades nominales no menores que cualquier rango de goteo. Deberán tener presión de descarga suficiente para mantener la presión deseada en el sistema de protección de incendio.

Deberá instalarse una válvula de retención en la tubería de descarga.

Instalar válvulas indicadoras tipo mariposa o compuerta en tanto lugares como se necesite, a fin de facilitar el mantenimiento de la bomba, válvula de retención y accesorios.

En donde una bomba de tipo centrifuga sostenedora de presión tenga una presión de cierre que sobrepase la nominación de presión de trabajo del equipo contra incendio, o donde se utilice una bomba con paletas de turbinas deberá instalarse una válvula de alivio dimensionada para prevenir la sobre presurización del sistema en la descarga de la bomba, para prevenir daño en el sistema de protección contra incendio.

No utilizar la bomba contra incendio primaria como una bomba sostenedora de presión.

Utilizar tubería de acero para las tuberías de succión y descarga de la bomba Jockey.

En donde se ubiquen las válvulas de retención y los aparatos previsores de retro flujo o ensamblajes en la tubería de succión, estos deberán ubicarse a un mínimo de 10 diámetros de tubería de la brida de succión de la bomba.

La instalación de la línea de medición de presión entre la válvula de retención de descarga y la válvula de control es necesaria

para facilitar el aislamiento del controlador de la bomba Jockey (línea de medición) para mantenimiento sin tener que drenar el sistema completamente.

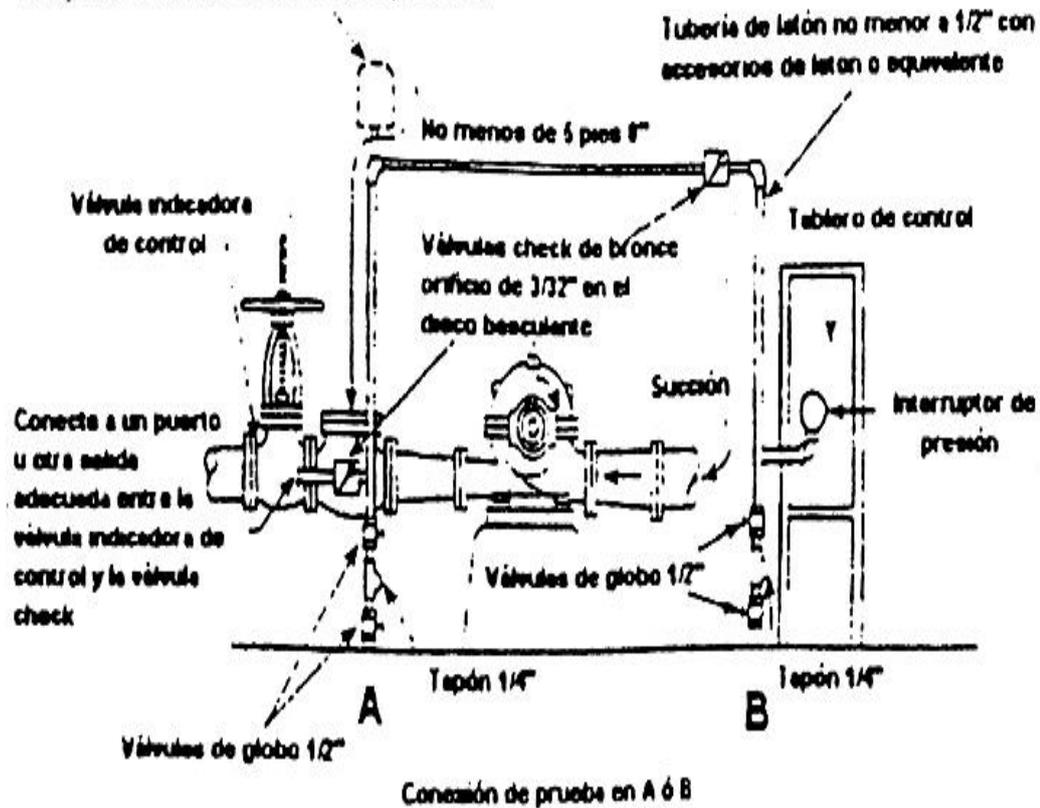
Una bomba Jockey generalmente se requiere para bombas controladas automáticamente.

La succión de la bomba Jockey puede venir de la línea de suministro del tanque de llenado. Esto podrá permitir que se mantenga una presión más alta del sistema de protección contra incendio aun cuando el tanque de suministro este vacío por reparaciones.

Las bombas Jockey o sostenedora de presión deberán utilizarse en donde se deseen mantener una presión uniforme o relativamente más alta en el sistema de protección contra incendio.

Una bomba Jockey debe rellenar el rango de goteo permisible dentro de 10 minutos o 1gpm (3.8 litros/min.) o más.

Si la pulsación del agua ocasiona operación errática en el interruptor de presión ó registrador necesitará otra cámara de aire complementaria ó humidificador de pulsación



Si el agua es limpia, pueden utilizarse uniones con diéfragma no corrosivos con orificios de 3/32" en vez de las válvulas check.

Para unidades SI, 1 pulgada = 25.4 mm; 1 pie = 8.3948 mm

FIG. 3.10 - CONEXIONES DE TUBERÍA PARA CADA INTERRUPTOR DE PRESIÓN AUTOMÁTICO (PARA BOMBA CONTRA INCENDIO Y JOCKEY).

### **3.3 Selección de Protecciones, Controles y Accesorios de Bombas Contra Incendio y Motores.**

En este ítem y de acuerdo con la Norma NFPA 20, se tratará de un grupo de aparatos que sirven para regular de manera predeterminada, el encendido, operación segura y eficiente así como el paro de la unidad de sistema contra incendio, además de monitorear y señalar el estado y condición del sistema mencionado.

Se conocerá los requerimientos de funcionamiento y pruebas mínimas para controladores e interruptores de transferencia para motores eléctricos conductores de las bombas contra incendio.

Las protecciones que deban instalarse en el control de equipo de bombas contra incendio son:

- a) Supresor de variación de voltaje según Norma ANSI/IEEE (62.1), debe instalarse de cada fase a tierra.
- b) Interruptor de aislamiento que deberá ser un interruptor para circuito de motor accionable manualmente o un interruptor de caja amoldable que tenga potencia nominal igual o mayor que la potencia del motor (el amperaje mínimo debe ser

115% de la nominación de carga completa de corriente del motor).

El interruptor de aislamiento debe ser accesible exteriormente y su manija debe tener un resorte de seguridad que deberá disponerse de tal forma que requiera el uso de otra mano para mantener el seguro desactivado para permitir la apertura o cierre del interruptor.

c) Interruptor de corriente (Medios de desconexión).

La ramificación de circuito del motor deberá estar protegida por un interruptor de corriente que deberá estar conectado directamente al lado de la carga del interruptor de aislamiento y deberá tener un polo por cada uno de los conductores de circuito que no están conectados a tierra. El interruptor de corriente tiene las siguientes características mecánicas:

Deben ser accionable externamente.

Deberá dispararse libremente de la manija.

Deberá colocarse en la parte exterior del gabinete del controlador una placa con la leyenda “Interruptor de Corriente - medio de desconexión”.

El interruptor de corriente debe tener las características eléctricas siguientes:

Una nominación de corriente continua no menor de 115% de la carga nominal completa de corriente del motor.

Elementos de medición de sobre corriente de tipo no térmico.

Capacidad para permitir encendido y funcionamiento de emergencia sin dispararse.

Protección instantánea de sobre corriente por corto circuito.

- d) Otro accesorio es el de: Protección fija del rotor por sobre corriente.

Este aparato debe ser instalado entre el interruptor de aislamiento y el motor de la bomba contra incendio, deberá localizarse dentro del controlador de la bomba contra incendio:

Para el caso de un motor de jaula de ardilla o rotor de devanado de inducción, este aparato deberá ser:

- e) De tipo retardo de tiempo que tenga un tiempo de disparo entre 8 y 20 segundos a corriente fija del rotor aproximadamente 600% de la carga nominal completa de corriente para un motor de jaula de ardilla y calibrado y puesto a un mínimo de 300% de la carga completa del motor.

Para motor de corriente directa el aparato deberá ser:

- Tipo instantáneo
  - Calibrado y puesto a un mínimo de 400% de la carga completa de corriente del motor.
  - Deberá tener medios visuales o marcas claramente indicadas en el aparato de que se ha puesto correctamente.
  - Deberá ser posible reiniciar el aparato para funcionamiento inmediato después del disparo, cuidando que las características del mismo se mantengan.
  - El disparo deberá lograrse al abrir el interruptor de corriente que deberá ser del tipo manual para reiniciarse externamente.
- f) Contactor del motor, deberá estar nominado para caballo de fuerza y deberá ser de tipo magnético con un contactor en cada conductor que no esté conectado a tierra.

Para accionamiento eléctrico de controles de voltaje reducido, deberá equiparse el motor con aceleración de

tiempo automático. El periodo de aceleración del motor no deberá superar 10 segundos.

La resistencia de encendido deberá estar diseñada para permitir una operación de encendido de 5 segundos cada 80 segundos por un periodo no inferior a 1 hora.

Los reactores de encendidos y auto transformadores deberán estar diseñados para permitir una operación de encendido de 15 segundos cada 240 segundos por un período no inferior a 1 hora.

No deberán instalarse sensores de bajo voltaje, pérdida de fase, sensores de frecuencia ni ningún otro accesorio que automáticamente o manualmente prohíba la actuación del controlador.

g) Aparatos de alarmas y señales en el controlador

- Indicador visible de corriente disponible para monitorear la disponibilidad de corriente eléctrica en todas las fases en las líneas terminales del controlador del motor.
- Inversión de fase de la fuente de corriente a las cuales están conectadas las líneas terminales del motor; deberán estar indicadas por un indicador visible.

En donde el cuarto de bomba este aislado sin control personal, se provee de alarmas auditables y visuales alimentadas por una fuente que no sobrepase 125 voltios en un punto que este constantemente atendido; estas alarmas son:

- a) Bomba o motor en funcionamiento.
- b) Pérdidas de fase de cualquiera de las líneas terminales del contactor del motor.
- c) Inversión de fases.
- d) Controlador conectado a una fuente alterna, este circuito de alarma indica cuando la fuente alterna esta suministrando corriente al controlador.
- h) Contactos abiertos o cerrados para controladores de alarmas de indicación remotas.
- i) Controlador automático afectado a si mismo para arrancar, funcionar y proteger el motor. Un controlador automático o deberá ser accionado por medio de un interruptor de presión o un interruptor sin presión. El controlador automático deberá ser accionado también como un controlador no automático.

El control de presión responsable de la presión de agua en el sistema contra incendio, deberá ser capaz de soportar una presión que surja momentáneamente de 400psi (27.6 bar), sin perder su exactitud; deberá tomarse las medidas necesarias para aliviar la presión hacia el interruptor de presión en el actuador y permitir la prueba de funcionamiento del controlador y la unidad de bombeo.

El control de presión de agua deberá ser:

Para todas las instalaciones de bombas (incluyendo las bombas Jockey), cada controlador deberá tener su línea de medición de presión individual.

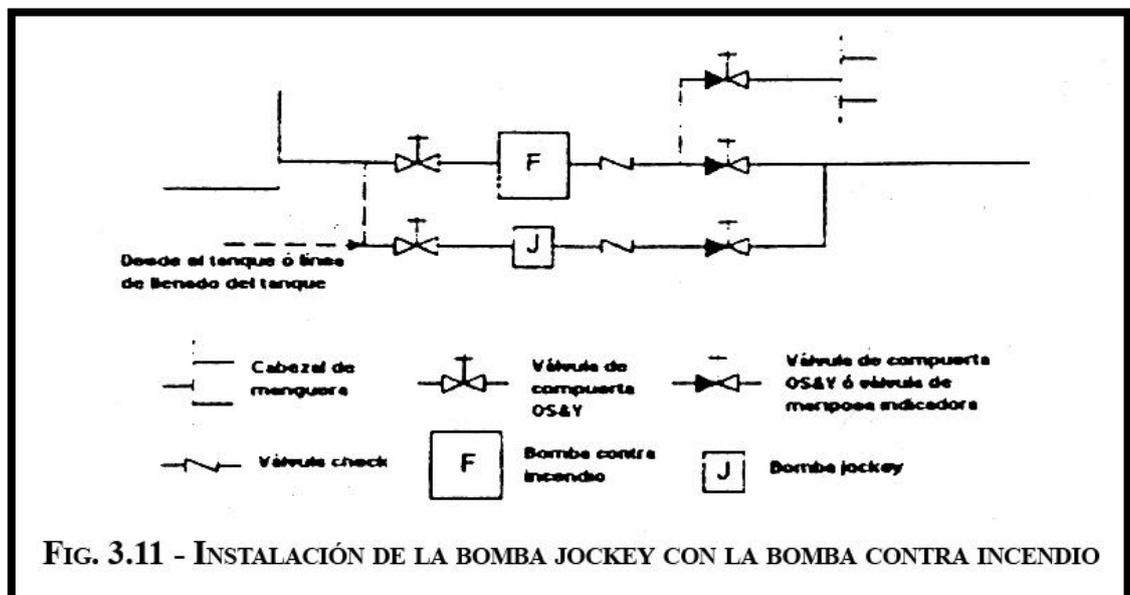
La conexión de la línea de medición para cada bomba (incluyendo la Jockey), deberá hacerse entre la válvula de retención en la descarga de la bomba y la válvula de control de descarga. Esta línea deberá ser de tubería de latón, cobre o acero inoxidable de la serie 300 y los accesorios deberán ser de  $\frac{1}{2}$ " (12.7mm) de tamaño nominal. Deberán instalarse dos válvulas de retención en la línea de medición de presión apartadas por lo menos 5

pies (1.5m) con una perforación de 3/32" (2.4mm) en el disco basculante para servir como humidificador.

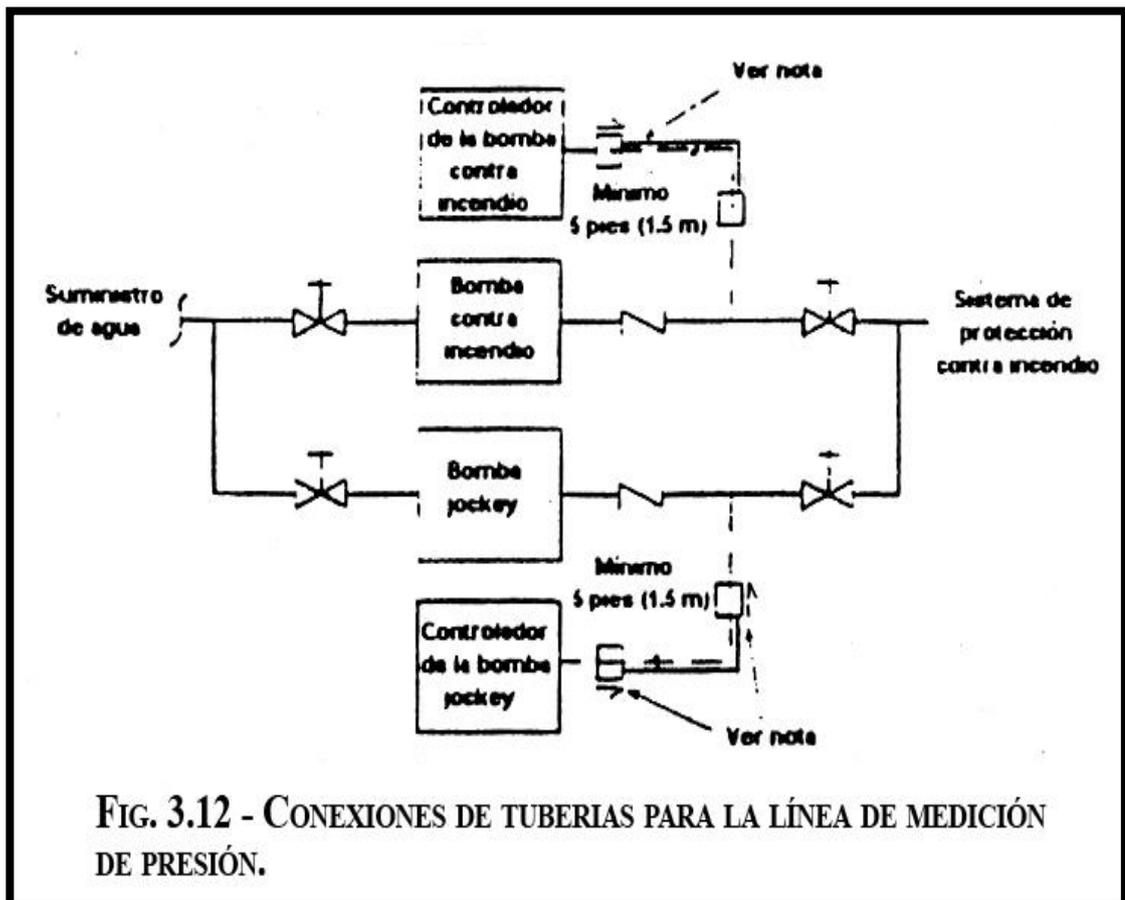
No deberá haber válvula de cierre en la línea de indicación de presión.

El interruptor de presión con actuador en la posición más baja de ajuste deberá iniciar la secuencia de encendido de la bomba (si es que la bomba todavía no está en funcionamiento).

Deberá instalarse un aparato registrador de presión para medir y registrar la presión de cada línea de medición de la presión del controlador de la bomba contra incendio en la entrada del controlador. El registrador deberá ser capaz



de funcionar por lo menos 7 días sin necesidad de ser reiniciado o retrocedido.



**FIG. 3.12 - CONEXIONES DE TUBERIAS PARA LA LÍNEA DE MEDICIÓN DE PRESIÓN.**

- j) El controlador automático con interruptor de no presión con actuador, estos deberán comenzar su secuencia de encendido al abrir automáticamente el contacto(s) remoto(s).

k) Control eléctrico manual en una estación remota, en donde estaciones adicionales de control que ocasionan un funcionamiento continuo no automático de la unidad de bombeo, independientemente del interruptor de presión con actuador sean suministrados en ubicaciones remotas del controlador, tales estaciones no deberán accionarse para parar el motor.

Encendido en secuencia de la bomba, si los requerimientos de agua son mayores que los de una unidad de bombeo funcionando, las unidades deberán arrancar con intervalos de 5 a 10 segundos. La falla de un motor no deberá impedir el encendido de las otras unidades de bombeo.

l) Circuitos externos conectados a los controladores, estos deberán disponerse de manera que cualquiera de los circuitos externos (corto circuito o circuito abierto) no deberán detener el funcionamiento de la bomba(s).

Todos los conductores de control dentro del cuarto de bombas contra incendio que no sean tolerantes a fallas, deben protegerse contra daño mecánicos.

- m) Control eléctrico manual en el controlador, deberá haber un interruptor accionado manualmente en el tablero de control dispuesto de tal manera que cuando el motor sea arrancado manualmente, su funcionamiento no se vea afectado por el interruptor de presión con actuador, a su vez que la unidad sea apagada manualmente.
- n) Control mecánico de funcionamiento de emergencia en el controlador.

Compuesto de una manija o elevador que hace funcionar continuamente no automáticamente al motor(es) independientemente de cualquier circuito de control eléctrico, magneto o aparatos equivalentes; esta manija deberá estar dispuesta para moverse en una dirección únicamente desde “apagado” hasta la posición final.

El arrancador del motor deberá regresar automáticamente a la posición de “apagado” en caso de que el accionado suelte la manija o elevador de encendido en cualquier posición que no sea la posición completa del arranque.

- o) El controlador deberá tener amperímetro y voltímetro para tomar lecturas respectivas en cada fase, tanto de corriente y de voltaje.

- p) Controladores de servicio limitado, que no son sino controladores automáticos para encendidos de devanados bipartidos de motores de jaula de ardilla de 30 HP o menos, 600 voltios o menos, en donde su uso sea aceptado por las autoridades competentes.
- q) Aparatos de transferencia de corriente para suministro de corriente alterna.

En donde un aparato de transferencia de corriente eléctrica es utilizado para selección de fuente de energía, tal interruptor deberá cumplir con las disposiciones de la Norma NFPA 70, NFPA 250, ANSI/IEEE C62.11

Todos los controladores deberán ser específicamente certificados para servicio de bomba contra incendio conducidas por motores eléctricos o diesel.

En el caso de bomba con motor eléctrico el controlador y el interruptor de transferencia deberán ser adecuados para la corriente de este circuito disponible en las líneas terminales del controlador y el interruptor de transferencia; se debe marcar y visualizar los amperios y voltios de corriente alterna. Además se marcan como "Controlador

de Bomba Contra Incendios Eléctrica”, se debe mostrar el nombre del fabricante, la identificación y la nominación eléctrica.

Los controladores deben colocarse cerca de los motores que controlan y protegerse que no sean dañados por el agua que escapa de las bombas o de las conexiones de las mismas. Las partes que llevan la corriente eléctrica a los controles deben estar mínimas a 12” (305mm) por encima del nivel del piso.

Los controladores y accesorios van montados en gabinetes que deben de cumplir con el NEMA TIPO 2, además estos gabinetes deben estar instalados a tierra según Norma NFPA 70.

Las conexiones y barras de distribución deben ser accesibles para el mantenimiento, dispuestos de tal forma que no se requiera la desconexión de los circuitos externos, Deben diseñarse las barras y accesorios del controlador para uso continuo.

Se debe tener pegados al gabinete diagramas eléctricos e instrucciones respecto al funcionamiento del controlador.

Debe marcarse los terminales del alambrado de acuerdo al diagrama eléctrico del fabricante.

Los accesorios, incluyendo monitoreo de alarmas y medios de señalización que sirven para asegurar el funcionamiento mínimo del grupo motor- bomba de incendio, según las normas respectivas.

Respecto al encendido y control del equipo contra incendio, se lo puede hacer:

Automáticamente en este caso debe accionar por si mismo para arrancar, funcionar y proteger el motor, esto lo hace por medio de un interruptor de presión o un interruptor sin presión.

Un controlador no automático deberá ser accionado por medios eléctricos manualmente iniciados o medios mecánicos inicialmente iniciados.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE SISTEMAS DE SPRINKLES EN CENTRALES DE GENERACIÓN.**

La Norma NFPA 13 provee los requerimientos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores de fuego automático y peligros de exposiciones. El propósito de esta norma es proveer de un grado razonable de protección por la vida y propiedades del fuego a través de la normalización del diseño, instalación y pruebas requeridas para sistemas de rociadores, incluyendo los principales sistemas de prevención de fuego en la propiedad privada; basados en principios de ingeniería, datos de pruebas y experiencia de campo. De allí que se requiere conocimiento y experiencia para diseñar e instalar.

La normalización se aplica a:

Características y adecuación del suministro de agua.

Selección de rociadores.

Accesorios.

Tuberías.

Válvulas.

Todos los materiales y logística.

Estas normas también se aplican “a servicios principales combinados” usados para conducir agua para servicios de fuego y otros usos o también solo para uso de sistemas de fuego.

Las unidades métricas de medidas de esta norma están de acuerdo a la modernización del sistema métrico conocido como el Sistema Internacional de Medida (SI).

**TABLA 19**

**MATERIALES DE LAS TUBERÍAS PARA SISTEMAS DE ROCIADORES.**

<b>Material y dimensiones</b>	<b>Norma Aplicada</b>
Tubería de hierro (soldado, y sin costura).	
Tubería de acero sin costura para uso ordinario.	
Especificaciones para recubrimiento con zinc por Inmersión en caliente (galvanizado) o acabado negro.	ASTM A120-72a
Especificaciones para tubería de acero soldado,	ASTM A53 – 72a

estirado y sin costuras.	
Tubería de acero y hierro forjado.	ANSI B36,10 -70
Tubería de cobre (estirado y sin costura).	
Especificaciones para tubos de cobre sin costuras.	ASTM B75 -72
Especificaciones para tubería de cobre para agua sin costura.	ASTM B88 – 72
Especificaciones para requisitos generales aplicables a tuberías de aleación de cobre y de cobre forjado sin costura.	ASTM 5.251 -71
Metal para bronce de soldadura (clasificación BCuP3 ó BCuP4).	AWSA 5.8 - 69
Metal fundente 95.5 (estaño- antimonio grado 95 TA)	ASTM B32 – 70

#### 4.1. Generalidad, Tipos y Clasificación de Redes de Sprinkles.

Las siguientes son las características de un sprinkle que define su habilidad para controlar o extinguir el fuego:

- a) Sensibilidad térmica una medida de la rapidez con la cual opera el elemento térmico instalado en un sprinkle específico.

Una medida de la sensibilidad térmica es el Índice (RTX) como medida bajo condiciones de tiempo de respuesta de

prueba normalizada. Los Sprinkles definen una repuesta rápida cuando tienen un elemento térmico con un RTI de  $50(\text{metros-segundos})^{1/2}$  o menos.

Los Sprinkles definen una repuesta normalizada cuando tienen un elemento térmico con un RTI  $(\sqrt{80 \frac{\text{mts}}{\text{sgs}}})$  o más.

- b) Razón de temperatura.
- c) Tamaño del orificio.
- d) Orientación de la instalación.
- e) Característica de la distribución de agua.
- f) Condiciones de servicios especiales.

Uno de los principales elementos de los sistemas de seguridad de las instalaciones industriales como las empresas eléctricas, es la extensa utilización de la protección por medio de rociadores automáticos, según la Norma NFPA 85. Creados esencialmente para la protección de la propiedad privada e industrial, los rociadores automáticos han sido también responsables en gran medida del excelente historial de seguridad personal en estas instalaciones.

Se dice que la descarga de los rociadores empapa a las personas presentes y ocasionan lesiones, lo cual no es real ya que según la NFPA en el record de incendio (100000) protegidos por rociadores, no existen accidentes personales por la gran medida del excelente historial

de seguridad personal de estas instalaciones. Es así que su uso ha crecido en gran escala, especialmente en edificios que ofrecen grandes peligros para las vidas humanas, por su gran poder para dominar la propagación del fuego.

La limitación de las dimensiones del fuego por la actuación de los rociadores proporciona un periodo de tiempo suficiente para la evacuación del personal en peligro. El grado y la extensión de la contribución de los rociadores automáticos a la seguridad de las instalaciones industriales solo podrá evaluarse en su totalidad si se comprende que las plantas industriales contienen una amplia variedad y gravedad de peligros de incendios, debido a los muy distintos procesos y productos que producen, así como las materias primas que utilizan; cada uno de los cuales presentan sus peligros peculiares.

Los rociadores automáticos son dispositivos que descargan agua automáticamente sobre el punto incendiado, en cantidades suficiente para extinguirlo totalmente e impedir su propagación, en el caso de que el agua aplicada no sea la adecuada o el fuego estuviera fuera del alcance por otro medio.

El agua llega a los rociadores a través de un sistema de tuberías, generalmente suspendidas y los rociadores están situados a intervalos a lo largo de ellas.

El orificio de los rociadores automáticos esta normalmente cerrado por un disco o caperuza, sostenido en su sitio por un elemento de disparo termo- sensible. Ver Anexo Fig. (4.1).

La protección por medio de rociadores ayudo al desarrollo de las prácticas industriales, comerciales y mercantiles modernas. Los grandes edificios, las grandes superficies, las actividades peligrosas, las altas concentraciones de calor o la gran cantidad de personas que trabajan dentro de un área de incendio determinada, etc., son factores que tienden a crear condiciones que serian intolerables si no existiera protección contra incendio fija y automática.

Los datos de la NFPA sobre incidencias de mortalidad por el fuego, demuestran que las pérdidas de vida en edificios industriales totalmente protegidos por rociadores automáticos son mínimas. Los rociadores automáticos son especialmente eficaces para la protección de la vida, porque al mismo tiempo que ataca al fuego, avisan de su existencia.

Aunque la fuerza descendiente del agua descargada por los rociadores suele reducir el nivel de humo dentro de un cuarto o local incendiado, los rociadores sirven también para enfriar el humo, lo cual permite a las personas permanecer en el espacio incendiado con menos riesgo y

durante más tiempo que si no existiera rociadores, con su funcionamiento por el contrario se evito la muerte de las personas.

Otro error que se dice es que los rociadores comienzan a descargar agua todos al mismo tiempo, lo que no es así, puesto que la mayor parte de los fuegos quedan dominados por la acción de unos pocos rociadores cercanos al foco del fuego.

Los recientes progresos de la industria de los rociadores han permitido la aparición de sistemas y aparatos de descarga de actuación cíclica que se ponen en marcha y se cierran automáticamente. Al producirse un incendio estos sistemas reaccionan ante el aumento de temperatura y descargan agua. Cuando la temperatura disminuye hasta un nivel predeterminado por haber sido dominado o extinguido el fuego, el sistema automáticamente interrumpe el paso de agua. Si volviese a repetirse el incendio, el sistema repite el ciclo. Esta activación o interrupción intermitente continúa hasta que el fuego queda totalmente extinguido o se desconecte el sistema.

**TABLA 20**  
**CLASIFICACIÓN NORMAL DE TEMPERATURA DE LOS**  
**ROCIADORES AUTOMÁTICOS.**

Clasificación	Temperatura de actuación	Color	Máxima
---------------	--------------------------	-------	--------

	<b>en °C (°F).</b>		<b>temperatura Del techo en °C (°F).</b>
Ordinaria	57 - 66 - 71 - 68 (135)-(150)-(160)-(165)	Sin color	37.8 (100).
Intermedia	79.5 - 100 (175) - (212)	Blanco	65.6 (150).
Alta	121 - 138 - 141 (250) - (280) - (286)	Azul	107 (225).
Extra Alta	163 - 171 - 177 - 182 (325) - (340) - (350) - (360)	Rojo	149 (300).
Muy Extra Alta	204 - 213 (400) - (415)	Verde	190 (375).
Muy Extra Alta	232 (450).	Naranja	218.3 (425).
Muy Extra Alta	260 (500).	Naranja	246 (475).

- Solamente tiene color de identificación de la clasificación de temperatura los brazos de la armadura.
- Los rociadores de 57°C (135°C) de algunos fabricantes son la mitad negra y la mitad sin color.

Los sistemas de rociadores automáticos normalmente están dotados de medios para dar automáticamente la alarma en caso que entren en acción; de este modo no solamente aplican el agua en el punto donde más se necesita, sino que además producen una señal acústica.

El agua descargada por un sistema de rociadores automáticos en funcionamiento, produce menos daño que los que produciría el agua de extinción lanzada a chorro con mangueras, la actuación de los rociadores no se ve impedida por el humo o el calor como puede suceder con el servicio de los bomberos.

Es muy raro que se produzca descargas accidentales del agua de un sistema de rociadores automáticos, o de otras partes de un sistema de agua para servicio de bomberos por defectos de los rociadores, de los dispositivos para regular el paso de agua, de las tuberías o del resto de las instalaciones.

Además de la protección contra la destrucción de los medios materiales y contra la paralización de la actividad industrial o mercantil, los ahorros que pueden lograrse en las primas de seguros hacen a menudo que la instalación de rociadores automáticos constituya una inversión rentable. Los descuentos que pueden lograrse en las primas de seguro, en muchos casos, pueden ser suficientes para amortizar en unos cuantos

años, la instalación de protección por medio de rociadores automáticos.

En todo caso no puede fijarse un valor material a la seguridad que estos sistemas ofrecen para la vida.

En las instalaciones normales de los rociadores automáticos, los fundamentos de protección mediante rociadores automáticos giran sobre el principio de la descarga automática del agua con densidad suficiente para controlar o extinguir los fuegos incipientes. Al planificar un sistema que cumpla con esta objetivo, deben considerarse muchos factores, que se agrupan en cuatro grandes categorías:

- El propio sistema de rociadores.
- La característica de la construcción de la industria o edificio.
- Los riesgos que plantea la actividad que se desarrolla en la industria, nuestro caso generación de electricidad.
- Los medios de abastecimiento de agua.

Cuando se consideran los problemas de abastecimiento de agua, el comportamiento de los rociadores, los sistemas de tubería seca o tubería húmeda u otras disposiciones especiales de la protección por medio de rociadores, la designación de sistemas se aplica a aquellos

rociadores que estén controlados por una sola válvula de abastecimiento de agua. Según esta definición las industrias grandes y edificios requieren varios sistemas de rociadores y un solo sistema de abastecimiento de agua puede alimentar a varios sistemas de rociadores.

La Norma de la NFPA 13 desde su inicio a la presente ha tenido una serie de cambios, innovaciones e incorporaciones con el fin de adaptarse a las necesidades actuales de la protección de vida y bienes del mundo actual.

En esta norma se trata de dimensionamiento de tuberías, de la separación entre rociadores, de los suministros de agua, técnicas constructivas, materiales de construcción, equipos y tipo de actividades, modelos nuevos de rociadores así como nuevos métodos de diseño y protección.

Las experiencias realizadas por pruebas laboratorios, han demostrado que la relación existente entre diferentes distancias y las distintas presiones del agua, las últimas gobiernan la densidad y el grado de atomización del agua pulverizada. Las pruebas han demostrado que es de dudosa utilidad aumentar la presión del agua para compensar las alturas excesivas. El agua finamente pulverizada que tenga que descender atravesando la fuerte corriente ascendente de un incendio,

es retardada por la velocidad ascendente de los gases del incendio, simultáneamente el tamaño de las gotas pulverizadas se reduce continuamente por evaporación.

Estas pruebas indicaron que la proporción de rociadores que se abren durante un fuego aumenta proporcionalmente con la altura del techo de la industria o edificio, suponiendo una densidad de descarga constante. Mayores cargas de fuego exigen, correspondientemente, mayores densidades de descarga de agua.

Las actividades a que se dedican los edificios industriales o mercantiles es un dato esencial para proyectar un sistema de rociadores, para protección contra riesgos intrínsecos que plantea el tipo de ocupación de que se trate. La “Norma para Rociadores” de la NFPA reconoce tres clases diferentes de actividades, desde el punto de vista de la evaluación de riesgo y estas son:

- **Riesgos ligeros** que incluyen las actividades donde la cantidad y combustibilidad de los materiales son bajas; los fuegos que se produzcan emitirán cantidades relativamente bajas de calor.
- **Riesgos ordinarios** que se divide en tres grupos por la cantidad de suministro de agua que se necesita para cada grupo es

diferente de acuerdo al grado de combustibilidad de los materiales y procesos que realizan.

- **Riesgos extras** en esta clase se incluyen sitios donde el riesgo de incendio es grave, ej.: los procesos de preparación de algodón, fabricas de explosivos, refinerías de petróleos, centrales eléctricas que manejan líquidos inflamables.

El fin principal de la selección de los puntos de emplazamiento y de las distancia entre los rociadores es garantizar que no quede ningún espacio carente de protección donde pueda declararse un incendio, por muy inesperado que sea. La norma de rociadores de la NFPA menciona una serie de puntos que necesitan disponer de rociadores, aunque algunas veces se dude de esta necesidad como son: cajas de escaleras o de ascensores, sótanos o espacios confinados, campanas de extracción de humos y conductos, etc.

La Norma de rociadores también estipula las distancias permisibles entre líneas de rociadores que deben aplicarse para determinar la superficie máxima que cada rociador tenga que proteger, al proyectar un sistema con una distribución de tuberías convencionales. No se establecen distancias exactas, se permite cierta libertad de acción según las distintas configuraciones de industrias y edificios; pero no

debe sobrepasarse la superficie máxima de cobertura permitida para cada rociador.

Los rociadores y las líneas no deben disponerse demasiado cerca. Si los rociadores se disponen a distancias inferiores a 1.80 m, se necesitara colocar pantallas para impedir que al activarse el rociador salpique a los adyacentes, demorando su activación.

Respecto a los tipos de sistemas de rociadores automáticos según la “Norma de los Rociadores” los principales son seis sistemas y son:

- **Sistemas de” tubería humedad”** en que los rociadores están acoplados a un sistema de tubería que contiene agua a presión en todo momento. Cuando se declara un incendio, los rociadores se activan separadamente mediante el calor, y el agua fluye a través de ellos inmediatamente. Esta clase de sistemas se emplea generalmente siempre que no exista peligro de heladas y no se den circunstancias especiales que requieran el empleo de alguno de los demás sistemas.
- **Sistemas de “tuberías secas normales”** los rociadores están acoplados a una tubería que contiene aire o nitrógeno a presión. Cuando el calor del fuego abre un rociador, se reduce la presión, se abre una” válvula de tubería seca” por la presión del agua y el agua fluye por todos los rociadores que se hayan abierto. Los

sistemas de tuberías seca se instalan solamente cuando sean impracticables los de tuberías mojada, como en locales o edificios que carecen de calefacción adecuada, los sistemas de tuberías seca deben convertirse en sistemas de tuberías humedad, cuando cese el impedimento para disponer de calefacción adecuada.

En cuanto a la eficiencia los sistemas de tuberías humedad son más efectivos, pero en sitios donde se utilizan los sistemas de tubería seca y su mantenimiento ha sido adecuado, su operación ha dado buenos resultado. Cuando la capacidad del sistema de tubería seca no sea superior a 3000 litros pueden controlarse por medio de una sola válvula, si el volumen es mayor a los 3000 litros, entonces el sistema debe ser capaz de enviar el agua al punto más alejado (tubo de inspección) en menos de 60 segundos.

Cuando se emplean dos o más válvulas de tubería seca en un edificio de varias plantas, los sistemas pueden subdividirse por plantas o por secciones verticales del edificio.

- **Sistemas de “acción previa”** son sistemas de tubería seca en los que el aire puede estar o no a presión. Cuando se declara un

incendio, un dispositivo detector suplementario, situado en la zona protegida, entra en acción, abriendo la válvula que permite el paso de agua hacia el sistema de tubería y su descarga a través de los rociadores automáticos que se hallan abiertos por el calor producido por el fuego.

Los sistemas de acción previa se destinan principalmente a la protección de instalaciones en que existe peligro de que el agua cause serios daños como resultado de fugas accidentales por daños de rociadores automáticos o rotura de alguna tubería. La principal diferencia de los sistemas de acción previa y los de tuberías seca normales, es que en los primeros la válvula de paso de agua actúa independientemente de la apertura de los rociadores, pues se abre por la actuación de un sistema de detectores automáticos y no por la fusión del sensor fusible del rociador. Esta válvula también se puede abrir manualmente.

Los sistemas de acción previa tienen algunas ventajas sobre los de tuberías seca:

- La válvula se abre antes porque los detectores de incendio tienen menor tarado térmico que los rociadores.
- La detección también hace sonar automáticamente la alarma.

- Disminuye los daños causados por el fuego y el agua, porque agua llega al fuego antes y se da la alarma en el momento que se abre la válvula.
- Como la tubería de los rociadores esta normalmente seca, los sistemas de acción previa no se congelan y son aplicables a los servicios de tubería seca.
- La introducción de supervisión automática para mantener automáticamente una presión de aire muy baja dentro de la tubería, velocidad de suministro de aire se mantiene muy baja de modo que en caso de que haya pérdida, la presión de aire supervisor descienda y produzca una señal de aviso sin disparar la válvula de control de agua. Cuando se emplea un sistema neumático de detección de fuego, se puede mantener la presión de aire supervisor en el sistema de detección a través de una válvula independiente de control de la presión y del caudal.

Una rápida reducción de esta presión debido a una fuga de aire producirá el disparo de la válvula de mando de los rociadores y, en efecto se convierte el sistema de acción previa en un sistema mojado, mientras al mismo tiempo da la señal de activación normal.

Respecto a los sistemas de tuberías y separación de rociadores se cumplen las normas de la NFPA, sin embargo las válvulas de acción previa no pueden controlar más de 1000 rociadores automáticos.

- **Sistema de “diluvio”** estos sistemas son similares a los de acción previa, excepto que todos los rociadores están constantemente abiertos. Cuando el calor del fuego activa el detector, el agua fluye hacia los rociadores y se descarga a través de todos ellos produciendo diluvio o inundación total en la zona protegida.

Empleando mandos termostáticos sensibles que funcionan según el principio de temperatura fija o de velocidad, de incremento de la temperatura, o controles diseñados para riesgos específicos, es posible aplicar agua a un incendio a mayor velocidad que con los sistemas cuyo funcionamiento depende de las aperturas de los rociadores a medida que el fuego se propaga.

Los sistemas de diluvio son aptos para actividades que plantean riesgos extraordinarios como, la manipulación almacenaje de líquidos inflamables, hangares de aviones, así también en la posibilidad que el fuego pueda propagarse a mayor velocidad

que la activación de los rociadores automáticos ordinarios y para regular el suministro de agua a rociadores exteriores abiertos para la protección contra fuegos externos. Pueden combinarse, en un mismo sistema, rociadores abiertos y cerrados cuando la protección por medio de inundación no es necesaria en todas las zonas de la industria o edificio. Los requerimientos de suministro de agua para estos sistemas de diluvio son mayores que los sistemas de rociadores ordinarios. En cuanto a las tuberías y separación de los rociadores, dispositivos automáticos, alarmas y accesorios que se utilizan en este sistema de diluvio inundación se lo realiza bajo la norma de "Rociadores de la NFPA".

- **Sistemas combinados de tubería seca y de acción previa** en este caso se combinan las características esenciales de los dos tipos de sistemas. El sistema de tubería contiene aire a presión. Un detector de incendios suplementario abre la llave de paso de agua y un expulsor de aire situado al extremo de la conducción principal de alimentación. A continuación el sistema se llena de agua y funciona como sistema de tubería húmeda. Si fallara el detector, el sistema funcionaría como si fuera de tubería seca.

El propósito de los sistemas combinados de tubería seca y de acción previa es el proporcionar un medio aceptable de

suministrar agua a través de dos válvulas de tubería seca conectadas en paralelo a un sistema de rociadores, de mayor tamaño que el que permite la “Norma para Rociadores de la NFPA” que está servido por una válvula de tubería seca. Generalmente es práctico instalarlos solamente en aquellas situaciones en que es difícil proteger las largas líneas de abastecimiento de agua contra la congelación.

Entre las características de los sistemas combinados tenemos:

- Un sistema de rociadores automáticos de tubería seca que contiene normalmente más de 600 rociadores y alimentados por una conducción de alimentación principal de gran longitud en una zona carente de calefacción.
- Dos válvulas de tuberías secas en paralelo, de 150 mm (6”) interconectadas con los medios de activación para que funcionen simultáneamente, si el sistema contiene más de 275 rociadores en una zona de incendio o 600 en total.
- Un sistema de detección térmica suplementario sensible, que por acción del fuego actúa los dispositivos de disparos que abren las válvulas de tubería seca simultáneamente sin necesidad de perder presión de aire del sistema, éste sistema de detección también sirve para dar una alarma automática del fuego.

Los sistemas que dispongan de más de 275 rociadores en una sola zona de incendio se dividen en secciones de 275 rociadores cada una o menos, por medio de válvulas de retención en las conexiones a la conducción de alimentación principal. Pero no se puede alimentar una cantidad superior a 600 rociadores a través de una válvula de retención.

Se proporciona un medio para la activación manual del sistema de detección de calor.

Existen algunas ventajas de los sistemas combinados como:

Eliminación de gran parte de las tuberías de aire desde los compresores hasta las válvulas de tubería seca.

Los fallos del sistema de detección de calor no impiden que el sistema funcione adecuadamente igual que si fuera un sistema de tubería seca convencional y el fallo de tubería del sistema de tubería seca no impide que el sistema de detección del calor abra la alarma automática.

Acción rápida del sistema termovelocimétrico de detección, que permite que el agua entre a las tuberías del sistema antes de la activación de los rociadores.

- **Sistemas de suministro limitado de agua** que consisten en rociadores automáticos montados en la forma normal en cuanto a las tuberías y a las distancias, pero tienen un suministro reducido de agua. Se emplean cuando el suministro público de agua u otro tipo de suministro convencional, como depósito elevado o una bomba de incendio no son adecuados para alimentar a los rociadores con suficiente volumen o presión para satisfacer las demandas impuestas por la NFPA como es el tamaño mínimo para depósito de presión para alimentación es de 2000glns, para actividades de riesgo ligero y 3000glns, para riesgos extraordinarios.

A los tipos de sistemas de rociadores ya nombrados se debe añadir algunos otros:

- **Sistemas de rociadores exteriores** que reutilizan las cortinas de agua para la protección de los muros exteriores de los edificios. La configuración de la descarga de agua de los rociadores abiertos suele ser de abanico o en forma de un cuarto de esfera, en vez de ser hemisférica como la de los rociadores normales.

#### 4.1.1. Red de Sprinkles para Calderas

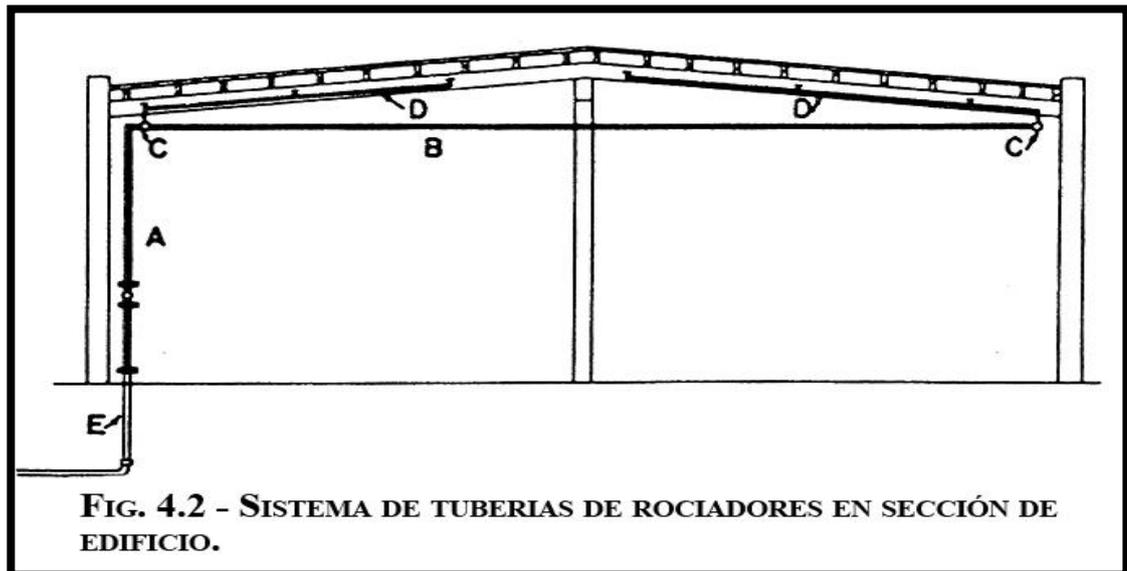
Antes de proceder a numerar antecedentes y recomendaciones de la NFPA, se debe resaltar que hemos procedido a realizar el cálculo hidráulico de los diferentes parámetros que se necesitan para todo Sistema Contra Incendio, los mismos que se los encontrará en el apéndice final de este proyecto de tesis, a su vez se han ejecutado los planos 2 y 3 que sirvieron para diseñar las Redes de Sprinkles.

A continuación se detalla las recomendaciones para el tendido de tuberías para rociadores, que para el caso presente de las Centrales Eléctricas se debe aplicar para protección de áreas de calderas, turbinas, subestaciones eléctricas, almacenamiento de líquidos inflamables y aceites, además de cuartos de bomba y todos los controles que se utilizan para el sistema de protección contra incendio; lo que fue planificado cuidadosamente e instalado de acuerdo a la “Norma de Rociadores de la NFPA”.

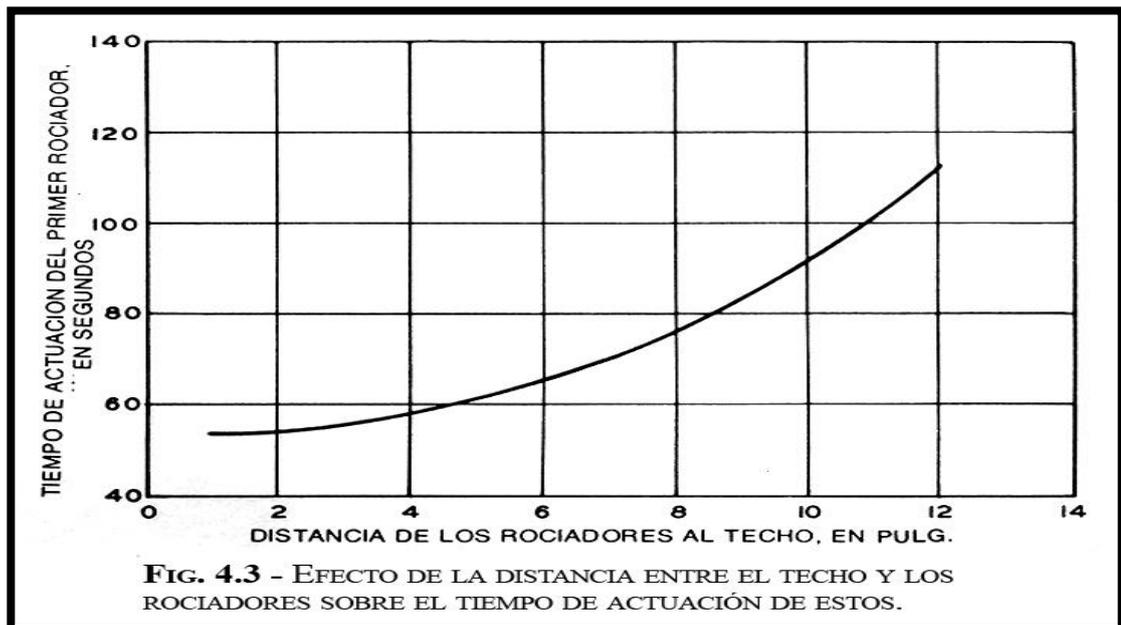
Las líneas de tuberías a las que se acoplan directamente los rociadores se llaman tuberías de rociadores o ramales.

La tubería que alimenta directamente a los ramales se designa conducción transversal o línea de cruce.

La tubería que alimenta a la conducción transversal se denomina tubería de distribución principal.



Respeto a las distancias máximas a que deben colocarse los rociadores por debajo de los techos y según el tipo de construcciones, la “Norma de los Rociadores” lo establece.



Con relación a la dimensión de las tuberías que alimentan a los sistemas de rociadores automáticos se determina por base de cálculos hidráulicos, o por medio de una tabla predeterminada para el efecto por la “Norma NFPA para Rociadores”.

Ninguna disposición práctica de las tuberías para rociadores puede producir una descarga de agua protectora uniforme de estos en diferentes puntos o usando varios rociadores descargan agua simultáneamente.

Las tablas de cálculos de tuberías en la “Norma para Rociadores” de la NFPA se basan en ensayos realizados con gran amplitud y cuidado, su complemento proporciona una protección fiable y con

economía en los costos de instalación y en el abastecimiento de agua.

Los sistemas diseñados hidráulicamente proporcionan generalmente una distribución del agua más uniforme y con una economía adicional.

En recorrido de tuberías muy largo o con muchos codos, se puede aumentar el diámetro de la tubería ascendente o de las líneas de alimentación principales para compensar las pérdidas de carga por fricción.

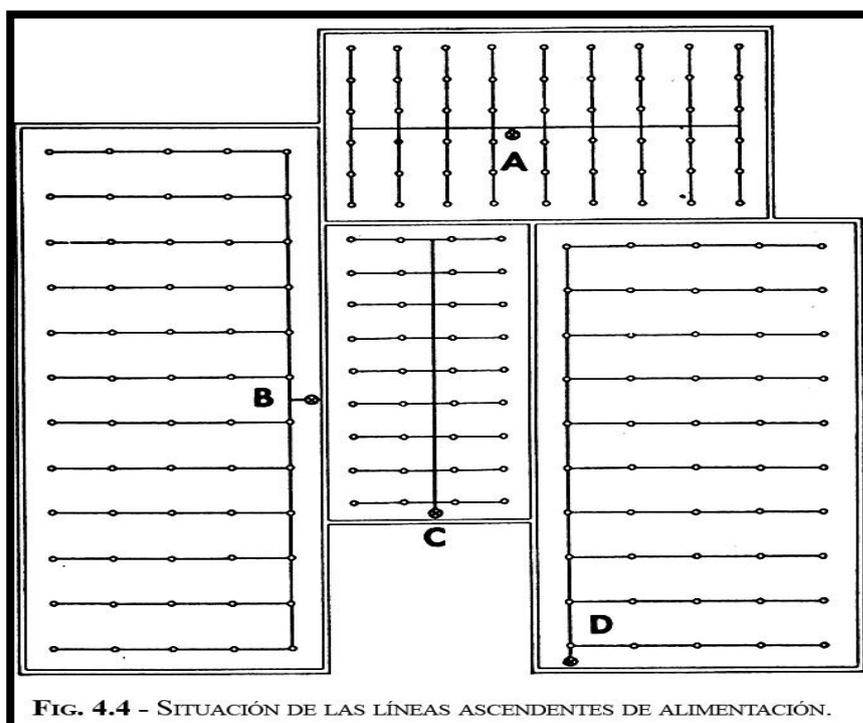
Respecto a los números de rociadores por ramales esto se lo hace en base a la actividad y riesgos. Es así que los ramales de sistemas de tuberías, en riesgos ligeros ordinarios, no deben tener más de ocho (8) rociadores a cada lado de la línea de cruce.

En caso de riesgo extra no más de seis (6) rociadores. Se redujo el número de rociadores de los ramales que excedieran de 3.5m de longitud y para ramales distanciados entre si mas de 3.5m.

En la "Norma de Rociadores de la NFPA" según la tabla vigente se reduce el número de rociadores montados en tuberías de 65mm (2½") o mayores en actividades de riesgo ligeros, mientras que se aumento el número de rociadores que pueden acoplarse a

tuberías de 150mm (6") y 200mm (8"), en actividades de riesgo ordinarios.

En cuanto a la disposición de las tuberías de alimentación, las zonas de fuegos horizontales contiguas deben estar aprovisionadas individualmente, cada una con su propia conducción ascendente y con su propia válvula de mando o llave de paso.



El emplazamiento, disposición y diámetro correcto de las líneas ascendentes, va unido al tipo de construcción, la altura, la superficie, la actividad y los riesgos de incendios, distribuciones

especiales para el caso tuberías para protección de depósitos a presión (tanques de combustibles, agua y gases, etc.).

En cuanto a las conexiones para el abastecimiento de agua, la fuente principal a las líneas ascendentes que alimentan a los rociadores debe ser por lo menos de igual diámetro que éstas. En las tuberías particulares enterradas, en situación de riesgo superior a ligero, las tuberías extremas que alimentan simultáneamente a rociadores e hidrantes no deben ser de diámetro normal inferior a 200mm (8”).

Estas tuberías enterradas pueden corroerse y tener fugas en un plazo muy corto, de allí que la “Norma NFPA 24” recomienda que sean de hierro fundido o de amianto cemento, o de cobre probada y certificada para uso bajo tierra.

Las tuberías que se emplean en los sistemas de rociadores deben ser del tipo que puedan resistir una presión de trabajo no inferior a  $12.5\text{Kg/cm}^2$  (183.75 lbs-pulg<sup>2</sup>)

Los accesorios deben ser del tipo indicado para sistemas de rociadores. No debe reducirse el diámetro de la tubería por medio de manguitos.

Los elementos colgantes y soportes para sujetar el tendido de los sistemas de rociadores, se los adhiere a los elementos estructurales más seguros del edificio industrial.

No se deben hacer más conexiones a las tuberías de los sistemas de rociadores que las destinadas para mangueras manuales exclusivamente para incendios; no se deben utilizar las tuberías de los sistemas de rociadores para otras necesidades, pues es peligroso que el momento que se requiera agua, tengamos escasez.

Se aplica “la Norma 14” para la instalación de sistema de agua fijas y de mangueras.

Debe usarse la señalización más adecuada para identificar el sistema de rociadores y sus elementos instalados.

En cuanto a los rociadores para apreciar su robustez, la simplicidad mecánica, la fiabilidad del funcionamiento y la posibilidad de que actúen prematuramente; es necesario familiarizarse con el diseño, construcción y funcionamiento de ellos.

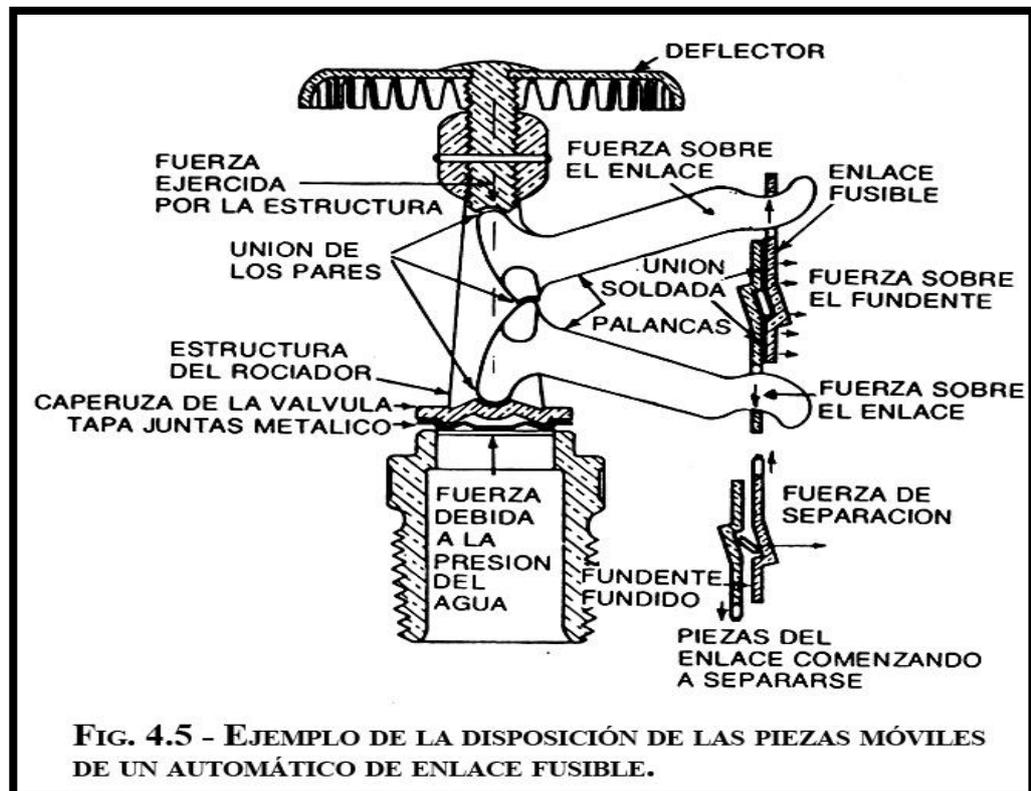
Es así que en condiciones normales, la descarga de agua de los rociadores automáticos se impide por medio de una caperuza o

válvula que se mantiene rígidamente unida contra el orificio de descarga por medio de un sistema de palancas y de enlaces que la oprimen y la retienen firmemente, la presión mecánica que se ejerce normalmente en la caperuza es muchas veces mayor que la creada por la presión del agua que se encuentra abajo, de modo que la posibilidad de fuga incluso por efecto del golpe de ariete o por presiones de agua excepcionalmente, es prácticamente nula.

La presión mecánica se produce: por el efecto del par de las dos palancas, por el mecanismo de enlace y por la descarga del fundente entre las piezas del enlace. Esta última fuerza resistida por el fundente, se reduce relativamente debido a que los fundentes de la composición necesaria para producir las temperaturas de funcionamiento deseadas, están expuestas a un flujo en frío bajo grandes tensiones. La estructura del rociador u otras partes del mecanismo poseen un grado de elasticidad que proporciona la energía que produce el disparo de las piezas móviles.

El deflector o distribuidor es contra el que se lanza el agua con fuerza y se convierte en una gota pulverizada calculada para que cubra o proteja una superficie dada. Cuando el rociador reacciona al calentamiento del aire que lo rodea. Sus partes móviles

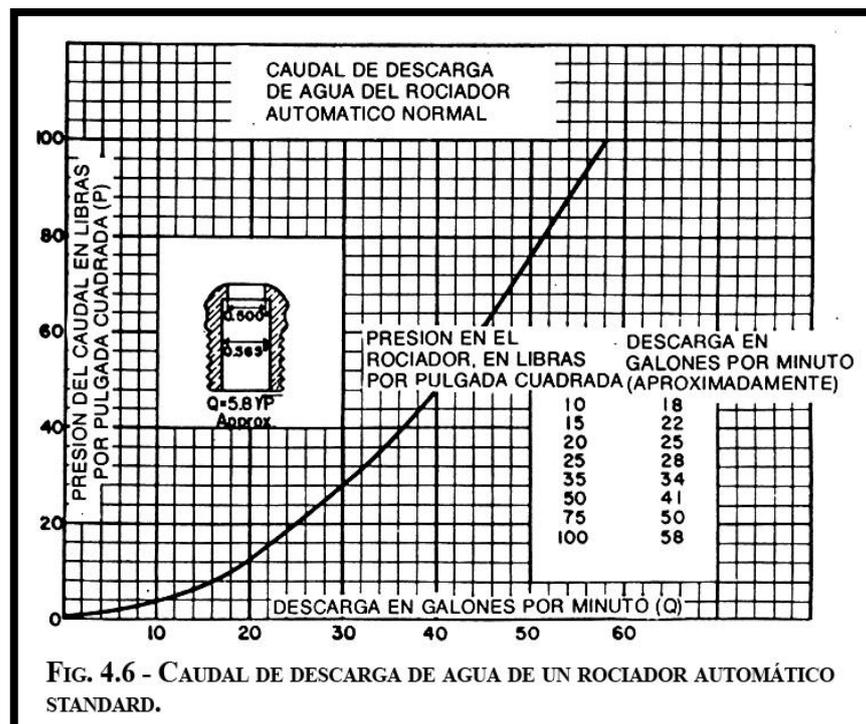
funcionan y el agua se descarga a través del rociador contra el deflector.



La cantidad de agua que descargue dependerá de la presión de flujo y de las dimensiones del orificio del rociador.

Una presión de  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$  (7psi) es óptima para una acción eficaz de descarga de caudal que para orificio de rociador de 1/2" nominal, es de 57 l/min. (15gpm) y cubrirá una superficie de más de  $9 \text{ m}^2$  (100pies cuadrado).

Para los rociadores más distantes el suministro de agua, cumple con la presión mínima, especialmente si varios rociadores tienen que entrar en acción simultáneamente, se suministra agua a una presión de 3.5 a 7Kg/cm<sup>2</sup> (50 a 100psi).



Los rociadores existen tres (3) tipos por la forma de responder a su actuación en base a la temperatura del calor que percibe su elemento fusible y del tipo que se usa:

- Rociadores de enlace fusible que actúan al fundirse una aleación metálica.
- Rociadores de ampolla o bulbo frágil que contiene un líquido que se expande, se comprime la burbuja y el líquido

se absorbe, rompiéndose el bulbo, soltándose la caperuza o válvula.

- Rociador de cápsula de fundente o metal eutéctico, que al fundirse permite el movimiento de los mecanismo de activación.

La temperatura máxima de seguridad en el interior de un local está más cercana a la temperatura de activación de los rociadores de ampolla o de cápsula fundente, que de los rociadores que funcionan a base de enlace fusible.

De allí que la regla general es “no deben usarse con clasificación de temperatura ordinaria donde las temperaturas normalmente deben exceder 37.5° C (100° F), para tener un grado de seguridad.

Cuando exista duda de las temperaturas máximas que puedan producirse en un punto de la instalación de los rociadores, deben usarse termómetros de máxima, determinándose la temperatura en las condiciones más desfavorables.

Los rociadores automáticos tardan en actuar entre 1 ó 2 minutos y este plazo puede ser más grande cuando se trata de incendios de desarrollo lento. Lo importante es que están calculados para que

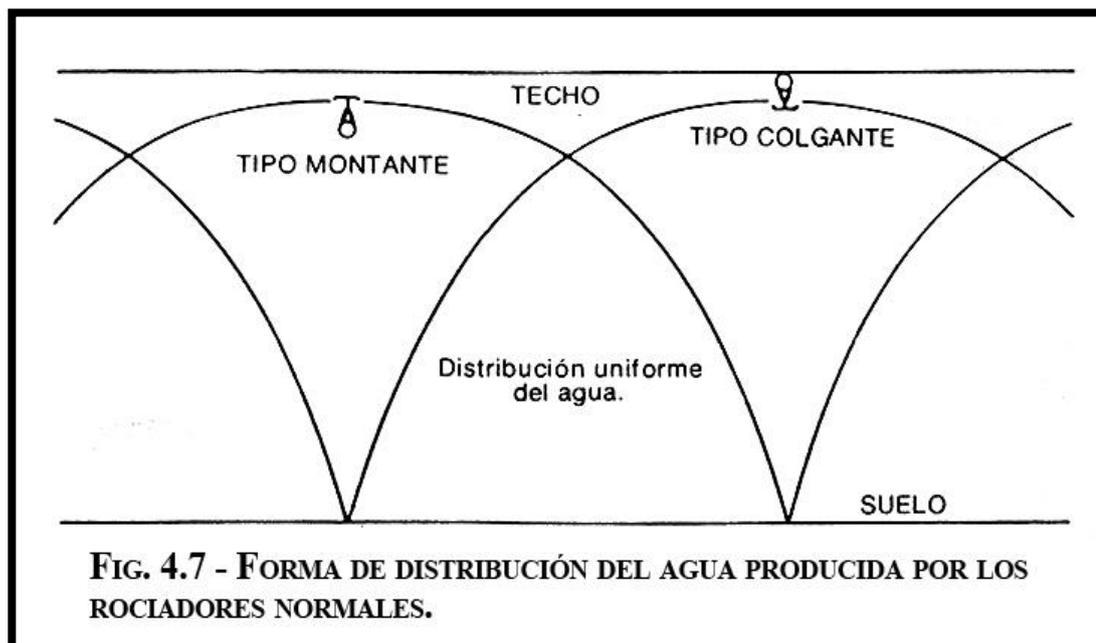
entren en acción con suficiente rapidez para dominar el fuego antes de que este alcance grandes proporciones e impedir así su propagación.

La velocidad de actuación depende de la capacidad de absorción de calor de las piezas metálicas del rociador, que es influenciada por la diferencia de temperatura entre la atmósfera circundante y la temperatura de sensibilidad del rociador.

En los rociadores normales por la forma del deflector, el chorro continuo de agua que sale del orificio se fragmenta y cae en una pulverización en forma de paraguas, esta configuración es parecida a una media naranja formada por gotas de agua.

La característica de los rociadores normales es la distribución del agua relativamente uniforme a todos los niveles por debajo de los rociadores a una distancia de 1.2m (4 pies) por debajo del deflector, la pulverización cubre una superficie circular con un diámetro aproximado de 4.8m (16pies) cuando el rociador descarga a razón de 57 l/min (15gpm).

Los rociadores normales pueden instalarse, respecto a las tuberías que alimentan, en forma colgante o en forma montante.



Para ver el tipo de instalación; existe un rotulo estampado sobre el deflector con la palabra correspondiente o con las letras SSU (Rociador Normal Montante) o SSP (Rociador Normal Colgante).

Los rociadores automáticos dependen de su orificio de descarga; que en los abiertos (sin elementos activos) se han aprobado con orificios de  $1\frac{1}{4}$ " y  $3\frac{3}{8}$ " con capacidad de descarga que varía de una cuarta a la mitad de los rociadores normales de  $1\frac{1}{2}$ ".

Los de orificios grande se los identifican por tener una conexión con tubería de  $3\frac{3}{4}$ " y su descarga tiene un caudal de 140% respecto a los rociadores normales de  $1\frac{1}{2}$ ".

Siendo las calderas equipos productores de vapor para suministrar calor a los procesos industriales o generar energía como el caso

de las Centrales Eléctricas. Como los sistemas de combustión de estas calderas de uno o más quemadores, con su respectivo órgano de mando o control es un riesgo. Tenemos el deber de aplicar los principios de seguridad general a las calderas, sin importar que sean acuatubular o de tubo de humo (piro tubular).

Los combustibles más comunes para el encendido de las calderas son el gas natural, el fuel oíl y el carbón pulverizado.

Cuando se emplean otros combustibles, como el natural o gas de petróleo licuado, existen riesgos de incendios adicionales que exigen precauciones especiales para garantizar el funcionamiento seguro de las calderas.

Las explosiones de las calderas se producen cuando una acumulación de mezcla combustible- aire se incendia en el hogar, conductos y ventiladores que envían los gases de la combustión a la chimenea.

Las causas más comunes de explosión son:

- Interrupción de alimentación de combustible, de aire o de energía de ignición a los quemadores, que da como resultado una pérdida momentánea de llama, seguida por la restauración de la llama, seguida por la restauración de la

- alimentación y la re ignición posterior de la acumulación mezcla combustible.
- La ignición de combustible fugado al interior de un horno que no está en funcionamiento.
  - La ignición de una mezcla explosiva de combustible - aire, como resultado de la pérdida de la llama en uno o más quemadores mientras otros funcionan bien, o cuando se encienden algunos quemadores adicionales.
  - Los intentos repetidos y fallidos de realizar el encendido, sin una purga adecuada previa.
  - Presencia de sustancias extrañas que ha interrumpido la alimentación de combustible.
  - Las condiciones que dan como resultado una explosión, inclusive los llamados resoplidos de la caldera se debe a métodos inadecuados del personal para operar una caldera, mal funcionamiento de los controles, diseño incorrecto del equipo y sus sistema de control. Las estadísticas indican que la causa de la mayor parte de las explosiones en calderas es el error humano, debido a la falta de conocimiento o de empleo de los procedimientos de seguridad de funcionamiento.

#### **4 .1.2. Red de Sprinkles para Turbinas**

Antes de proceder a numerar antecedentes y recomendaciones de la NFPA, se debe resaltar que hemos procedido a realizar el cálculo hidráulico de los diferentes parámetros que se necesitan para todo Sistema Contra Incendio, los mismos que se los encontrará en el apéndice final de este proyecto de tesis, a su vez se ha ejecutado el plano 4 que sirvió para diseñar las Redes de Sprinkles para Turbinas.

La generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, tanto por parte empresas privadas como las de propiedad públicas, presentan muchos problemas respecto a la prevención, protección y lucha contra incendios.

La energía que se produce en las estaciones generadoras, se transforma en alto voltaje y se envía por líneas de transmisión a las subestaciones, donde se transforma en baja tensión, se conecta a los sistemas de distribución, donde se vuelve a transformar a las tensiones aún más bajas y por fin se suministra a los consumidores a través de líneas de conducción de servicios (se utilizan transformadores adicionales).

En las plantas eléctricas, grandes generadores producen casi toda la energía eléctrica que se emplea actualmente y estos son movidos por turbinas.

Las principales clases de turbinas son de vapor, gas e hidráulicas.

Las turbinas de vapor producen más de dos tercios de la energía eléctrica que se produce en el mundo.

Las turbinas hidráulicas producen un poco menor de la tercera parte de energía que se produce en todo el mundo.

Las turbinas a gas se ponen en marcha más fácil y rápidamente que las de vapor, sin embargo, no se emplean para la producción normal, debido a que su operación es más costosa que la de vapor.

Los generadores con motor a diesel, gasolina o gas también se usan, pero para emergencias en sitios alejados e importantes como hospitales, fábricas, etc..

Entre las causas de incendios en las plantas de generación eléctrica, tenemos:

- La ignición del aceite que se emplea en los grandes generadores movidos por turbinas de vapor. Los generadores actuales están refrigerados por hidrogeno, totalmente envueltos, aislados y a presión. El hidrogeno que se mantiene a una pureza del 95%, no presenta riesgo de incendio o explosión en el propio generador, siempre y cuando se mantenga este porcentaje de pureza.
- Los cojinetes del generador y la turbina se lubrican con aceites; así mismo se utiliza aceite para producir la presión para impulsar el gobernador de la turbina y actuar como sellante de estanqueidad para impedir escape de hidrogeno de los cojinetes.

De producirse escape de aceite que salpicase sobre las partes calientes de la turbina o de los tubos conductores de vapor que funcionan a temperaturas superiores a 260°C, la ignición se produce inmediatamente. Este tipo de incendio no se puede extinguir con extintores portátiles, en el tiempo que necesita la turbina para detenerse que es alrededor de 20 minutos al dejar de fluir el aceite, de allí que se usa sprinkles automáticos. Ver Anexo Fig. 4.8

Los anillos de retención de los rotores de los generadores a veces sufren fallas mecánicas como consecuencia de lo cual pueden salir varios cientos de kilos, que perforan la envoltura del generador, rompiendo conducciones de aceite y haciendo que este se incendie. En estas circunstancias, en pocas ocasiones, el escape de hidrogeno se ha mezclado con aire y ha producido explosiones.

Como medio de protección y lucha contra incendios en las plantas de energía eléctrica, se debe:

Tener un número adecuado de extintores portátiles y de carro, y gran cantidad de mangueras con lanzas de agua pulverizada.

Los sistemas de protección fija; capaz de proteger los cojinetes, las conducciones de aceite a presión, los filtros de aceite, los enfriadores y depósitos, etc. Además de las salas de almacenamiento de aceite, los soportes estructurales del generador.

Una medida de protección recomendada contra los riesgos de incendio de aceite es situar las líneas de alimentación de aceite a presión que alimentan a los generadores en el interior de las conducciones del retorno o drenaje y separar todo el conjunto lo

más alejado de las líneas de vapor o de las partes caliente de la turbina.

Las piezas que se recalientan durante el funcionamiento normal y que, de quedar expuestas, pueden ser puntos peligrosos, están muy aisladas y el aislamiento a su vez se recubre con metal o algún otro material resistente al aceite.

Ciertas piezas que no pueden aislarse totalmente Ej.: válvulas de cierre, se protegen de la descarga de agua de los rociadores automáticos o de los sistemas de agua pulverizada.

La parte inferior o sótano de la turbina, donde se sitúa el equipo para aceite, está protegido con rociadores automáticos. Todas las conducciones de aceite que pasan por sitios como el regulador de velocidad, los reguladores de presión, manómetros, etc.; están protegidos por boquillas direccionales de pulverización automáticas.

Lo normal es construir un edificio abierto para alojar al turbogenerador y su condensador ventilado con ventanas o claraboyas amplias o respiraderos automáticos de gran tamaño, a fin de aliviar y liberar la explosión interna, a su vez que

permitan el escape de los productos recalentados de la combustión. Igualmente deben colocarse la sala de calderos.

Respecto a los aparatos interruptores y conmutadores eléctricos, se encierran en grandes armarios de aceros, al aire libre a fin de prevenir accidentes por falla o avería de todas o cada una de las piezas de los dispositivos interruptores y conmutadores, y deben adaptarse medidas para reducir la magnitud y área de estas averías.

El personal, los aparatos principales y el resto de equipo deben estar en todo momento protegidos contra la posibilidad de contacto con los circuitos de alta tensión, el fuego y el agua; en caso de accidentes graves.

Las plantas de energía eléctrica están proyectadas, bajo programas cuyos puntos de partida son las causas de las posibles fallas y los medios para reducir sus efectos.

La puesta a tierra de las plantas eléctricas asegura que ninguna de las partes no portadoras de corriente tales como los armazones de las máquinas, estén al potencial de tierra incluso si fallase el aislamiento. Algunas plantas de electricidad han experimentado daños severos y condiciones peligrosas debido a

su puesta a tierra inadecuada, es esencial una puesta a tierra que no arda ni permita la elevación de la tensión durante circunstancias anormales.

#### **4.1.3. Red de Sprinkles para Subestación de Transformadores Eléctricos**

Antes de proceder a numerar antecedentes y recomendaciones de la NFPA, se debe resaltar que hemos procedido a realizar el cálculo hidráulico de los diferentes parámetros que se necesitan para todo Sistema Contra Incendio, los mismos que se los encontrará en el apéndice final de este proyecto de tesis, a su vez se han ejecutado los planos para los diferentes transformadores de las subestaciones desde 6B hasta el 11B que sirven para diseñar las “Redes de Sprinkles para Subestación de Transformadores Eléctricos”.

En las plantas de generación eléctrica sean de vapor, hidráulicas o de turbinas a gas, las grandes unidades transmiten la energía del transformador principal de energía a través de barras colectoras físicas aisladas, hacia el transformador principal de energía de cada unidad y de este a una subestación, situada a

distancia de la planta de energía, donde se encuentran los interruptores principales.

Las subestaciones de diseño moderno con disyuntores electrónicos, interruptores de milisegundos, la tecnología de disyuntores de gas y de vacío, el empleo de aislamiento por gas comprimido, han contribuido al progreso y desarrollo de las centrales de generación eléctrica.

Al escoger el emplazamiento de una subestación debe concedérsele consideración a su posición relativa respecto a los edificios circundantes de construcción no resistente al fuego, que en caso de incendio podrían exponer a sus efectos sus valiosos equipos electrónicos que contiene.

El fuego de un transformador no debe poner en peligro los edificios circundantes.

Estos transformadores son muy parecidos, variando principalmente lo que a dimensiones y al riesgo de incendios que representan. La mayor parte de transformadores se refrigeran por medio de un líquido no conductor, generalmente askarel (un líquido sintético no inflamable) o por medio de aceite mineral aislante inhibido e inflamable.

El líquido circula alrededor del núcleo calentado del transformador y transporta el calor a las aletas del radiador en el exterior de las envueltas del transformador, donde el líquido se enfría por aire. En algunas subestaciones se emplean grandes ventiladores eléctricos, para hacer que una mayor cantidad de aire entre en contacto con la serpentina de enfriamiento o las aletas y mejorar el enfriamiento del transformador.

En los grandes transformadores, el aceite se bombea y se hace pasar por intercambiadores de calor para enfriarlo.

Existen 3 (tres) medios aislantes en los equipos de interrupción y conmutadores de alta tensión de las subestaciones:

Interruptores rellenos de aceite.

Interruptores de aire forzado, que se usan cerca del 80%.

Interruptores de gas, cuya capacidad de interrupción de corriente es mayor que los de aire comprimido sin necesidad de usar otros medios.

Interruptores de vacío son económicos y funcionan en dos ciclos o menos.

Es necesario un sistema de puesta a tierra de baja resistencia en las subestaciones. Las sobre corrientes de tierra deben disiparse eficazmente para limitar el aumento de potencial a través del aislante, eliminando los falsos contactos de línea a línea y de línea a tierra.

Las estaciones generadoras y las subestaciones situadas en lugares donde son frecuentes las tormentas, los aparatos eléctricos se protegen contra la caída de rayos, se usan los llamados pararrayos que proporciona una vía a tierra para los altos potenciales que se producen por las descargas eléctricas atmosféricas, impidiendo así el fallo del aislamiento y el peligro de fuego resultante en el equipo protegido de esta forma.

Los pararrayos consisten generalmente de una serie de entrehierro y materiales de los llamados de válvula, se hacen conductores solamente cuando se exponen a los potenciales.

Aunque los accidentes de transformadores parecen muy frecuentes, porcentualmente son pocos, considerando los cientos de miles que están en servicio. Un estudio realizado sobre los accidentes causados por transformadores durante un periodo de cinco años; se contabilizo 430 casos de daños, de los cuales 64

fueron por incendio, causados por rayos, fallas eléctricas u otras causas.

Existen 3 (tres) tipos de transformadores:

El tipo seco, el aislado con askarel (liquido aislante no inflamable) y el aislado con aceite.

Los transformadores aislados con aceite son los más comunes, a pesar de ser los más peligrosos desde el punto de seguridad de incendio, ya que el aceite caliente puede salir por los respiraderos del depósito, causando daños graves en el transformador y el espacio circundante.

El Código Eléctrico (NEC) detalla los requisitos para la instalación de transformadores de intemperie, en industrias y edificios, etc.

Los transformadores aislados con aceite pueden situarse cerca o sobre los muros de cerramiento de los edificios o estructuras, siempre y cuando estén separados de materiales combustibles, de ventanas u otras aberturas, salidas de incendios, etc.

Estas subestaciones generalmente usan equipos de protección automáticas (rociadores) contra incendios.

Los transformadores modernos, debido a su alto costo, merecen medidas de protección especial contra incendio, tales como agua pulverizada por rociadores o dióxido de carbono. Es recomendable la construcción de barreras de material incombustible entre transformadores contiguos aislado por aceite.

#### **4.1.4. Red de Sprinkles para Tanques de Almacenamiento de Líquidos Inflamables, Aceites y Otros**

Antes de proceder a numerar antecedentes y recomendaciones de la NFPA, se debe resaltar que hemos procedido a realizar el cálculo hidráulico de los diferentes parámetros que se necesitan para todo Sistema Contra Incendio, los mismos que se los encontrará en el apéndice final de este proyecto de tesis, a su vez se han ejecutado los planos 5A, 5B y 5C que sirvieron para diseñar las Redes de Sprinkles para Tanques de Almacenamiento de Líquidos Inflamables, Aceites y Otros. (Según criterio de los interesados y asesores)

Los líquidos inflamables y combustibles no pueden ser causa de incendio, aunque a menudo así se afirme. Son en realidad, factores que contribuyen al incendio; una chispa o una fuente

menor de ignición, acaso inofensiva es lo que causa el fuego o la explosión en presencia de vapores inflamables.

El vapor procedente de la evaporación de los líquidos inflamables o combustibles cuando están expuestos al aire o bajo influencia del calor y no al propio líquido, es lo que arde o hace explosión, siempre que dicho vapor se encuentre mezclado con el aire en ciertas proporciones y en presencia de una fuente de ignición.

Las proporciones (límite de inflamabilidad) para la gasolina oscilan, aproximadamente entre el 1.4% y 7.6% en volumen. De allí que, que el almacenamiento de líquidos inflamables y combustible en recipiente cerrados adecuados y la reducción de la exposición del líquido al contacto con el aire mientras esta en uso son factores de importancia fundamental para la restricción del riesgo de incendio, en especial en Centrales Eléctricas de Generación en que su operación demanda miles de m<sup>3</sup> de consumo, por lo tanto es vital cuidar su almacenamiento y manipulación.

Las explosiones de la mezcla de aire con vapor inflamable en las proximidades de los límites máximo y mínimo del margen de inflamabilidad de una mezcla dada son menos intensas que los que se producen en las concentraciones intermedias de la misma

mezcla. Las explosiones de vapor inflamable- aire se producen más frecuentemente cuando la mezcla se encuentra confinada en espacio reducido como recipientes, depósitos, habitaciones o edificios.

La violencia de las explosiones de vapores inflamables depende de las concentraciones y naturaleza de estos vapores, así como la cantidad de la mezcla vapor aire y del tipo de recipiente que contiene la mezcla.

La explosión de una mezcla inflamable de vapor- aire dentro de un recipiente o tanque es un fenómeno completamente distinto del que resulta del aumento brusco de la presión interna o de la sobre presurización de un deposito que produce su ruptura. La violencia por rupturas de presión son variables en todos los casos.

Cualquier recipiente cerrado de construcción resistente, contenga o no liquido inflamable, si se expone a un fuego lo suficientemente intenso, puede romperse con extremada violencia si no está aislado o equipado con respiraderos adecuados y debidamente calculados, y si no se lo refrigera adecuadamente.

Las medidas para prevenir las explosiones e incendios de los líquidos combustibles e inflamables abarcan una o varias de las siguientes técnicas o principios:

- 1.- Eliminación de la fuente de ignición.
- 2.- Eliminación del aire
- 3.- Almacenamiento de los líquidos en recipientes o sistemas cerrados.
- 4.- Ventilación para impedir la acumulación de vapores dentro de los límites de inflamabilidad.
- 5.- Empleo de una atmosfera de gas inerte en vez de aire.

Además del punto de inflamación tenemos otros factores que influyen grandemente en la evolución de riesgo de incendios en el almacenamiento de líquidos inflamables, aceites y otros; como son:

- Temperatura de ignición.
- Los límites de inflamabilidad.
- El índice de evaporación.
- La reactividad en estado impuro o expuesto al calor.
- La densidad y el índice de difusión.

Es importante prever el distanciamiento a los linderos de otros bienes y el distanciamiento entre los depósitos, a fin de prever una protección anti incendio.

Se clasifican los líquidos inflamables y combustibles así:

- **Clase I** - Están incluidos aquellos líquidos cuyo punto de inflamación está por debajo de 100°F (37.8°C).
- **Clase II** - Incluye aquellos líquidos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 100°F (37.8°C) y los 140°F (60°C).
- **Clase III** - Los líquidos que tienen punto de inflamación superior a los 140° F (60° C) y que requerirán para su ignición una considerable aportación de calor procedente de una fuente que no dependa del temperatura ambiente, se identifican dentro de este grupo.

En base a esto, se define como líquido inflamable aquellos que tengan un punto de inflamación por debajo de los 100°F (37.8° C), siempre que tengan una presión de vapor que no exceda de los 40psia (2068.6mm de Hg) a 100°F (37.8° C).

De allí que la clase I, la subdividimos en:

- **Clase IA** - Para los líquidos con un punto de inflamación por debajo de los 73°F (22.8°C) y una temperatura de ebullición por debajo de los 100°F (37.8°C).
- **Clase IB** - Para los líquidos con un punto de inflamación por debajo de los 73°F (22.8°C) y una temperatura de ebullición por encima de los 100° F (37.8°C).
- **Clase IC** - Aquellos líquidos con un punto de inflamación superior o igual a los 73° F (22.8°C) pero por debajo de los 100°F (37.8°C).

Los líquidos combustibles son aquellos con punto de inflamación superior o igual a los 100°F (37.8° C) y se pueden subdividir en:

- **Clase II** que incluye a los que tienen un punto de inflamación superior o igual a los 100°F (37.8°C) pero inferior a los 140°F (60°C).
- **Clase IIIA** los líquidos que tienen punto de inflamación superior o igual a los 140°F (60°C ) y por debajo de los 200°F (93.4°C ).
- **Clase IIIB** incluye aquellos que tengan un punto de inflamación superior o igual a los 200°F (93.4°C).

Vamos a conocer algunas características de los líquidos inflamables y combustibles, que interesan en el campo de la protección contra incendio.

**Densidad relativa de vapor.-** es el peso por unidad de volumen de un gas puro o de un vapor respecto del aire, que nos mide la relación existente entre el peso de un volumen determinado de vapor y el peso de idéntico volumen de aire bajo iguales condiciones de temperatura y presión.

$$\text{Densidad relativa vapor} = \frac{PM}{29}$$

En aquellos líquidos que se almacenan o manipulan por debajo de sus puntos de ebullición, el gas que se encuentra por encima del líquido es una mezcla de sus vapores de aire.

**Presión de vapor .-** un líquido que está almacenado en un tanque cerrado que contenga un espacio libre por encima del mismo ocupado por una mezcla vapor -aire, el porcentaje de vapor en dicha mezcla puede determinarse por medio de la presión de dicho vapor. Este porcentaje está en proporción directa a la relación existente entre la presión de vapor del líquido y la presión total de la mezcla. Si se conoce el punto de inflamación de un líquido en vaso cerrado y la presión de vapor a la temperatura de su punto de inflamación, puede calcularse el

límite de inflamabilidad del vapor (a la temperatura del punto de inflamación) expresado en porcentaje volumétrico a la presión atmosférica normal.

$$\text{Límite Inferior de Inflamabilidad (LII)} = V/0.147$$

$$\text{LII} = 100V/P$$

**Índice de evaporación.-** es la velocidad a la que un líquido pasa ha estado de gas o vapor a una temperatura y presión dada.

En general, al disminuir el punto de ebullición, la presión del vapor y el índice de evaporación aumentan.

Viscosidad que no es más que la medida de la fricción interna de un fluido.

**Calor latente de vaporización.-** es la cantidad de calor que se absorbe cuando un gramo de líquido se transforma en vapor a la temperatura de ebullición y a 1 atmósfera de presión, se expresa en calorías por gramo (cal / gr.) o en BTU/libra.

**Punto de Inflamación.-** es un vapor mezclado con aire en proporciones inferiores a su límite mínimo de inflamabilidad puede arder en la inmediación de la fuente de ignición, es decir,

en la zona que rodea inmediatamente a esa fuente, sin que las llamas se propaguen.

**El punto de inflamación de un líquido.-** corresponde aproximadamente a la temperatura más baja a la que la presión de vapor del líquido puede producir una mezcla inflamable en el límite inferior de inflamabilidad.

Es vital tener en cuenta que el punto de inflamación varía con la presión y con el contenido de oxígeno de la atmósfera, así como de la pureza del líquido.

Temperatura de auto ignición atribuida a un líquido inflamable es generalmente la temperatura a la que debe calentarse un recipiente total o parcialmente cerrado, para que el líquido contenido, pueda entrar en ignición espontánea y arder. En ciertos hidrocarburos, la temperatura de ignición disminuye al aumentar el peso molecular o la longitud de la cadena de carbono.

**Punto de ebullición.-** no es más que la temperatura a la que se iguala la presión de equilibrio del vapor de un líquido con la presión atmosférica total existente en su superficie, es decir que

depende por completo de la presión atmosférica total, y aumenta con la presión.

**La temperatura de ebullición** de un líquido bajo una presión total de una atmosfera (14.7psia) se llama punto de ebullición normal.

El volumen de aire varía proporcionalmente según los índices de evaporación de los diferentes líquidos. El índice de evaporación de un líquido, cuando los vapores que flotan sobre el mismo son los del propio líquido, se reduce al aumentar la presión que se opone a la vaporización y aumenta al descender esta presión.

El efecto de la temperatura y la presión, por lo tanto, es aplicable a los depósitos, tuberías y aparatos del proceso industrial en los que el líquido y la mezcla vapor –aire están próximo al equilibrio.

En cuanto a las fuentes de ignición capaces de producir un riesgo de incendio, tenemos:

Llamas; chispas eléctricas, estáticas y de fricción; superficies calientes; compresión adiabática.

Los líquidos inflamables y combustibles cuyos puntos de inflamación sean superiores a la temperatura de almacenamiento

tendrán una velocidad de propagación de la llamas más baja, puesto que es necesario que el calor producido por el fuego caliente suficientemente la superficie del líquido para que se forme una mezcla vapor –aire inflamable ante que las llama se extiendan a través del vapor.

Hay factores que afectan la velocidad de propagación de las llamas y a la combustión, como: ambientales, el calor latente de vaporización y la presión barométrica.

En cuanto a la velocidad de combustión de los líquidos es similar al de las llamas; es así que de ensayos se determino que estas velocidades se acercan a un valor máximo y constante con el aumento del diámetro del recipiente y es proporcional a la relación entre el calor neto de combustión y el calor sensible de evaporación.

En el derrame de líquidos que ocasionan fuego, sus velocidades sirven para calcular aproximadamente la extensión del área de equilibrio de combustión que participara en aquel riesgo. Así con una velocidad de combustión de 30 cm/hora, el área de equilibrio de combustión para 5litros/min., será aproximadamente 1m<sup>2</sup>.

Para un derrame 50 litros/min, estará en equilibrio con un área de combustión de 10m<sup>2</sup>, para el caso de 500 litros/min. El área de equilibrio de la combustión será de 100m<sup>2</sup>.

Uno de los métodos de prevención de incendio en el caso de manipulación y almacenamiento de los líquidos combustibles e inflamables, conociendo que siempre a un momento de contacto con el aire por más cuidado que se tenga, ya que siempre hay roturas y fugas que permiten que el líquido fugue, es la ventilación, que puede ser natural o artificial, la primera tiene la ventaja de no depender de su iniciación manual o suministro de energía, pero depende de la temperatura y los vientos y no se puede controlar como la ventilación mecánica.

La "Norma NFPA 30" establece ciertos criterios de construcción de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, que deben ser aplicados para evitar que estos se incendien y la posibilidad de la propagación del fuego aumente sensiblemente.

Uno de los principales factores de incendios de los depósitos de combustible es la rotura de tuberías y de las válvulas. Estas roturas dan por resultado que el contenido de los depósitos se incorpore al fuego exterior. El tendido de las tuberías puede ser

superficial o subterráneo, el primer caso es el más aplicado para tanques de almacenamiento superficial y así evitar problemas de corrosión o fugas.

Las tuberías de hierro modular o de acero están especialmente indicadas en las conexiones exteriores superficiales de los depósitos a no ser que las características del líquido almacenado sean incompatibles con el acero.

Las conexiones de sistemas de superficies se lo hacen con tuberías soldadas o embridadas, en especial para tuberías de gran tamaño.

La mayor parte de los fuegos de depósitos de almacenamiento se origina por explosión interna o por incendio de un derrame al que los depósitos quedan expuestos.

En un incendio característico, la estructura laminar de un depósito vertical de gran tamaño se hunde hacia dentro encima del nivel del líquido inflamable sin que el depósito se rompa. Estas explosiones internas ocurren cuando el espacio de vapor líquido almacenado está dentro de los límites de inflamabilidad. Los líquidos cuyo punto de inflamación está cercano a las

temperaturas de almacenamiento son las más susceptibles a la ignición.

Dentro de los depósitos, los líquidos que tienen un punto de inflamación bajo forman una mezcla de vapor –aire en el espacio de vapor, si la temperatura se reduce considerablemente y los líquidos con punto de inflamación alto forman una mezcla inflamable de vapor- aire cuando son calentados.

Sean producidos explosiones internas en depósitos expuestos a un fuego externo aun cuando su contenido era un líquido con un punto de inflamación superior a la temperatura del propio líquido almacenado. Tales explosiones tienen lugar porque el líquido se calentó por la exposición al fuego y los vapores pasan dentro de los límites de inflamabilidad en un momento en que las partes del depósito donde se acumulan tales vapores tienen suficiente temperatura para poner a los vapores en ignición.

Otra causa peligrosa de ignición de vapores inflamables que puede causar una explosión y con ello peligro para las personas, sucede por la falta de conocimiento y experiencia de las personas al realizar limpieza de los depósitos, de allí que se dan algunas prevenciones para sacar los vapores inflamables:

- Trabajos con el depósito y tuberías llenas de agua.
- Desplazamiento de los vapores por medio de vapor de agua.
- Desplazamiento de los vapores por soluciones químicas.
- Desplazamiento de los vapores por aire.
- Desplazamiento de los vapores por gas inerte.

La selección del método empleado con el fin de lograr que un depósito ofrezca garantía en la realización de trabajos en su interior dependerá de: característica del líquido, la forma y dimensiones del depósito, la inflamabilidad y la reactividad de los residuos y el tipo de trabajo a realizarse.

Todo el equipo eléctrico, como luces de inspección y motores de ventiladores que se emplea durante la limpieza e eliminación de los residuos, deben estar diseñados especialmente para espacios donde exista vapores peligrosos.

La parte más importante de los procesos de limpieza y de protección contra incendios, consiste en la realización de pruebas que determinan la presencia de vapores inflamables; estas pruebas deben llevarse a cabo antes de comenzar cualquier tipo de reformas o de reparaciones, así como inmediatamente después de soldar, cortar o realizar cualquiera

otra operación que produzca calor, sin excluir las pruebas frecuentes durante el transcurso de tales trabajos.

Las mediciones que se tomen con un indicador de gases combustibles, producen lecturas fiables siempre y cuando el indicador este calibrado correctamente respecto al tipo de vapor, en buen funcionamiento, la escala aplicada sea la adecuada y quien lo maneje sea experimentado que sepa interpretar correctamente las lecturas y aplicar sus consecuencias.

En todos los casos para acceder al interior de un tanque de almacenamiento sin peligro, la lectura del indicador de gases debe indicar que los vapores están por debajo del 20% del límite inferior de inflamabilidad.

Es necesario el empleo de material protector, como es ropa especial y aparatos de respiración autónomos y todas las garantías necesarias para el personal que ejecuta los trabajos.

La aplicación de rociadores automáticos debe ser analizada para el uso en la protección de almacenamientos de líquidos inflamables y combustibles, al igual que la protección por espuma.

Los aceites pesados, los aceites lubricantes y todos aquellos líquidos cuyo punto de inflamación es bastante elevado, no producen vapores inflamables a no ser que se calienten, pero una vez incendiados, el calor producido por el fuego produce también suficiente evaporación para que la combustión continúe.

Si se aplicase agua pulverizada a la superficie de estos líquidos, el enfriamiento disminuye la evaporación, posiblemente en magnitud suficiente para extinguir el fuego.

La capacidad del agua para lograr una extensión efectiva es muy limitada cuando se trata de líquidos de bajo punto de inflamación, tales como las de la clase I. El agua que llega a la superficie de un líquido inflamable de bajo punto de inflamación que está ardiendo en el interior de un depósito, probablemente se irá al fondo haciendo que el depósito rebose.

En caso de incendios de derrames o de vertidos de líquidos inflamables de bajo punto de inflamación, el uso de agua hará que el fuego se extienda, de allí que no es recomendable.

Puede resumirse el uso de agua contra incendios de productos petrolíferos (combustibles de uso en Central de Generación), así:

- 1) Como agente enfriante, se puede usar el agua para:

- Proteger a los bomberos del calor radiante y de las llamas para operaciones durante el fuego.
- Protección de las superficies expuestas al ataque de las llamas; es de máxima eficacia, cuando la superficie se encuentre a una temperatura superior a 212°F (100°C)

2) Como medio mecánico, el chorro de agua puede obrar a distancias del siguiente modo:

- Controlar las fugas.
- Dirigir la corriente del producto petrolífero de forma que no se acerque al fuego e impedir su ignición o empujar el fuego hacia una parte donde produzca menos daños.

3) Como medio desplazante, sirve el agua para:

- Hacer flotar el petróleo encima del punto donde se produce la fuga del depósito, tanto ante como durante un incendio.
- Cortar el escape de combustible de una tubería, bombeándolo hacia un punto, agua debajo de donde se produce una fuga.
- Características desfavorables de funcionamiento del equipo, de sus mandos.

- Falta de coordinación funcional entre los diversos componentes del sistema generador de vapor y sus mandos.
- El mantenimiento planificado y adecuado, la eficiencia del personal de operarios deben ser objetos de atención constante durante toda la vida de la instalación.

#### **4.1.5. Red de Sprinkles para Cuarto de Bombas y Controles Eléctricos, Electrónicos, Controles de Operación de Equipos.**

Una de las partes más importantes de control de riesgo de fuego, en un Sistema de Protección de Incendio es el cuarto de bomba que es el que almacena todo el sistema de control y operación de equipos y tableros de controles eléctricos y electrónicos; que son responsables de cuidar los equipos y propiedad, dan la alarma en caso de presentarse algún riesgo que ponga en peligro la propiedad y la vida humana. Ver Anexo Fig. 4.9

Es necesario tener en cuenta que por tratarse de equipos conductores de electricidad, su control es bastante crítico y

peligroso si lo hacemos con agua, por lo tanto se tiene que aplicar lo que las normas de la NFPA sugiere para el caso.

Se analizara algunas propiedades del agua, que en su estado natural contiene impurezas que la hacen conductora de la electricidad. Por lo tanto la aplicación de agua a incendio de aparatos eléctricos (bombas de incendio a diesel o eléctrica, controles eléctricos y electrónicos, etc.) bajo tensión implica el riesgo de que produzca una descarga eléctrica a los bomberos o a quienes controlan cualquier conato de incendio, en especial al tratarse de altos potenciales o tensiones. La cantidad de corriente mas la tensión es lo que determina la magnitud de la descarga eléctrica.

Los principales factores que determinan al efecto de una descarga eléctrica son:

1. Voltaje y cantidad de corriente descargada.
2. Naturaleza de la aplicación del agua por pulverización o chorro compacto, ya que en el caso de pulverización el riesgo de conductividad es menor.
3. La pureza del agua y su resistividad relativa.
4. La longitud y el área de la sección transversal del chorro.

5. La resistencia a tierra de la persona, de acuerdo a su situación (si esta en suelo seco o mojado, humedad de la piel, la cantidad de corriente que puede soportar su cuerpo, la duración de la exposición a la corriente y tipo de ropa de protección.

6. La resistencia a tierra de la manguera.

Por lo peligroso de aplicar el agua para cortar el riesgo de fuego, aun para cables o equipos de menos de 600 voltios, ya que al estar el humano en sitio húmedo, su cuerpo cierra el circuito eléctrico y la corriente pasa a través de él y se comunica con tierra más fácilmente que si pasara por superficie seca y no conductora.

Las impurezas del agua, principalmente su contenido de sales disueltas, influyen sobre su conductividad, de acuerdo al lugar donde se la extrae.

De acuerdo a los equipos de extinción se considera la conductividad, de allí que es importante la distancia para aplicar sin riesgo el chorro por la naturaleza del fuego.

En razón de todo lo anterior se han realizado investigaciones por instituciones especializadas como la UL, quienes respecto a la

corriente que cada individuo puede soportar sin riesgo, así como la máxima corriente continua (sin interrupción); obtuvieron que esta es de 5ma (miliamperios). La investigación también indica que existe una clara relación entre la duración de la exposición a la descarga eléctrica y los efectos de la misma, en el sentido que la exposición momentánea tiene efectos menos serios que la continuada.

La AIA (Asociación Americana de Seguros) en el boletín 91, sugiere las distancias para el caso de uso de lanzas y voltajes superiores a 600 v. A pesar de esto y otras investigaciones que existen al respecto en la práctica es imposible que bomberos o personas de seguridad la apliquen debidamente por desconocer el voltaje existente al momento.

Por lo tanto como mejor alternativa sería el uso de agua pulverizada a fin de reducir los riesgos de conductividad en virtud de la discontinuidad del riesgo.

La norma NFPA 15 "Para sistemas fijos de agua pulverizada" proporciona datos para la instalación de equipos de pulverización e incluye tablas de distancias recomendadas entre el equipo el equipo de pulverización y los componentes eléctricos bajo

tensión carente de aislante o protección exterior, cuyo potencial no sea el mismo que el de tierra.

Así extintores portátiles de agua o de solución acuosa (clase C) no se recomiendan para el caso de fuego de equipos eléctricos. Estando el equipo eléctrico sin corriente, puede emplearse sin riesgo los extintores de clase A o B. Como medida todos los extintores que contengan solo agua (sin aditivos) pueden usarse a distancias mínima de 1.25m como medida de seguridad y evitar choque eléctrico.

Del análisis de todo lo anterior se ve que todos los sistemas que servirán para combatir el riesgo de fuego en el cuarto de bomba y proteger todo su contenido son peligrosos su uso por los efectos que puedan ocasionar al contacto humano.

Por eso es mejor cuando se trate el tema de aplicación de agua sobre equipos eléctricos o electrónicos, debe reconocerse el valor de los sistemas fijos de rociadores de agua pulverizada como medio de reducir los daños que puede causar el fuego, incluso aunque el equipo eléctrico o electrónico quede expuesto a la acción del agua.

La preocupación respecto al riesgo de descarga eléctrica no tiene que ser muy grande, así como tampoco respecto a los daños que pueda causar el agua en este tipo de instalación.

La experiencia ha demostrado que si un fuego desarrolla suficiente intensidad para provocar la intervención de los rociadores automáticos(sprinkles), si estos están bien instalados y mantenidos, pueden extinguir el fuego eficazmente sin exponer prácticamente al personal a ningún riesgo y sin que se produzca un aumento de daño en los equipos , en comparación con los daños que ocasionan el calor, las llamas, el humo y la posible necesidad de cualquier otro sistema de combatir el fuego, que no sea sprinkles.

Pero también se debe analizar el agua como elemento extintor, aun más su empleo a baja temperatura para luchar contra el fuego, de allí que los métodos de resolver su uso sin ningún problema varían desde:

- El método de tubería seca en vez de tubería humedad.
- La circulación o calefacción del agua en los depósitos donde se conserva con fines de protección contra el fuego.

- La adición de productos que bajan el punto de congelación del agua o una combinación de cualquiera de estos métodos. En sitios en que el agua de uso para los rociadores automáticos puede congelarse y en que las líneas de tuberías de abastecimiento sean internas y no se utilicen para uso doméstico, se utilizan líquidos anticongelantes como el cloruro de calcio, glicerina, el di etileno glicol, el etileno glicol, etc.; siempre que las autoridades respectivas lo permitan.
- También se usan elementos humectantes, para reducir la tensión superficial del agua y con ello aumentar la cantidad de superficie libre de agua útil para la absorción de calor, al mismo tiempo que se reduce su capacidad de escurrirse, con lo que se incrementa la eficacia de las propiedades extintoras del agua, al aumentar la cantidad de calor absorbido para un volumen dado. El agua con aditivos humectantes debe emplearse solo con equipos cuya adaptación para este tipo de productos químicos haya quedado comprobado que no le afecta.
- El uso de soluciones de agua humedad no debe emplearse contra equipos eléctricos bajo tensión debido a su conductividad. Sin embargo, podría aplicarse con

precauciones en forma de agua de pulverización fina o nebulizaciones de agua humedad, por sus características penetrantes puede tener efectos más dañinos que beneficiosos contra los motores, transformadores, otros equipos y controles. Cualquier aparato eléctrico al que se haya aplicado agua humedad debe limpiarse y secarse totalmente antes de volverlo a poner en servicio.

# CAPÍTULO 5

## **5. SELECCIÓN DE EQUIPOS ESPECIALES PARA PROTECCIÓN DE INCENDIO EN CENTRALES DE GENERACIÓN.**

Como todos los capítulos anteriores, se debe insistir en la utilización de las normas de la NFPA con el fin de proceder a seleccionar los sistemas más idóneos para proceder a la protección de propiedades, equipos principales, accesorios de producción, personal de planta y administrativo.

Entre las normas utilizadas para proceder a la selección equipos y alarmas para aplicar a los múltiples equipos que existen en una “Central de Generación” se tiene:

NFPA 15 “Para sistemas fijos de rociadores de agua pulverizada para protección de incendio”

NFPA 10, 14, 22 y 24 “Instalación de extintores”; además de hidrantes.

NFPA 291 “Clasificación de Hidrantes”.

NFPA 72 E “Detectores de humo”.

NFPA 70 “Código Eléctrico Nacional”.

NFPA 30,31”Códigos de líquidos inflamables y combustibles”.

NFPA 850 “Protección de fuego de Centrales Eléctricas”

NFPA 85 “Sistema de Combustión de Calderas”.

NFPA 101 “Código de Seguridad de Vida”.

NFPA 72 “Código de alarmas de Fuego Nacional”

### **5.1. Bases Teóricas y Prácticas de su Selección**

Los sistemas de mangueras y la toma de agua constituyen un medio de aplicar agua manualmente contra los incendios de edificios de cualquier clase. Resultan necesarios siempre que no exista protección automática y en aquella zona de edificios industriales o privados a las que no pueden acceder fácilmente las líneas de manguera procedente de los hidrantes exteriores.

Otro equipo especial para protección de incendio en centrales de generación son los hidrantes que sirven para conectar líneas de mangueras directamente, por lo tanto los hidrantes deben

situarse de modo que las líneas de mangueras sean cortas, preferiblemente no mayores de 250 pies (75m).

Debe haber suficiente hidrantes para que como mínimo puedan aplicarse dos chorros de extinción a cualquier parte del interior de los edificios no cubiertos por tomas de agua fija.

Los hidrantes de planta pueden instalarse en los patios y parques de las instalaciones industriales muy congestionadas, cerca de las torres de escaleras, etc.

Los sistemas fijos de agua pulverizadas se emplean extensamente para la protección del equipo eléctrico de gran valor y o de gran importancia, tales como transformadores, conmutadores refrigerados por aceite y motores. La norma NFPA 15 proporciona los datos para la instalación de estos sistemas e incluye tabla de distancia recomendadas entre el equipo de pulverización y los componentes eléctricos bajo tensión carentes de aislantes o protección exterior, cuyo potencial no sea el mismo que el de tierra.

Generalmente el agua pulverizada puede emplearse eficazmente para cualquiera de los siguientes fines o combinación de ellos:

- Control del fuego.

- Extinción del fuego.
- Protección contra fuegos exteriores.
- Prevención del fuego.

Estos sistemas de agua pulverizadas se aplican usualmente a: materiales combustibles ordinarios; instalaciones de equipos eléctricos como interruptores en baños de aceite y maquinarias eléctricas rotativas, líquidos y gases inflamables combustibles, depósitos de gases y líquidos inflamables, equipos de procesos industriales y estructuras, etc.

Existen limitaciones respecto al empleo de agua pulverizada, como es la naturaleza del equipo a proteger, o las propiedades y características químicas y físicas de los materiales y al entorno de los riesgos o peligros.

Los extintores son la primera línea de la defensa contra el fuego y debe darse prioridad a su necesidad y uso, así como la previsión de cantidades suficientes de extintores para aplicarlo con rapidez y combatir el origen de los fuegos.

#### **5.1.1. Selección de Mangueras y Tomas Fijas de Agua**

Los sistemas de tomas fijas de agua están destinadas a su empleo por parte de los servicios de incendio con el objeto de disponer de un medio fácil y rápido de obtener chorros de extinción eficaces en la plantas altas de los edificios de gran altura o en los edificios bajos pero amplios. No remplazan a los sistemas de extinción automática, que son los que generalmente se prefieren como forma de protección.

En algunas instalaciones se ha dejado de exigir la instalación de sistemas de este tipo de tomas fijas de agua, dando preferencias totales a sistemas protegidos por rociadores automáticos.

El abastecimiento de los sistemas de toma de agua fija, depende del número y tamaño de los chorros que sea necesario usar y del tiempo que se prevea deban funcionar, así como de las necesidades de los rociadores automáticos que se alimentan de la misma tubería de salida.

Los sistemas de agua fijas y mangueras deben constantemente mantener la presión de agua. Cuando esto no sea posible, como los edificios carentes de calefacción, el sistema debe estar adaptado para dar entrada automáticamente al agua por una válvula de tubería seca.

Los medios de suministro de agua aceptados, pueden ser:

- Sistemas municipales de abastecimiento de agua que tengan la presión adecuada.
- Bombas de incendio con mando manual y depósito de presión.
- Depósitos de presión.
- Depósitos de gravedad.
- Bombas de incendio de mando manual activadas, por mandos a distancias en cada estación de mangueras.

Debe haber dos fuentes de agua independientes, la primera debe ser capaz de alimentar los primeros chorros que entran en acción hasta que las fuentes secundarias puedan ponerse en operación.

El suministro de agua de servicio público o de las bombas de incendio para tomas fijas y alimentar mangueras de 2½" (70mm) utilizadas por los bomberos o personas estrenadas (Sistemas Clase I y II) es de 2000 l/min. (500gpm) durante un periodo mínimo de 30 minutos; para el caso de una sola toma y para las tomas adicionales 1000 l/min. (250gpm) durante al menos 30 minutos.

Se requiere, además, que la alimentación tenga suficiente fuerza para mantener una presión residual de 65 lbs. /pulg. (4.5Kg/cm<sup>2</sup>) en la salida más elevada de cada toma de agua fija (incluyendo las de cubiertas) con un caudal de 500gpm (2000l/min).

El suministro de agua para los servicios de Clase II (1½") es de 400l/min durante un periodo mínimo de 30 minutos, al igual debe mantenerse los 65 lbs./pulgs<sup>2</sup> (4.5Kg/cm<sup>2</sup>) con un caudal de 100gpm (400l/4min).

En los sistemas de Clase I a III se requieren disponer de una o más conexiones para el servicio de bomberos.

Es esencial que estas conexiones se encuentren en el exterior de los edificios o en las calles, cerca de las bocas de incendio o hidrantes, e instaladas de tal forma que permitan acoplar las mangueras con facilidad y de forma conveniente; sin obstáculos.

#### **5.1.1.1. Clases de Sistemas**

Los cuatros sistemas de tomas fijas de agua generalmente reconocidos son:

- Sistemas de toma húmedos, que disponen de una válvula de alimentación abierta, y donde la presión del agua se mantiene constante. Este es el sistema óptimo.
- Sistemas de toma seca, en los que el agua entra mediante operación manual de aparatos a control a distancias, situados en cada una de las estaciones de mangueras. El mecanismo de control del suministro de agua introduce un factor de exactitud que debe tenerse en cuenta.
- Sistemas de tomas de agua en edificios carente de calefacción. El sistema debe adaptarse para que admita automáticamente agua mediante una válvula de tubería seca.
- Sistemas de tomas secos carentes de suministro permanente de agua, este tipo puede usarse para reducir el tiempo necesario para que el servicio de bombero disponga en funcionamiento sus líneas de mangueras en las plantas superiores de edificios altos.

Los sistemas se los clasifica en 3 clases:

Clase I (conexión para mangueras de 2½", 70mm) se destinan para la utilización por parte de los servicios de bomberos o por

personal adiestrado en el manejo de mangueras de gran diámetro. En los edificios de gran altura carentes de rociadores, fuera de la escalera de servicios de los bomberos, los sistemas Clase I pueden suministrar el agua para los métodos primarios de lucha contra el fuego, es decir, el ataque manual.

Clase II (conexiones de mangueras de 1½" o 40mm) se destinan al uso de los ocupantes del edificio hasta la llegada de los bomberos.

Las mangueras están conectadas a lanzas abiertas de 10mm (3/8") o 12.5mm (1/2") o combinadas de chorro de niebla con válvula de cierre.

Normalmente la manguera se mantiene acoplada a la válvula de cierre en la salida.

Cuando las mangueras destinadas al empleo por parte de los propios habitantes pueden alimentarse adecuadamente por medio de conexiones a las tuberías húmedas de los sistemas de rociadores automáticos, no son necesarias las tomas de agua por separados para estas mangueras menores.

Clase III Se aplican para uso de servicios de bomberos, personal capacitado y los ocupantes de edificios. Debido a su

uso múltiple, están provistos para conexiones de mangueras de 70mm (2 ½") y 40mm (1½"). Se emplea una válvula de 70mm (2½") con un adaptador de 2½"x1½" o 70mmx40mm fácilmente desmontable que va acoplado permanentemente a la toma de agua fija.

#### **5.1.1.2. Proyecto y Cálculo de los Sistemas**

La norma más comúnmente utilizada para el proyecto y cálculo de los sistemas de toma de agua fija es la "Norma para sistemas de toma fija de agua y de mangueras de la NFPA #14".

El número de las tomas de agua y su disposición o distribución para que ofrezcan una distribución adecuada se rigen por las condiciones del local, tales como la actividad que en el caso presente es planta de Generación Eléctrica, tipo de construcción del edificio, exposiciones a peligros exteriores y accesibilidad.

Las tomas de agua que alimentan simultáneamente a mangueras de 1½" y de 2½" , deben retirarse de tal modo que cualquier parte de cada piso se encuentre como máximo a una

distancia de 30 pies (10m) de la lanza instalada en el extremo de una manguera de 100 pies (30m) de largo.

Las tomas de agua deben estar protegidas contra posibles daños mecánicos o por el fuego.

Las bocas de salida de mangueras de gran diámetro deben hallarse en el recinto de las cajas de escaleras y los de mangueras de pequeños diámetros en los pasillos o lugares adyacentes de las cajas de escalera.

Hay que evitar situar las mangueras destinadas a los ocupantes de los edificios en el interior de los recintos de las escaleras de salida puesto que su empleo podría producir la introducción de humo o calor en la misma, impidiendo que se utilice como vía de escape y poniendo en peligro los que intentan huir por ellos.

Hay que escoger cuidadosamente la situación para garantizar que las ventanas, puertas o compuertas de las cubiertas puedan dañarse en las circunstancias imperantes durante un incendio.

Cuando el sistema de toma de agua se alimente por medio de una bomba contra incendios, hay que poner a nivel de planta

baja una conexión para manguera de 2½" por cada 250 gpm de capacidad de la bomba, para uso del servicio de bomberos en la lucha contra fuegos exteriores al edificio.

Cuando los edificios se encuentran a una distancia de 60 pies (18m) o menos respecto a otros edificios cuyo incendio pudieran constituir una amenaza, deben disponerse tomas de agua capaz de suministrar agua a grandes chorros para ofrecer una protección contra fuego exterior, axial como para protección interior.

La "Norma para sistemas de tomas fijas de agua y de mangueras de la NFPA" limita la altura de cada zona de un edificio a 275 pies (82.5m) aunque se puede aumentar hasta 400pies (120 m) cuando en cada boca se instale un reductor de presión, que regule la presión de las lanzas. Cuando se emplean regulador de presión, se regulan para que produzcan una presión máxima de 100 libras /pulg.<sup>2</sup> (7Kg/cm<sup>2</sup>) en la válvula de salida de la manguera.

La norma idónea es dividir los edificios en zonas de presión.

El almacenamiento de agua para la lucha contra incendio debe calcularse separadamente para cada zona de presión. Los

depósitos para almacenamiento de agua para cada zona de presión pueden cargarse a partir de los sistemas de tuberías que suministran agua para otros usos en el edificio. Cada zona de presión debe disponer de un depósito de gravedad y de una bomba contra incendios, la bomba toma el agua por aspiración del depósito de gravedad que alimenta a la zona de presión situada directamente por debajo. Cada zona debe tener su propia conexión para servicio de bomberos. Ver Anexo Fig. 5.1 - Fig. 5.2

#### **5.1.1.3. Sistemas Combinados de Sprinkles y Toma de Agua Fija**

En los sistemas combinados de rociadores y tomas fijos de agua, las conducciones ascendentes de los rociadores pueden servir para alimentar tanto el sistema de rociadores como las bocas de salida de las mangueras. Estas serían de 2½" (70mm).

Si el edificio estuviese provisto de rociadores toda su totalidad, pueden suprimirse las mangueras de 1½" (40mm) que emplean los ocupantes.

El tendido de las tuberías debe cumplir con los requisitos de la "Norma para sistemas de rociadores automáticos" y con la "Norma para sistemas de tomas fijas de agua y de mangueras"

expedidas por la NFPA en lo que respecta a las conducciones ascendentes y a los suministro de agua.

El suministro de agua mínimo para sistemas combinados en edificios de gran altura pero de bajo riesgo, es de 500 gpm (2000 l/min.).

El suministro de agua mínimo en otros tipos de edificios de gran altura es de 1000 gpm (4000 l/min.).

La inspección periódica es esencial en todas las partes de los sistemas de tomas fija de agua. Los depósitos de presión deben tener mínimo una presión de 75 libras/pulg<sup>2</sup>. (5Kg/cm<sup>2</sup>).

Las válvulas de las fuentes automáticas de alimentación de agua deben mantenerse siempre abiertas.

Las estaciones de mangueras deben examinarse periódicamente para chequear fugas.

Las fugas de las válvulas para mangueras pueden detectarse inspeccionando sus grifos de drenaje.

Hay que comprobar que las conexiones y los drenajes no estén taponados con tierra y sedimentos.

### **5.1.2. Selección de Hidrantes**

- En la selección de hidrantes para uso de sistemas contra incendio, a fin de conectar en ellos líneas de mangueras directamente, deben situarse de modo que las líneas de mangueras sean cortas, preferiblemente no mayor a 250 pies (75m).
- Se debe considerar en su selección que todos los puntos exteriores del edificio puedan ser alcanzados desde los hidrantes con manguera de longitud normal.
- El diámetro normal de la abertura de la válvula inferior debe ser por lo menos de 4" (100mm) para dos bocas de salida de 2½" o mayores; de 5" (125mm) para tres bocas de salida de 2½" o mayores; de 6" (150mm) para cuatro boca de salida de 2½" o mayores.

Como regla general los hidrantes con una válvula inferior menor de 4" (100mm) o con menor capacidad de descarga que la proporcionada por dos salidas de 2½"; no están aprobadas u homologadas por algún laboratorio de ensayo reconocido.

- La conexión entre una conducción de agua y un hidrante no debe tener nunca diámetro inferior a 6".

- El área neta del cuerpo del hidrante no debe ser inferior al 120% del área de la abertura de la válvula.
- Descargando un caudal de 250 gpm (950 l/min.) por cada boca de salida de 2½", las pérdidas totales en el hidrante no deben exceder de 2 Lbs./pulg.<sup>2</sup> (0.14Kg/cm<sup>2</sup>) en los de dos salida, 3lbs/pulg.<sup>2</sup>(0.21Kg/cm<sup>2</sup>) en los hidrantes de tres salida y 4lbs/pulg.<sup>2</sup> (0.78Kg/cm.<sup>2</sup>) en los hidrantes de cuatro salida.
- La válvula de purga debe ser de material no corrosivo.
- La tuerca de maniobra será pentagonal de dimensión uniforme y debe medir 1½" (38mm) de punta a cara en la base y 1-7/16" (36mm) en la corona.

#### **5.1.2.1. Tipos de Hidrantes**

Existen hidrantes con diferentes configuraciones en la boca de salida.

Probablemente uno de los tipos más comunes es el que tiene dos bocas de salida de 2½" (60mm) y una tercera mayor para conexión de una bomba.

También existen hidrantes hasta con seis bocas de salida individuales de 2½" y con dos o más salida para bombas.

Pueden darse el caso de hidrantes con o sin bocas de salida individuales de 2½”.

Existen dos tipos de hidrantes de uso general.

Hidrante seco que tiene la válvula en la base, la válvula que regula el paso de agua debe estar situada debajo del punto de peligro de heladas, entre el pie y el cuerpo del hidrante. El cuerpo está normalmente seco y el agua solo pasa por él cuando se necesita. La válvula de desagüe, situada en la base del cuerpo del hidrante, debe ser abierta cuando la válvula de conexión a la conducción de agua se encuentre cerrada, para que pueda drenarse el agua residual.

La válvula y la acometida de agua deben estar por debajo de las líneas de congelación en sitios que lo requieran. Ver Anexo Fig. 5.3

Hidrantes húmedos (tipo poliformes) que se emplean en sitios que no exista peligro de congelación. Estos hidrantes tienen una válvula de compresión por cada salida, pero pueden también tener una sola válvula en la parte superior del hidrante para regular el paso de agua por todas las bocas de salida. Ver Anexo Fig. 5.4

La “Norma de la NFPA 291” recomienda que los hidrantes se clasifiquen del siguiente modo.

**TABLA 21**

**SEÑALIZACIÓN UNIFORME DE LOS HIDRANTES DE INCENDIO**

<b>CLASE</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>COLOR: SOMBRERETE Y TAPAS DE SALIDA</b>
A	1000gpm (3785/min.) o mas	VERDE
B	500 $\leq$ 1000gpm (1890/min. a 3875/min.)	NARANJA
C	0 $\leq$ 500gpm (1850/min.)	ROJO

La clasificación se basa por mediciones del caudal y pruebas realizadas en periodos de demanda ordinaria, y en presiones residuales de 20 lbs./pulgs<sup>2</sup> (1.5Kg/cm<sup>2</sup>) con presiones iniciales de más de 40 lbs./pulgs<sup>2</sup> (3Kg/cm<sup>2</sup>).

Cuando las presiones iniciales son inferiores a 40 lbs./pulg<sup>2</sup>, las presiones residuales son por lo menos la mitad de la presión inicial.

La clave del color para señalar la capacidad es muy simple y coincide con los colores empleados normalmente para indicar la seguridad, peligro y condiciones intermedias.

Los hidrantes instalados en propiedades particulares pueden ser de color que quiera el propietario. Los hidrantes de propiedad privada, pero situados en vías públicas, se pintan de rojos para distinguirlos de los públicos.

Los hidrantes públicos son generalmente de color amarillos cromo, excepto en casos que se ha adoptado otro color, como nuestro medio que usan el color rojo.

#### **5.1.2.2. Proyecto y Cálculos de Instalación de Hidrantes**

En los proyectos de instalación de hidrantes, además de las condiciones especificadas en el párrafo 5.1.2, tenemos otras que deben tenerse en cuenta a fin de que el diseño de la instalación sea de acuerdo a lo exigido por la “Norma de la NFPA # 291” y otras instituciones especializadas.

La distancia entre los hidrantes queda establecida por la demanda de caudal para incendios, es así que en ningún punto la distancia entre hidrantes debe exceder de 800 pies (240m). En zonas urbanas de gran densidad de edificaciones

es más lógica una distancia entre hidrantes de 500 pies (150m). Es deseable que exista suficiente número de hidrantes para encontrar el caudal necesario contra incendios en cualquier punto de un edificio importante, sin que ninguna línea de manguera exceda 500pies (150m) en longitud.

En condiciones normales los hidrantes se sitúan a aproximadamente 50 pies (15m) de los edificios que deben proteger

**TABLA 22**  
**DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS HIDRANTES**

<b>Caudal de incendios requerido. Lts/minuto.</b>	<b>Superficie media cubierta por cada hidrante. m<sup>2</sup></b>
3785 o menos	14865
5680	13935
7570	13000
9460	12075
11360	11150
13250	10220
15140	9290

17040	8825
18930	8360
20820	7895
22710	7430
24600	6965
26500	6500
30285	6040
32180	5340
34070	5100
37850	4645
41640	4180
45425	3720

Los hidrantes se colocan a plomos con las bocas de salida aproximadamente a 18" (450mm) por encima de la superficie del terreno, así como 18" (450mm) del piso en las casetas de mangueras.

Cuando se montan los hidrantes antes de que quede acabado el pavimento, debe tenerse en cuenta la altura del acabado del solado y la accesibilidad. La mayor parte de los hidrantes

tienen una línea en el cuerpo de los mismos que indican el nivel a que debe quedar el suelo.

En los hidrantes que se congelan no se recomienda el empleo de sal o soluciones salinas para impedir la congelación porque tienen un efecto corrosivo y su unidad es muy limitada, probablemente método más satisfactorio de descongelar un hidrante es por medio de una manguera de vapor que se introduce por una de las bocas de salida y se empuja hacia abajo disolviendo el hielo al avanzar.

Respecto a los cálculos de instalación se lo hará de acuerdo a las normas adecuadas existentes al igual que los cálculos hidráulicos respectivos, al diseñar el sistema principal de Sistema Contra Incendio de una planta de Generación Eléctrica.

### **5.1.3. Selección de Extintores**

Es muy probable que un extintor portátil, instalado en un punto donde pueda ser necesario, no se emplee durante muchos años, pero cuando lo sea, es esencial que este en buen estado de

funcionamiento y debe hacerlo con la máxima eficacia y sin riesgo para el usuario.

También es importante que los extintores se escojan considerando su tipo y tamaño en relación con la intensidad y tipo de incendio que puede producirse. Puesto que la mayor parte de los extintores consisten en envases a presión, están expuestos a posibles roturas si el cuerpo no está correctamente calculado, construido y mantenido.

La seguridad del extintor a nivel de cálculo y proyecto corresponde al fabricante y queda determinado por las normas, ensayo de comportamiento, inspección y procedimiento de etiquetado, llevado a cabo por laboratorios o firmas responsables.

La National Fire Protection Association formula una norma para la instalación de extintores, la #10 de la NFPA; a su vez exige esta norma que el empleo de extintores portátiles sea de aquellos homologados o aprobados, lo cual también es exigencia de las autoridades.

Los extintores producidos por diversos fabricantes o incluso por el mismo fabricante, que contenga la misma cantidad de agente extintor, obtienen a veces diferente clasificación de acuerdo a la

velocidad de descarga, la conformación de la boquilla, la configuración del chorro de descarga, etc.

#### **5.1.3.1. Clasificación de Extintores**

Para facilitar el uso apropiado de los extintores contra los diferentes tipos de fuegos para lo que están clasificados, la “Norma para extintores de la NFPA” ha clasificado los fuegos en cuatro diferentes:

**Clase A.-** Fuegos de materiales combustibles sólidos ordinarios (maderas, tejidos, papel, goma y muchos plásticos) que necesitan para su extinción los efectos de enfriamiento o absorción del calor que produce el agua.

**Clase B.-** Fuegos de líquidos combustibles o inflamables, gases inflamables, grasas y materiales similares cuya extracción se logra más fácilmente eliminando el oxígeno, inhibiendo la emisión de vapores combustibles.

**Clase C.-** Fuegos de equipos y maquinarias eléctricas bajo tensión, en los que la seguridad de las personas que manipulan el extintor exige el empleo de agentes extintores que no conduzcan la electricidad.

Si el equipo eléctrico no está bajo tensión, puede resultar adecuado utilizar extintores clase A o B.

**Clase D.-** Fuego de ciertos metales combustibles, tales como magnesio, titanio, zirconio, etc.; que requieren un medio extintor que absorba el calor y no reaccione con los metales incendiados. Ver Anexo Fig. 5.5

**TABLA 23**  
**TAMAÑO Y EMPLAZAMIENTO DE LOS EXTINTORES PARA FUEGO DE**  
**CLASE A**

Clasificación mínima básica del extintor para la zona especificada	Longitud máxima de recorrido hasta alcanzar los extintores	Zona protegida por el extintor.		
		Actividad de riesgo		
		ligero	ordinaria	extra
1.A	23m	280m <sup>2</sup>	*	*
2.A	23m	560m <sup>2</sup>	280m <sup>2</sup>	*
3.A	23m	840m <sup>2</sup>	420m <sup>2</sup>	280m <sup>2</sup>
4.A	23m	1050m <sup>2</sup>	560m <sup>2</sup>	370m <sup>2</sup>

6.A	23m	1050m <sup>2</sup>	840m <sup>2</sup>	560m <sup>2</sup>
10.A	23m	1050m <sup>2</sup>	1050m <sup>2</sup>	840m <sup>2</sup>
20.A	23m	1050m <sup>2</sup>	1050m <sup>2</sup>	1050m <sup>2</sup>
40.A	23m	1050m <sup>2</sup>	1050m <sup>2</sup>	1050m <sup>2</sup>

\_ 1050m<sup>2</sup> se considera el limite practico.

\*Pueden cumplirse los requisitos de protección por medio de varios extintores de la clasificación mínima especificada.

**TABLA 24**

**CONVERSIÓN DE LA CLASIFICACIÓN ANTIGUA DE CLASE B**

<b>Clasificación antigua</b>	<b>Clasificación actual aproximada</b>
4-B	2-B
6-B	5-B
8-B	5-B
12-B	10-B
16-B	10-B

Algunos extintores portátiles son de gran utilidad solamente contra una clase de fuego; otros son aptos para dos o tres clases, ninguno es apto para las cuatro clases de fuegos.

El sistema de clasificación se encuentra en la “Norma para extintores de la NFPA” que establece los símbolos e

identificación de las clases con palabras suplementarias para recordar el significado de las letras.

**TABLA 25**  
**TAMAÑO Y EMPLAZAMIENTO DE LOS EXTINTORES PARA FUEGO DE**  
**CLASE B**  
**SALVO PARA PROTECCIÓN DE DEPÓSITOS PROFUNDOS DE**  
**LÍQUIDOS INFLAMABLES**

<b>Tipo de riesgo</b>	<b>Clasificación mínima básica del extintor</b>	<b>Máxima longitud del Recorrido hasta los extintores.</b>
Ligero	5-B	9m
	10-B	15m
Ordinario	10-B	9m
	20-B	15m
Extra	20-B	9m
	40-B	15m

La selección de extintores portátiles más adecuada para cada situación dada depende de:

- Tipo de materiales combustibles presentes que pudieran incendiarse.

- La gravedad previsible de un posible incendio (dimensiones, intensidad y velocidad de propagación).
- Eficacia del extintor frente al riesgo presente.
- Facilidad de su empleo.
- Personal capacitado para manejo de extintores.
- Las condiciones ambientales (viento, corrientes de aire, presencia de vapores).
- Adecuación del extintor este medio ambiente.
- Reacciones químicas desfavorables previsibles entre el agente extintor y los materiales incendiados.
- Los factores de seguridad y salubridad para el operario.
- Facilidades de cuidado y mantenimiento del extintor.

La “norma para extintores de la NFPA” establece tres niveles de riesgo:

**Riesgo ligero.-** Cuando la cantidad de líquido inflamable y materiales combustibles presente es tal, que puede preverse que los posibles incendios sean de pequeña magnitud.

**Riesgo ordinario.-** Cuando las cantidades de materiales combustibles y líquidos inflamables presente son tales que pueda preverse que los posibles incendios, sean de magnitud moderada. Locales comerciales, almacenes, apartamentos, etc.

**Riesgos extraordinarios.-** Cuando la cantidad de materias combustibles o de líquidos inflamables presente hagan prever que los posibles incendios serán de gran magnitud. Incluye talleres artesanales, zonas de manipulación de líquidos inflamables, pinturas, baños de inmersión, etc.

La selección de la clase de extintor más adecuado según el tipo de riesgo presente depende del análisis cuidadoso de las ventajas y desventajas de los distintos tipos disponibles, según las distintas circunstancias.

Extintores a base de agua para soldadura, corte, materiales.

Extintores de anhídrido carbónico para equipos electrónicos, zona de preparación de alimentos, laboratorios, imprentas, etc.

Extintores de gas licuado (halón 1211) es similar su uso a los de CO<sub>2</sub>, pero en comparación de eficacia los de halón son el doble y en cuanto al alcance también es doble.

Extintores de polvo los modelos portátiles manuales tienen un chorro de descarga con alcance entre 3m y 9m, según el tamaño del extintor, Su eficacia en presencia del viento es mayor que los de CO<sub>2</sub> y gas licuado.

Algunos modelos de extintores de polvo están equipados con lanzas y boquillas de gran alcance (alta velocidad) que son útiles para la aplicación del agente en ciertas condiciones especiales.

Existen cinco tipos distintos de agentes para los extintores de polvo, cada uno con sus ventajas e inconvenientes.

La comparación de la capacidad extintora aproximadamente de los diferentes agentes en relación con el bicarbonato sódico que fue el primer agente extintor usado, es: bicarbonato sódico (1), fosfato amónico (1.5), cloruro potásico (1.8), bicarbonato potásico (2), y bicarbonato de potasio –urea (2.5). Estos dos últimos agentes son los más usados por su mayor capacidad de extinción.

#### **5.1.3.2. Aplicación Práctica en Sistemas Contra Incendio**

El único agente apto para fuegos de clase A o B es el de fosfato mono amónico (polivalente).

Todos los extintores de agua clasificados solamente para fuegos de Clase A pueden actuar negativamente cuando se aplican a fuegos clase B, ya que pueden causar llamaradas, facilitando la propagación del fuego e incluso poner en peligro a las personas que lo manejan.

El empleo de extintores portátiles de agua contra incendio de equipo eléctrico bajo tensión o en sus cercanías, es peligroso porque la conductividad del chorro de agua tiene la capacidad de transmitir una descarga eléctrica mortal para el operador.

El anhídrido carbónico, aunque no es tóxico en sí, no es responsable cuando se emplea en concentraciones suficientes para extinguir el fuego. El empleo de este agente en un espacio cerrado carente de ventilación diluye el oxígeno existente.

La permanencia prolongada en estos sitios puede producir la pérdida del conocimiento o la muerte por asfixia o por falta de oxígeno.

Las personas que manejan extintores de anhídrido carbónico experimentan un calambre, aunque no estén en contacto con ningún objeto eléctrico. Estos calambres proceden de la acumulación de electricidad estática que se produce al descargar el extintor y, generalmente son más una molestia que un peligro.

Los agentes en los extintores de polvo más irritantes en concentraciones altas y causan reducciones de la visibilidad son el agente fosfito mono amónico y los agentes a base de potasio.

La descarga inicial del extintor tiene una fuerza considerable y si se lanza a cierta distancia contra líquidos o grasas incendiadas puede provocar que el fuego se propague por salpicadura antes que se pueda lograr su extinción.

El depósito de polvo de los extintores puede anular o reducir su conductividad subsiguiente del mismo, puesto que aquellos no son conductores de la electricidad. Estos agentes también pueden taponar los filtros de aire acondicionado, si se descargan cerca.

Los polvos, extintores polivalentes (a base de fosfato mono amónico) tienen carácter ácido, y en presencia de una

pequeña cantidad de humedad corroen algunos metales a no ser que se limpien total y rápidamente.

Al evaluar los aspectos de seguridad de los extintores portátiles debe hacerse hincapiés en que todos los fuegos emiten productos tóxicos de descomposición y que algunos materiales inflamados producen gases altamente tóxicos. Hasta que el fuego haya quedado extinguido y el espacio bien ventilado es importante impedir que se respire innecesariamente en las cercanías del fuego.

Los extintores portátiles tienen su máxima eficacia cuando están permanentemente disponibles y existen un número suficiente y con capacidad de extinción adecuada para su empleo por las personas familiarizadas con su manejo.

Los extintores se colocan por puntos estratégicos por toda la instalación.

La solución del problema de distancias de recorrido no consiste en el simple trazado de un círculo de cierto radio, puesto que esta distancia se mide sobre el recorrido real que debe realizarse para alcanzar el extintor.

Es mejor decidir el emplazamiento exacto de los extintores en el sitio a proteger, y seleccionar puntos que:

- Favorezcan una distribución uniforme.
- De fácil acceso.
- Estén libres de obstáculos como acumulación de mercancías o equipos.
- Estén cerca de los trayectos normalmente recorridos.
- No estén expuestos a sufrir daños físicos.
- Estén cerca de los sitios de entrada y salida.
- Sean fácilmente visibles.

La mayor parte de los extintores se instalan en paredes y pilares por medio de ganchos o abrazaderas fuertes y bien fijas, de modo que sostengan adecuadamente el peso de los extintores. En los grandes espacios abiertos los extintores pueden montarse en pedestales móviles o caretilas. Para que se respete el plan de distribución, se hacen marcas en el suelo para indicar las posiciones donde deben estar.

Muchos extintores se montan en armarios o en nichos en las paredes, por lo que es importante que las instrucciones de manejo queden a la vista y que el extintor sea fácil de sacar.

La “Norma para extintores de la NFPA” especifica la distancia al suelo y las alturas de montaje, según el peso del extintor, como sigue:

Los extintores cuyo peso bruto no exceda de 18Kg deben estar instalados de tal modo que la parte superior del extintor no está a más de 1.50m por encima del suelo.

Los extintores cuyo peso exceda de 18Kg (excepto los montados sobre ruedas) deben instalarse de modo que la parte superior del extintor no esté a más de 1mt.; encima del suelo.

En ningún caso la separación entre la parte baja del extintor y el suelo debe ser inferior a 10 cm.

En cuanto a los extintores de clase C, para uso de máquinas eléctricas bajo tensión, cuya capacidad se aplica según la situación de riesgo de clase C que se juzga individualmente según los siguientes aspectos:

- 1) Dimensiones del aparato eléctrico a proteger.

2) Configuración del equipo eléctrico (particularmente las partes ocultas o cerradas que influyen sobre la acción del agente extintor).

Cada uno de estos factores influye sobre la cantidad y tipo de agente necesario, la dosis de descarga requerida, la duración de la aplicación correspondiente y los factores relativos a los residuos y desperdicios que pueden formarse.

Respecto a los extintores de clase D, estos deben situarse a no más de 23 mts, del punto considerado peligroso.

El empleo de extintores no adecuados puede aumentar instantáneamente la propagación del fuego. Cuantitativamente, la cantidad de agente extintor necesaria se mide normalmente por el área de combustible metálicos que podrían verse envueltos en el fuego, más la posible gravedad del fuego (que podría producir la coacción del agente extintor), en la que influye la forma y tamaño que adaptan las piezas metálicas.

Los extintores clasificados como aptos para fuegos de clase D no son necesariamente efectivos contra los fuegos de todos los metales.

Es imprescindible identificar rápidamente los tipos de extintores y su emplazamiento, para poder usar el más adecuado según la clase de incendio que se produzca.

De allí que existen símbolos para la identificación y señalización de extintores que permita localizar su emplazamiento en el interior de una instalación.

Es de máxima importancia que la posición de los extintores esté claramente señalizada.

En una situación de emergencia es esencial que se encuentre y ponga en uso rápidamente el extintor necesario, cuando el fuego todavía se encuentre en una etapa incipiente.

Para ayudar al reconocimiento del extintor más adecuado para su empleo en una situación de emergencia, la NFPA ha creado y recomienda un sistema de rótulos que contiene la letra que identifica cada clase de fuego y su extintor correspondiente, suplementado con texto, un símbolo fácil de reconocer y una clave de color.

Respecto a los extintores se deben realizar mantenimiento de puntos básicos:

- Las piezas mecánicas del aparato (es decir, el recipiente y otros componentes).
- La cantidad y el estado del agente extintor.
- El estado de los medios de expulsión del agente extintor.
- Pruebas hidrostáticas.

El programa de mantenimiento de los extintores debe incluir el registro de las fechas de adquisición y de operaciones, de revisión y reparaciones.

Respecto a las pruebas hidrostáticas es con el fin de evitar que fallen debido a:

- 1) Corrosión interna causada por humedad y no detectada.
- 2) Corrosión externa causada por la humedad atmosférica o vapores corrosivos.
- 3) Daños causados por manipulación descuido (no visibles).
- 4) Presurizaciones repetidas.
- 5) Defectos de construcción.
- 6) Montaje impreciso de las válvulas o de los discos de seguridad.

- 7) Exposición del extintor a temperaturas superiores a las normales.

Las recomendaciones de la NFPA para las pruebas hidrostáticas exigen que se realicen en intervalos que no excedan los indicados en tabla 27:

**TABLA 26**  
**CONVERSIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE EXTINTORES ANTERIOR A**  
**1955 A LA DEL 1º DE JUNIO DE 1969**

<b>Agente exterior</b>	<b>Tipo y tamaño de extintor</b>	<b>Clasificación de los UL Anterior a 1955</b>	<b>Clasificación de 1955 a 1º de junio de 1969</b>
Solución química (Acido-base).	5 ó 6 litros	A-2	1-A
	10 litros	A-1	2-A
	64 litros	A	10-A
	125 litros	A	20-A
Agua	6 ó 7 litros (bomba o presión).	A-2	1-A
		A-1	2-A
	10 litros (bomba o presión).	A-1	3-A
		A-1	4-A
	15 litros (bomba o presión).	A	10-A
		A	20-A

	19 litros (bomba o presión). 64 litros (presión). 125 litros (presión). 5 cubos de 12 litros o 6 cubos de 10 litros.	A-1	2-A
Chorro sólido	4 litros 7 y 10 litros 125 litros	A-2, B-4 A-1, B-4 A	1-A 2-A, 1/2 B * 20-A
Espuma	5 ó 6 litros 10 litros 19 litros 38 litros 64 litros 125 litros	A-2, B-2 A-1, B-1 A-1, B-1 A, B A, B A, B	1-A, 2- B 2-A, 4- B 4-A, 6- B 6- A, 8- B 10-A, 10- B 20-A, 20- B
Anhidrido carbonico	3 kilos o menos 3 kilos 4 a 5 kilos 7 a 9 kilos 11 ó 12 kilos 23 kilos 34 kilos	B-2, C-2 B-2, C-1 B-2, C-1 B-1, C-1 B-1, C-1 B-1, C-1 B-1, C-1	1-B,C 2-B,C 4-B,C 4-B,C 6-B,C 10-B,C 12-B,C

	45 kilos	B, C	12-B, C
Polvo seco	2 a 3 kilos	B-2, C-2	4-B, C
	3 kilos	B-2, C-1	6-B, C
	4 a 7 kilos	B-1, C-1	8-B, C
	9 kilos	B-1, C-1	16-B, C
	14 kilos	B-1, C-1	20-B, C
	34 kilos a 160 kilos	B, C	40-B, C
Agente humectante	38 litros	A,B	6-A
	75 litros	A,B	12-A
	190 litros	A,B	30- A

Nota: no se concede clasificación de clase C a los extintores de anhídrido carbónico con boquilla metálica.

\* Los extintores portátiles con clasificación en fracciones de números no cumplen los requisitos de la "Norma para extintores de la NFPA".

**TABLA 27**  
**INTERVALO PARA LAS PRUEBAS HIDROSTÁTICAS DE**  
**EXTINTORES**

<b>Tipo de extintor</b>	<b>Intervalo entre las pruebas (Años).</b>
Acido – base	5
Agua y /o anticongelante activado por cartucho	5
Agua y /o anticongelante con presión incorporada	5

De agente humectante	5
De espuma	5
De chorro sólido	5
De polvo con recipiente de acero inoxidable o de latón soldado.	5
De anhídrido carbónico	5
De polvo con presión incorporada y recipiente de acero dulce, de latón – bronce soldado o aluminio.	12
De polvo activado con cartucho con recipiente de acero dulce.	12
De bromotrifluorometano (halón 1301).	12
De bromoclorodifluorometano (halón 1211)	12
De polvo especiales activados por cartucho con Recipiente de acero dulce *	12

\* Con excepción del acero y del acero inoxidable que se emplean en los cilindros de gas comprimido, todos los demás recipientes de acero se definen como de acero dulce o acero suave.

**TABLA 28**

**REQUISITOS PARA LAS PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA**

Acido – base	Presión original de prueba en
Espuma	fabrica*,
Agua activada por cartucho	Según se indica en la placa de

	identificación.
Extintores de anhídrido carbónico Cilindros de anhídrido carbónico y De nitrógeno (empleados en extintores montados sobre ruedas).	5/3 de la presión de servicio estampada en el cilindro.**
Extintores de anhídrido carbónico Cuyo cilindro cumple con la especificaciones ICC3	210 Kg /cm <sup>2</sup> .
Todos los de presión incorporada y de bromoclorodifluorometano (1.211).	Presión de prueba en fábrica que no exceda del doble de la presión de servicio.
Manguera para estructuras de Anhídrido carbónico.	87.5 Kg /cm <sup>2</sup> .
Mangueras para extintores de polvo y de polvos especiales.	21 Kg /cm <sup>2</sup> .

\* La presión de prueba en fábrica es la obtenida en el recipiente recién fabricada. Esta presión se indica en la placa de identificación.

\*\* La presión de servicio es la presión de funcionamiento normal según se

indica en el manómetro y en la placa de identificación.

#### **5.1.4. Selección de Detectores de Humo, Alarmas y Accesorios para Protección Contra Incendio**

Describiremos aparatos de detección automática que se usan en la protección de incendios en industrias y edificios:

- Detectores de humo.
- Detectores de llama.
- Detectores de calor.
- Detectores de gases inflamables y vapores.

El funcionamiento de cualquiera de los tipos de aparatos de detección de incendio puede servir para poner en marcha los sistemas de extinción. Además los sistemas pueden ser accionados por cualquiera de los distintos aparatos de detección o de supervisión que actúan como reacción a otras indicaciones que no sean necesariamente de incendios como, ejemplo: la concentración de vapores.

Los sistemas de disparos se valen de aparatos detectores térmicos o de humo que generalmente accionan elementos electromecánicos para realizar la operación deseada, como abrir

válvulas para permitir el paso de agua hacia los sistemas de rociadores, o para poner en acción otros sistemas de extinción.

Los elementos detectores pueden ser: termostáticos, termovelocímetros ópticos o iónicos. La energía para su actuación procede generalmente de un solenoide eléctrico o de un contrapeso desenganchado por el propio sistema.

Detectores de humo su funcionamiento se basa en el principio óptico según el cual el humo que penetra en un rayo luminoso oscurece o refracta la luz hacia una célula fotoeléctrica de detección de humo por medios fotoeléctricos en varios grados de densidad, se usa en especial cuando el tipo de fuego permisible es capaz de generar cantidades importantes de humo antes que las temperaturas cambien lo suficiente para activar los sistemas térmicos de detección. Ver Anexo Fig. 5.6 - Fig. 5.7

Los detectores de humo ópticos pueden ser: tipo puntual y tipo lineal.

Los detectores de humo iónicos.

Detectores de puente de resistencia.

Detectores de análisis de muestra.

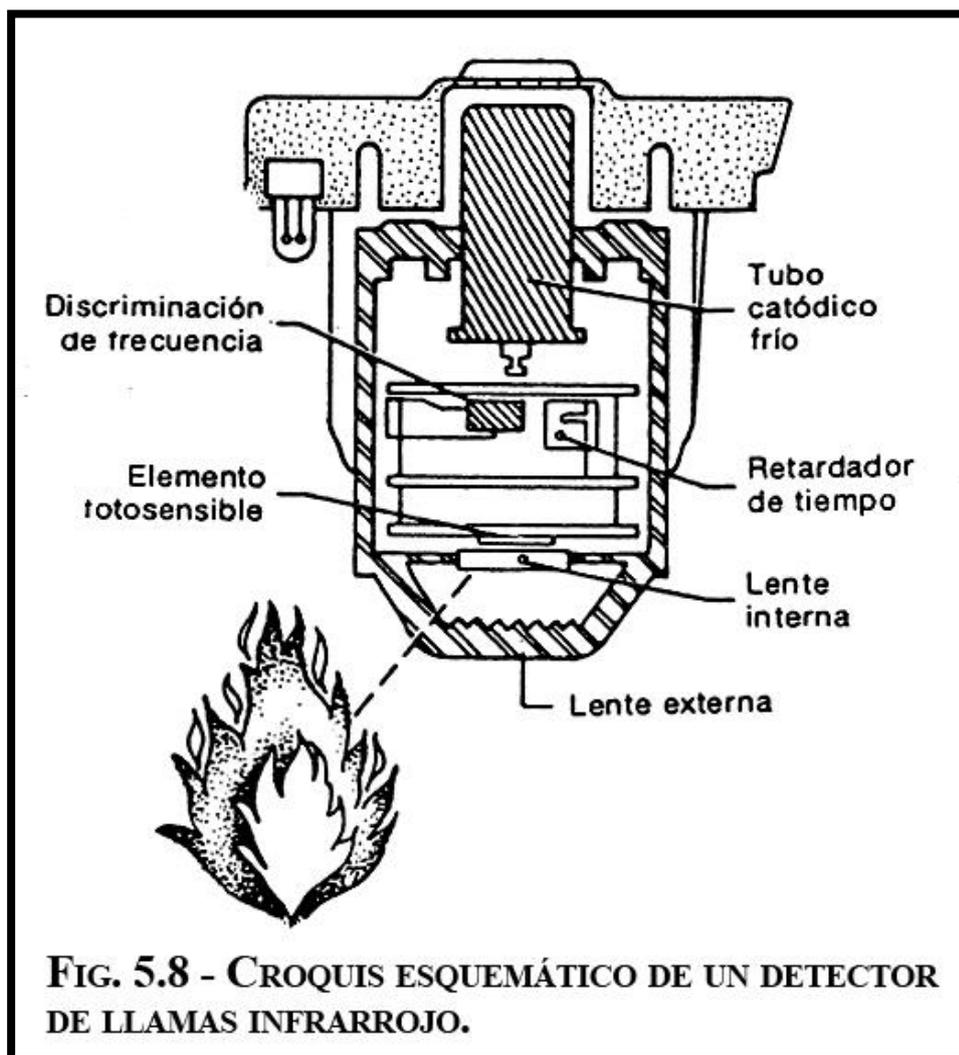
Todos estos tipos de detectores actúan por efecto de la combustión, que al producir humo, este afecta y produce accionamiento del sistema operativo que está construido cada tipo de detector, que se acciona automáticamente.

Detector de llamas que reaccionan ante la aparición de la energía radiante visible para el ojo humano (aproximadamente entre 4000 y 7700 angstroms) o la energía radiante que esta fuera del campo de la visión humana. Estos detectores son sensibles a las brasas incandescentes y a las llamas que irradian energía de suficiente intensidad y naturaleza espectral para motivar la reacción del detector.

Existen cuatros tipos básicos de detectores de llamas.

- Infrarrojos.- Estos aparatos tienen un elemento sensor que reacciona a la energía radiante que esta fuera del campo de la visión humana (>7700 angstroms).
- Ultravioletas.- Tienen un elemento sensor que reacciona a la energía radiante que esta fuera del campo de la visión humana (aproximadamente < 4000 angstroms).
- Fotoeléctricos.- Trabajan con la energía radiante que actúa sobre la celda fotoeléctrica.

- De oscilación de la llama.- Trabajan con la detección de la oscilación de frecuencia de la luz de la llama, es por eso que es seguro.



Detectores de calor que pueden clasificarse en forma general en dos tipos:

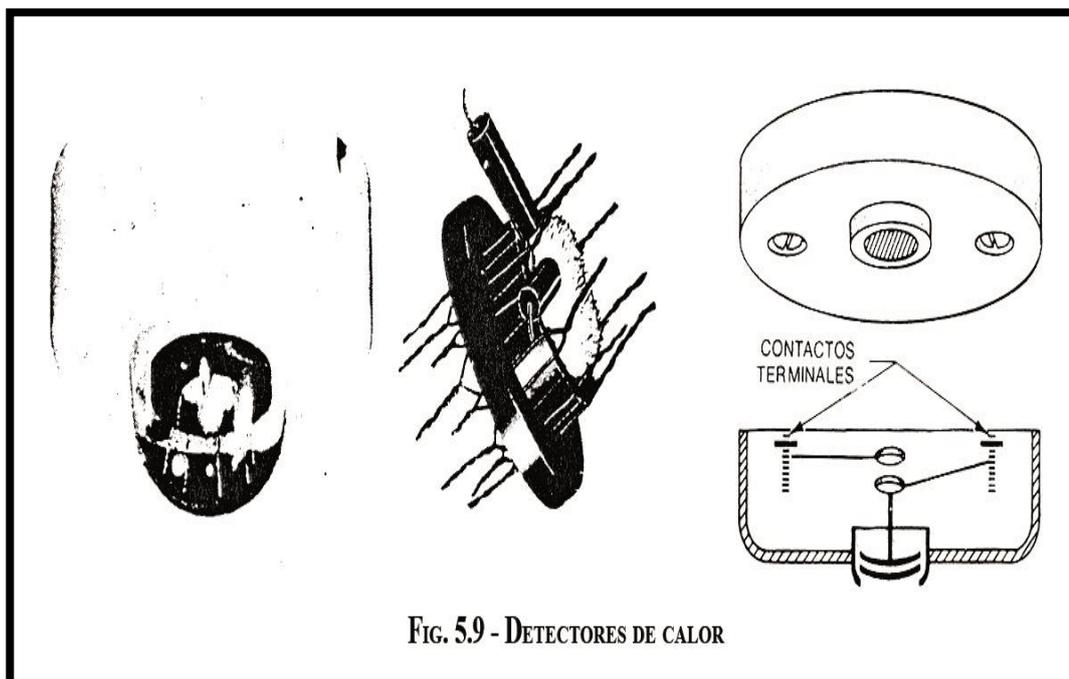


FIG. 5.9 - DETECTORES DE CALOR

Los que reaccionan cuando el elemento detector llega a una temperatura predeterminada (termostáticos).

Los que reaccionan ante una velocidad excesiva de aumento de la temperatura (termo velocímetro). Los mismos principios son aplicables a los aparatos puntuales y a los lineales.

Al grupo de detectores termostáticos pertenecen:

Los de termóstato bimetalico que señalen los diferentes coeficientes de dilatación al calor de los dos metales para producir un movimiento que cierra un contacto eléctrico. De estos existen los termóstatos de laminas metálicas; los termóstatos de

membrana bimetálicos; tenemos los de cable termo sensible; y los de aleaciones fusibles y ampolla de cuarzo.

En el grupo de los detectores termo velocimetríticos están: los detectores de canoa neumática, detectores termoeléctricos.

Detectores térmicos compensados (termostáticos-termo velocimetríticos) estos tienen dos reglajes, uno es la velocidad de aumento de la temperatura y el otro la temperatura fija a la que la unidad se activa. El último se activa cuando el proceso no ha funcionado. Ver anexo Fig. 5.10

Detectores térmicos compensados (de anticipación y diferenciación) estos proporcionan una activación asegurada a una temperatura máxima predeterminada y compensar los cambios en la velocidad de aumento de temperaturas.

Se puede decir que los detectores termo velocímetros se idearon para aprovechar esta característica para sentir y reaccionar rápidamente ante un fuego de rápido desarrollo y los termostáticos para reaccionar cuando el crecimiento del fuego fuese lento, tan lento que la velocidad de aumento de la temperatura no pudiera entrar en fuego.

Además para uso como alarma de contra incendio tenemos la unidad de detección autónoma que es un aparato que contiene un detector, el equipo de control y el emisor de la señal de alarma en un solo cuerpo. El aumento de energía puede proceder de la propia unidad a obtenerse en el punto de su instalación, existen algunas clases: unidad de detección iónica, unidad de detección óptica en humos, unidad de detección térmica (tipo mecánica de relojería) y unidad técnica de detección (con gas impulsor).

#### Detectores de pruebas de gases inflamables y vapores

Se pueden detectar los gases inflamables y los vapores de líquidos inflamables por medio de instrumentos diseñados para este fin. Tales instrumentos se conocen como indicadores de gases combustibles, todos actúan por las identificaciones de algunas características de una muestra introducida en el instrumento.

Estos instrumentos se basan en el principio de combustión catalítica.

Entre los instrumentos para prueba de gases inflamables y vapores, tenemos algunas clases:

Indicadores portátiles.

Indicadores continuos.

Indicadores de oxigeno.

Cuando se produce un incendio, el funcionamiento del aparato termo- sensible, depende de la transferencia de calor del aire caliente al aparato sensor y de la temperatura del propio aparato hasta llegar al a temperatura de activación.

La velocidad a que el aparato alcance su temperatura de activación depende de varios factores:

El coeficiente de transmisión calorífica entre el aparato y el aire caliente.

- La masa del aparato.
- El área superficial del aparato.
- La velocidad másica del aire que pasa por el aparato.
- La diferencia de temperaturas entre el aire y el aparato.
- La velocidad a que el propio aire se calienta durante el proceso de transmisión de calor.

De esto se desprende que cuando el aparato termo-sensible funciona, la temperatura del aire que lo rodea será generalmente más alta que la temperatura de activación del propio aparato. Esta

diferencia entre la temperatura de activación del aparato y la temperatura real del aire se llama comúnmente desfase térmico.

En un incendio, la diferencia de desfase térmico de dos aparatos dados depende más de los primeros cuatro factores antes citados que del sexto, mientras que el desfase térmico de un solo aparato dado depende más que nada del sexto factor, la velocidad a la que la temperatura del aire aumenta.

De acuerdo a la “Norma # 72 E de la NFPA para detectores de incendio” que establece la distribución y esparcimiento de los mismos, la aplicación a sistemas contra incendio para Centrales de Generación Eléctrica, ha sido lo más real, considerando y respetando lo especificado en la “Norma 72 E de la NFPA”.

Los detectores térmicos puntuales, colocados en el techo, deben situarse a no menos de 6” (15.24 cm) de distancia de las paredes, o los colocados en las paredes, a una distancia entre 6” y 12” del techo. Para una protección completa los detectores deben distribuirse por todo el edificio.

Los factores que deben tenerse en cuenta para el espaciamiento de los aparatos de detección son:

- La conformación del techo.

- La altura del techo.
- El volumen del local.
- La distribución de los espacios.
- La temperatura normal del local.

La posibilidad de temperaturas anormales debidas a aparatos productores de calor o de procesos industriales y la existencia de corrientes de aire que pudieran influir sobre el funcionamiento normal del aparato.

Existen aparatos graduados para su empleo con temperaturas normales en el techo de hasta 149°C (300°F) y más.

La Norma 72 E, establece que el emplazamiento de los detectores de humo debe basarse en estudios técnicos de los factores ya anotados y de otros como:

- Velocidad del aire.
- La configuración del contenido.
- Las características de combustibilidad de los materiales almacenados.
- El número de detectores necesarios para cubrir totalmente la zona.

- La situación de los detectores respecto a las instalaciones de ventilación y de acondicionamiento de aire.
- La presencia de polvo o de vapores que pudieran activar los aparatos detectores.
- Posibles obstrucciones de los rayos fotoeléctricos por las mercaderías almacenadas.

# CAPÍTULO 6

## 6. SELECCIÓN DE PROTECCIÓN DE RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES

Se aplica la NFPA 30 cuyo propósito es proveer los requerimientos razonables para la seguridad en el almacenaje y maniobras de líquidos combustibles e inflamables.

Las medidas de esta norma deben consolidarse lo necesario para prevenir un razonable nivel de protección de pérdida de vida y propiedades debido al fuego y explosión.

Las cláusulas de este capítulo se refiere al control de peligros de incendio que pueden involucrar a los líquidos.

Las operaciones con líquidos deben ser de tal forma que, estén localizados sus reservorios y operados los mismos sin que constituyan un riesgo significativo o peligro de explosión que atente contra la vida, las propiedades de otros, o edificios importantes dentro de la misma planta. Requerimientos específicos deben aplicarse para evitar riesgos

en la operación de los líquidos almacenados, sus temperaturas y presión, así como los vapores producidos que deben ser controlados para evitar incidentes de incendios. La interrelación de los muchos factores involucrados debe ser analizada bajo criterios de ingeniería y prácticas gerenciales a fin de establecer, adecuados requerimientos físicos y de operación.

Los códigos de la norma NFPA 30 no se aplica a:

- Algunos líquidos que tiene punto de fusión igual o más que 100 ° F (37.8 ° c).
- A gas licuado o líquido criogénico.
- Líquidos que no traen punto de inflamación, que puedan ser inflamables bajo algunas condiciones, tales como ciertos hidrocarbonatos halogenados y mezclas que contienen hidrocarbonatos halogenados y algunos aerosoles.

Las medidas de este código o normas puede ser alterados con cierta discreción de las autoridades de la jurisdicción después de considerar y analizar situaciones especiales, tales como las condiciones topográficas del sitio, presencia o ausencia de artículos de protección (barricadas, paredes, etc.), adecuaciones de salidas de edificios, la naturaleza de las posiciones próximas a construir o propiedades adyacentes, y la construcción de tales edificios.

Capacidad y construcción de tanque para propósitos de almacenamientos y la naturaleza de los líquidos a almacenar, el grado de protección de incendios privados medidos y la capacidad del departamento de bombero local.

También pueden ser modificados con discreción por las autoridades, los códigos de esta norma NFPA 30 en el caso de que otras regulaciones como la Protección Ambiental, imponen requerimientos que no fueran previstos por la norma 30

### 6.1. Generalidades

Algunos términos que necesitan ser conocidos en el proceso de almacenamiento, se dan en la norma NFPA 30 como:

- **Gas Licuados.-** Un gas que bajo presión, es parcialmente líquidos a 70°F (21°C)
- **Líquido criogénico.-** Es un gas líquido refrigerado cuya temperatura de ebullición es por debajo -130°F (-90°C) a la presión atmosférica.
- **Tanque sobre-tierra.-** Es un tanque que es instalado encima de tierra, que son protegido de acuerdo con UL 2085, “Normas para aislar tanques sobre tierra que almacenan líquidos inflamables y combustible”.

Con el fin de aplicar debidamente los códigos de las NFPA 30, se debe conocer algunas definiciones:

- **Temperatura de ebullición** Que no es más que la temperatura a la cual la presión de vapor es un líquido que regula la presión atmosférica de su alrededor. Para propósito de temperatura de ebullición, la presión atmosférica se considera 14.7 psia (760 mm Hg).
- **Temperatura de inflamación** Es la mínima temperatura de un líquido a la cual suficiente vapor se da hasta formar una mezcla inflamable con el aire, cerca de la superficie del líquido o dentro del recipiente usado.
- **La presión de vapor.-** Es la presión medida en libras por pulgadas cuadradas absolutas (psia); tal como lo determina la norma ASTM D323, "Normas de métodos para pruebas para presión de vapor de productos de petróleo".

Los líquidos almacenados se clasifican según sean inflamables o líquidos combustibles.

Respecto a los líquidos combustibles se clasifican en:

- **Clases II** Los que tienen temperaturas de inflamación de o arriba de los 100°F (37.8°C) y bajo de 140°F (60°C)

- **Clase III** aquellos que tiene temperaturas de inflamación en o arriba de 140°F (60°C) pero abajo de los 200°F (93°C)
- **Clase III B** aquellos líquidos que tiene temperaturas de inflamación en o arriba de los 200°F (93°C)

Con relación a los líquidos inflamables que tiene su temperatura de inflamación bajo los 100°F (37.8°C), se clasifican en:

- **Clase I** aquellos líquidos que tiene su temperatura de inflamación debajo de 100°F (37.8°C) y la presión de vapor no excede de 40 psia (2068.6 mm Hg) a 100°F (37.8°C) según las normas ASTM D323.
- **Clase I A** Aquellos líquidos que tiene una temperatura de inflamación bajo 73°F (22.8°C) y temperatura de ebullición bajo 100°F (37.8°C)
- **Clase I B** aquellos líquidos que tienen temperatura de inflamación bajo 73°F (22.8°C) y temperatura de ebullición en o arriba 100°F (37.8°C)
- **Clase I C** líquidos que tiene temperatura de inflamación en o arriba de los 73°F (22.8°C), pero menor que 100°F (37.8°C).

La temperatura de inflamación de un líquido que tiene una viscosidad debajo de los 5.5 centi Stokes, a 104°F (40°C) debajo de los 9.5 centi Stokes, a 73°F, debe ser determinada de acuerdo con ASTM D56 “Normas de Métodos de Prueba para determinar la temperatura de inflamación por el residuo contenido en una taza cerrada”

## **6.2. Normas para Protección de Tanques de Almacenamiento de Combustibles.**

En cuanto a las normas para protección para la construcción, operación y reparación de tanques que almacenan combustibles u otros, existen algunas:

- Para el caso de tanques de techos flotantes, de acuerdo a los diseños como el caso de portón superior cerrado o doble techo flotante se construyen de acuerdo con las normas del API 650, que trata de “Tanques de acero soldados para almacenamiento de aceite”.

Los tanques con techo fijo y ventilación en la parte superior son construidos de acuerdo a las normas API 650 “Tanques de acero soldado para almacenar aceites”.

Los tanques atmosféricos que cumplen con normas para mantener los requerimientos necesarios como la:

1. UL 58, “Normas para tanques de acero bajo tierra para líquidos combustibles inflamables”; UL80 “Normas para tanques de aceros interior para combustible de aceite quemado”; UL 142 “Normas para tanques sobre tierra para líquidos inflamables y combustibles”; UL 2080 “Normas para tanques resistentes al fuego para almacenar líquidos inflamables y combustibles”; UL 2085 “Normas para protección de tanques bajo tierra para almacenar líquidos inflamables y combustibles”.
2. API especificaciones 12 B tanques empernados para almacenar líquidos, API especificaciones 12 D tanques soldados en el campos para almacenar líquidos, API especificaciones 12 F tanques construidos en fábricas para almacenar líquidos.
3. UL 1746, “Normas para sistemas de protección de corrosión externa para tanques de acero almacenados sobre tierra”.

También hay excepciones tales como:

Tanques que no son construidos y diseñados de acuerdo con las normas API 650, están permitido operar a presiones de 1 psig, solamente si el análisis de ingeniería es ejecutado para determinar que el tanque puede soportar la presión elevada.

Los tanques atmosféricos no deben utilizarse para almacenar líquidos a temperatura mayor a su punto de ebullición.

Existen otras normas para tanques de baja presión como la API 620, “Reglas recomendadas para el diseño o construcción de tanques grandes para almacenar bajo presión y soldados”.

“Código para Calderos y Recipientes a Presión”. Código ASME para recipientes a presión anti fuego sección VIII, División 1, División 2, y sección I (Calderos de Potencia).

Los recipientes de presión no deben ser operados arriba de su presión de diseño.

Los tanques de almacenamiento atmosféricos deben ser adecuadamente ventilados para prevenir el desarrollo de vacíos o presión que pueden distorsionar el techo de forma cónica del tanque o que exceda la presión de diseño de los otros tanques atmosféricos, cuando llenan el tanque o debido a cambios de temperaturas.

Extrema precaución se debe aplicar al trabajar en tanques que mantienen o han mantenido materiales inflamables o combustibles, u otras sustancias riesgosas.

La misma precaución debe aplicarse a tanques que contienen vapores relacionados con sustancias combustibles que fueron o estén

almacenadas. Para estos casos, es importante que las personas que dirigen los trabajos deban tener un completo conocimiento de lo siguiente:

- Características de las sustancias que están o fueron almacenada en el tanque
- Asociar al trabajo a ejecutar los riesgos de seguridad y de salud.
- Procedimientos apropiados para proteger el tanque durante la ejecución del trabajo.
- Las normas NFPA 326 previenen los procedimientos básicos para proteger al tanque o contenedor previo a entrar, limpiar, reparar o cualquier otra actividad interior o exterior.

Los requerimientos para protección de un tanque son descritos en la NFPA 326 en el orden lógico en la cual el trabajo es normalmente conducido o ejecutado. De allí, que la norma completa debe ser revisada antes de proceder con la protección de las actividades de trabajo en el tanque.

Esta norma debe aplicarse para proteger tanques, operando a presión atmosférica normal, que contiene o va a contener líquido combustible o

inflamable u otras sustancias riesgosas o vapores y residuos explosivos.

Esta norma no puede aplicarse a tanques de vehículos, carros tanqueros o comportamiento de barcos, equipo de plantas de gas, o sistemas de distribución de gas natural o procesado, además de cilindro de gas licuado o comprimido.

**Líquido combustible** es aquel que tiene un punto de inflamación de o superior de 37.8°C (100°F).

**Líquido inflamable.-** Es el que tiene punto de inflamación inferior a 37.8°C (100°F) y presión de vapor máxima de 2068mm Hg (40 psia) a 37.8°C (100°F).

**Vapor inflamable.-** Son sustancias que existen en estados gaseosos a la temperatura y presión atmosférica, que son capaces de comenzar a quemarse y combustionarse cuando se mezcla con proporciones apropiadas de aire, oxígeno y otros oxidantes.

Existen algunos procedimientos de pruebas que están nombradas en la norma NFPA 326 como:

A fin de determinar una atmósfera segura, para proceder con el trabajo designado en un tanque, pruebas para líquidos inflamables y

combustibles, u otros vapores de sustancias peligrosas deben ser hechas con instrumentos apropiados como siguen:

- Antes de entrar o reentrar
- Previo de empezar alteraciones o reparaciones
- Antes y durante soldaduras, cortes y operaciones de calentamiento
- Frecuentemente durante el curso de el trabajo
- Después de limpiar el interior de cada tanque para determinar que el procedimiento de limpieza ha sido efectivo
- Después de algún proceso de industrial o actividad en el interior del tanque que puede cambiar la atmósfera dentro del tanque.

Debe tenerse la precaución de que los tanques que tienen líquido con alto punto de inflamación son peligrosos durante operaciones de corte y soldadura.

El personal calificado deberá determinar si se continúa o no las pruebas para vapor tóxico e inflamable, si previo a las pruebas de los vapores tóxicos e inflamables formados por los productos, éstos han sido almacenados o no son capaces de regeneración arriba de los niveles de exposición permisible.

El personal responsable de las pruebas debe estar entrenado y educado en el uso de los instrumentos, tener comprensión del significado de sus lecturas y darse cuentas de sus limitaciones.

Todas las pruebas deben ser conducidas usando instrumentos apropiadamente calibrados y adjuntados.

El instrumento debe ser calibrado con gases apropiados para la calibración dependiendo de los riesgos potenciales.

El ajuste del instrumento debe ser chequeado antes de cada día a usarse. La calibración del instrumento debe ejecutarse previo a su primer uso. El instrumento debe ser mantenido de acuerdo con las recomendaciones del fabricante

El número y ubicación de los puntos de muestreo debe determinarse por el personal calificado basado en el tamaño y configuración del tanque, además de prevenir una representativa determinación de la atmósfera en el tanque y riesgos potenciales del área alrededor del tanque.

A todos lo anterior se debe agregar algunas otras pruebas:

1. Prueba del oxígeno contenido para lo cual se debe usar un indicador de oxígeno calibrado apropiadamente para asegurar la

cantidad de oxígeno que está presente y no un indicador de gas de combustible.

2. Prueba de vapores inflamables para lo cual se usa un indicador de gas, o de combustible debidamente calibrado.

Todos los trabajos deben pararse inmediatamente cuando vapores inflamables exceden el 10% de límite de inflamación más bajo. La fuente de escape de vapor debe ubicarse y controlarse.

Algunos equipos que puedan prevenir una fuente ignición no deben ser permitidos dentro del área de protección de un tanque que haya sido limpiado hasta que el área sea probada y encontrada los vapores libres de productos de trabajos en caliente permitidos.

Durante la ventilación o purga por aire de algún tanque, la concentración de vapor inflamable del fluente debe ser probada tan a menudo como se necesita por el personal calificado a fin de asegurar que los vapores ventilados no producen ignición.

Si un educto de aire ejecuta la purga, el eductor debe crear un vacío que aspire el aire a través del tanque abierto y descargue a través de la abertura a la cual este adherido.

La prueba de concentraciones de vapores inflamables debe ejecutarse con el educto y seguridad, cerrado el tanque.

Cuando en la prueba de un tanque previo o durante el trabajo en caliente, si alguna indicación de gas inflamable o vapor en exceso de los límites permitidos y establecidos se encuentra, se procede a relimpiar y protege el tanque por uno de los métodos permitidos por la norma.

3. Prueba de vapores tóxicos y gases: Para esto se usará la instrumentación apropiada para identificar el nivel de exposición.

Guías respecto a los niveles máximos de aquellas sustancias pueden encontrarse en “Hojas de datos de seguridad de materiales” (MSAS); 29 CFR 1910, 1000, sub-parte Z, “Contaminación del aire”.

Los vapores inflamables en un tanque deben purgarse con aire, gas inerte, agua o vapor, el método cambia y se aplica de acuerdo al trabajo que se ejecutará en el tanque.

Líquidos inflamables o combustibles o vapores encontrados en espacios adyacentes o dentro, deben ser removidos o controlados previo a proceder a trabajar, aquellos espacios incluye, pero no se limitan a espacios intersticiales, columnas,

flotadores, estructuras huecas, techos flotantes, pisos de tanques, tanques con múltiples comportamientos, sellos de vapor, soportes de tuberías y cualquier otra área donde vapores o residuos pueden estar atrapados. Aquellos vapores de sustancias peligrosas que no son inflamables o combustibles, pero que son adversos y afectan la salud humana deben ser controlados previos a proceder por personal calificado.

Algunas precauciones deben tomarse para limpiar con aire, gases o vapores inflamables:

- Un límite efectivo debe mantenerse entre el aire en movimiento y el tanque a ser ventilado en orden a reducir el riesgo de incendios por electricidad estática.
- La presión de aire en el tanque no debe exceder la presión del diseño permisible máxima del tanque. Para prevenir exceso de fusión de aire las líneas de ventilación deben ser chequeadas para asegurar que estén libres de obstrucciones, bloqueos o trampas. Todas las descargas o ventilaciones a la atmósfera durante la actividad de purga deben estar a mínimo 3.7m. (12 pies) arriba de la superficie de la tierra y alejadas de las áreas que pueden contener fuente de ignición.

- El desplazamiento por presión negativa o vacíos debe usarse para extraer al exterior del tanque, usando un educto para mover el aire u otro equipo. Cuando se usa este método la conexión entre el educto y el tanque deben ser hermética. Todo equipo debe estar apropiadamente garantizados para prevenir la generación de carga eléctrica estática.
- Una presión positiva o soplado de aire debe usarse para impulsar hacia afuera del interior del tanque. El aire debe ser suministrado por un compresor o soplador que ha sido chequeado para entregar aire limpio que esté libre de vapores tóxicos e inflamables. La tubería difusora de aire, si es usada, debe ser ligada apropiadamente el tanque para prevenir la generación de carga eléctrica estática.

También se limpia con gas inerte pero tomando ciertas precauciones como:

- Se debe introducir al tanque a través de tuberías o mangueras que se extiende a un punto cercano a la parte superior del tanque, este punto debe estar alejado del sitio que se realiza la reparación u otra actividad en orden a permitir la reducción uniforme de oxígeno en el tanque. El gas inerte debe introducirse en el tanque con consideración a que su estructura interna permita la distribución de gas inerte a través del tanque.

- Cuando se introduce gas inerte bajo presión, baja presión debe usarse para reducir la generación de electricidad estática.

El oxígeno contenido debe ser medido directamente por un monitor de oxígeno. Si dióxido de carbón se usa el porcentaje de oxígeno permitido debe calcularse de el porcentaje de dióxido de carbón en el tanque por medio de un indicador de dióxido de carbono.

Cuando el trabajo se termina y previo a entrar al tanque debe lograrse la concentración adecuada removiendo el gas inerte y para esto se debe colocar una señal de aviso y prevención.

La remoción de gases o vapores usando gases, se logra llenando el tanque con agua y direccionando, repitiendo la operación o fin de eliminar la atmósfera inflamable, de todas maneras debe tenerse cuidado y de allí que es importante también ventilar durante la operación de llenado con agua.

Todos los líquidos, residuos de sólidos y vapores que se han generado como resultado de la limpieza y procedimientos de protección deben ser depositados apropiadamente de acuerdo con los requerimientos de regulación normalizados.

El agua no debe usarse para remoción de vapores, si puede reaccionar inversamente con líquidos inflamables, combustibles u otras sustancias peligrosas previamente contenidos en el tanque.

También el vapor se usa para desalojar gases o vapores peligrosos contenido en tanque, pero por ser un método sumamente peligroso casi no es recomendado usarlo, ya que el personal debe estar calificado y conocer todo el procedimiento, además que el desplazamiento con vapor pueden generar cargas eléctricas estáticas.

### **6.3. Construcción y Adaptación del Sistema más Óptimo para la Protección de Tanques de Combustibles.**

Una vez que se han seguido los procedimientos y normas recomendadas por la NFPA, un personal debe inspeccionar el tanque y certificar por escrito, que operaciones de protección son adecuadas para entrar o realizar trabajos en caliente, de allí que pueden ejecutarse estos trabajos independientemente o ambos a la vez.

La certificación debe incluir una descripción del trabajo a ejecutarse y los criterios para mantener las condiciones de seguridad durante el trabajo de construcción.

Se debe cumplir algunas indicaciones que deben seguirse para entrar al tanque a ejecutar trabajos en caliente u otra operación.

- El oxígeno contenido debe ser por lo menos 19.5% y no mayor al 23.5 % del volumen

- Límite de inflamación bajo (LFL) de 10%
- Algunos gases tóxicos o vapores producto de sustancias peligrosas y pinturas en los tanques deben cumplir las concentraciones permitidas.
- Los residuos o materiales asociados con el trabajo no deben producir gases o vapores arriba de las concentraciones permitidas, las cuales deben ser mantenidas y especificarse en la certificación. Si no se cumple una de estas indicaciones, no se debe permitir entrar a realizar cualquier operación en el tanque.
- Además el certificado debe especificar que el personal debe usar equipos de protección apropiada, ropa y el tiempo que puede permanecer en el interior del tanque.

Al realizar el trabajo en caliente existen algunas limitaciones que observar y cumplir:

- Los tanques o espacios con residuos o protegidas por pinturas cuyo punto de inflamación son 82.2°C (180°F) o mayor, deben ser sometidos a limpieza y el trabajo en caliente debe cumplirse una vez que el personal calificado verifique los puntos de inflamación, limpieza y emita la certificación.

- Para prevenir la expansión del fuego, debe limpiarse el área a una distancia suficiente en todas las direcciones, incluyendo el área de abajo de donde se ejecuta el trabajo en caliente, de tal forma que escorias o chispas no caigan o atraviesen aéreas no limpias. El área debe limpiarse para mantener los requerimientos de las normas de seguridad de la designación de “Permiso para trabajar en caliente”.

La naturaleza, ubicaciones, limitaciones y tiempo de ejecución del trabajo en caliente debe ser designado por la certificación que otorgue el personal calificado.

Ejemplo de gases inertes comunes usados son dióxido de carbono, nitrógeno, argón y helio. Estos gases pueden obtenerse en cilindros o tanqueros. El dióxido de carbono puede ser obtenido en forma de sólido.

Los tanques pueden permitirse hacerse de algunas formas, tamaños, o tipos consistentes con diseño de ingeniería.

Los tanques de metal deben ser soldados, remachados y empernados, o combinación de aquellos métodos.

- a) Los tanques deben ser diseñados y construidos con las buenas normas de ingeniería para los materiales de construcción. Tanques de acero o de otros materiales, no

combustibles, pueden construirse con ciertas limitaciones y excepciones

- b) Los materiales de construcción de tanques y sus accesorios deben ser compatibles con el líquido a almacenar. En caso de dudas de las propiedades del líquido a ser almacenado, el proveedor productor del líquido u otros peritos, al respecto deben ser consultados.

Los tanques construidos con material combustible deben ser autorizados por autoridades de la jurisdicción y estar limitados

a:

- Instalarse bajo tierra.
- Utilizados de acuerdo a los propósitos de los líquidos a almacenarse
- Almacenaje de tanques bajo tierra de Clase III B para líquidos no expuestos o derrames o fuego de Clases I ó Clase II
- Almacenaje de líquidos Clase III B en interiores de construcción protegida por sistemas automáticos de extintores de incendio

- c) Tanques construidos con camisas combustibles o no combustibles. El cambio del material de la camisa y su espesor requerido depende de las propiedades de los líquidos a ser almacenados.
- d) Análisis de Ingeniería se requiere si la gravedad específica del líquido a ser almacenado excede al del agua o si el tanque es diseñado para contener líquidos a temperatura de líquidos bajo 0°F (-17.8°C).

Cada tanque de almacenamiento sobre tierra debe tener una ventilación de alivio de emergencia, cuando se construye o un accesorio que permita aliviar el exceso de presión interna causada por una exposición al fuego.

A fin de satisfacer cualquier emergencia producida por calentamiento, se debe ayudar agregando válvulas de alivio de mayor capacidad o agregar más válvulas.

Colocar pernos largos a la tapa de ingreso hombre para permitir se alce bajo presión interna.

El área húmeda del tanque debe calcularse sobre la base del 55% del total del área descubierta de una esfera o esferoide, 75% del total del área descubierta de un tanque horizontal, 100% de placas descubiertas y áreas del piso de un tanque rectangular, pero

excluyendo la superficie superior del tanque, y los primeros 30 pies (9 mts.) debajo del área de las placas descubiertas de un tanque vertical.

**TABLA 29**  
**ÁREA HÚMEDA VERSUS PIES CÚBICOS LIBRE DE AIRE POR**  
**HORA 14.7 psia y 60°F (101.3 KPa 15.6°C)**

ft <sup>2</sup>	CFH	ft <sup>2</sup>	CFH	ft <sup>2</sup>	CFH
20	21100	160	168000	900	493000
30	31600	180	190000	1000	524000
40	42100	200	211000	1200	557000
50	52700	250	239000	1400	587000
60	63200	300	265000	1600	614000
70	73700	350	288000	1800	639000
80	84200	400	312000	2000	662000
90	94800	500	354000	2400	704000
100	105000	600	392000	2800	742000
120	126000	700	428000	-----	-----
140	147000	800	462000	-----	-----

Para valores descubierta de área de cubierta húmeda A 2800ft<sup>2</sup> (260 mts<sup>2</sup>)

El valor del requerimiento de ventilación se calcula por:

$$CFH = 1107 A^{0.82} \quad (6.3.1)$$

Para calcular la ventilación total de alivio de emergencia para determinados líquidos estables, se debe usar la siguiente fórmula:

$$\text{ft}^3 \text{ de aire libre por hora} = V \frac{1337}{L\sqrt{M}} \quad (6.3.2)$$

Un factor de reducción se puede aplicar para la determinación de la capacidad de ventilación de alivio de emergencia según lo siguiente:

- Un factor de reducción de 0.3 para aquellos tanques que están protegidos según la norma NFPA 15 “Normas para Sistemas fijos de Rociadores de Agua para Protección de Incendios”.
- Un factor de reducción de 0.3 para tanques protegidos por aislantes para temperaturas de 1660°F (904,4°C).
- Un factor de reducción de 0.15, para tanques que cumplen la norma NFPA 15 y son aislados para temperatura de 1660°F (104.4°C).

Para tanques donde accesorios de ventilación son instalados en las líneas de ventilación sus capacidades de flujo se determinan, según:

**TABLA 30**  
**DIÁMETROS DE LÍNEAS DE VENTILACIÓN**

Máximo Flujo gpm	Longitud de Tubería		
	50 ft	100 ft	200 ft
	Pulg.	Pulg.	Pulg.
100	¼	¼	¼
200	¼	¼	¼
300	¼	¼	½
400	¼	½	2
500	½	½	2
600	½	2	2
700	2	2	2
800	2	2	3
1000	2	2	3

Los metales usados para la fabricación de tanques deben tener un espesor suficiente para compensar la corrosión interna durante la vida del tanque, además de otros medios para prevención y protección contra la corrosión.

Así tanques sobre la tierra y sus tuberías deben ser protegidas por sistemas de protección catódica bien diseñado, instalado y mantenido de acuerdo a las normas.

Usar sistemas o materiales resistentes a la corrosión que hayan sido seleccionados y aprobados por las instituciones especializadas que deben seleccionar el tipo de protección de acuerdo al historial del área que está localizado el tanque.

Cuando los tanques no son diseñados de acuerdo a lo anterior o a normas del Instituto de Petróleo Americano, Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos o los Laboratorios Underwriters Inc. ó si la corrosión pasó los límites que se previno por el diseño de la fórmula con normas usadas, adicionar medida al espesor del metal o capas de pinturas para protección o camisas para prevenir y compensar pérdidas de materiales por corrosión durante la vida útil del tanque.

Los tanques protegidos deben estar cercados con vallas y probados de acuerdo con el UL 2085 “Normas para Protección de Tanques Sobre Tierra para Almacenar Líquidos Inflamables y Combustibles“. Al construirlo se debe prevenir los requerimientos para su resistividad al fuego, así evitar fuga de líquidos, falla de estructuras del tanque y estructuras soportes y deterioro de la ventilación, deberán ser probados por no menos de 2 horas de acuerdo a lo especificado en la norma UL 2085.

El tamaño de la ventilación de emergencia no debe reducirse sino cumplir con lo especificado por las normas.

Los tanques deben descansar sobre la tierra o sobre fundiciones hechas de concreto, mampostería conjunto de pilotes o acero.

Las fundiciones deben ser diseñadas para minimizar la posibilidad de hundimiento desigual del tanque y minimizar la corrosión de partes que descansan sobre a la fundición.

Cuando los tanques están soportados arriba de sus fundiciones los soportes de los tanques deben instalarse sobre fundiciones firmes.

Los soportes para tanques de almacenaje Clase I, Clase II o Clase III A, para líquidos deben ser de concreto mampostería o acero protegido. Las estructuras de aceros o conjunto de pilares expuestos para soportar tanques de almacenamientos de líquidos de Clase I, o Clase II deben estar protegidas por materiales que tengan una resistencia al fuego de no menos de 2 horas.

Los tanques de almacenamiento de líquidos estables y operando a presiones que no excedan 2.5 psig (Presión de manómetro de 17.2 kPa); Clase I, Clase II o Clase III A deben estar ubicadas de acuerdo con tablas 30 y 32.

El espaciamiento de los tanques está basado en diseños de techo frágil o junta de placas, el usuarios debe presentar evidencia certificada de la construcción a las autoridades de la jurisdicción para la aprobación respectiva. Ver Anexos tablas 31 y 32

Los tanques de almacenamientos Clase I, Clase II o Clase III A para líquidos estables o constantes y que operan a presiones que exceden 2.5 psig (presión manómetro de 17.2 KPa), o están equipados con ventilación de emergencia que permiten exceder la presión de 2.5 psig pueden ser instalados de acuerdo con las tablas: Tabla 30 y Anexos Tabla 32

**TABLA 33**  
**DISTANCIAMIENTO DE TANQUES**

<b>Tipo de Tanque</b>	<b>Protección</b>	<b>Mínima Distancia Pies</b>	<b>Mínima Distancia Pies</b>
Algunas	Protección por medio de flujo de agua fría por el Dpto. de Bomberos o Institución privada del usuario	1½ veces la tabla 30, pero no menos que 25 pies	1½ veces la tabla 30, pero no menos que 25 pies

	Ninguna	3 veces la tabla 30, pero no menos de 50 pies	1½ veces la tabla 30, pero no menos que 25 pies
--	---------	---	---

Los líquidos con características de hervir en la superficie o calientes no deben ser almacenados en tanques de techo fijos mayores que 150 pies (45.7 mts) de diámetro; excepto que se prevenga un sistema inerte de prevención en el tanque. Ver anexo. Tabla 34

Los tanques de almacenamiento de líquidos inestables deben ser localizados o instalados de acuerdo a las tablas 30 y 33 Ver anexo. Tabla 35

Los líquidos estables almacenados en tanques Clases III B deben ser ubicados de acuerdo a: Ver anexo Tabla 36

Tanque que almacena petróleo crudo y que tiene una capacidad individual que no excede 126000 galones y ubicado para facilitar la producción en sitios aislados no necesitan estar separados más de 3 pies (0.9 m). Ver anexo Tabla 37

Las tuberías de llenados que entran por la parte superior de un tanque debe terminar dentro 6 pulg. (150 mm) del fondo del tanque. Las tuberías deben ser instaladas o arregladas de tal forma que la vibración sea mínima.

Las conexiones de llenado y vaciados para líquidos clase I, Clase II y Clase III A, que están conectados y desconectados deben estar localizados afuera de edificios en una ubicación libre de alguna fuente ignición. Ellas deben estar ubicadas no menor que 5 pies (1.5 m) alejado de edificios abiertos. Tales conexiones para algunos líquidos deben cerrarse y apretarse cuando no estén en uso y deben estar apropiadamente identificados.

Tanques con líquidos inestables deben estar separados de la exposición de potencial fuego por espacios claro de por lo menos 25pies (7.6 mts.) o por pared que tenga resistencia al fuego de no menos de 2 horas. Los tanques dentro de los edificios deben estar accesibles por lo menos en 2 lados para combatir el fuego y controlarlo.

Tanques de almacenamientos en edificios deben ser construidos para mantener la integridad de la estructura por dos horas, bajo condiciones de exposición al fuego y además tener adecuado acceso y egreso, no obstruir el movimiento de todo el personal y equipos de

protección de incendios, en caso de que el material combustible o no combustible no sea para soportar las dos horas, deben estar protegidos por rociadores automáticos u otra protección equivalente que sea aprobado por las autoridades de la jurisdicción.

Los edificios con tanques de almacenamiento deben tener salidas fáciles para prevenir la evacuación de los ocupantes en eventos de incendio.

Se debe aislar los accesos por lo menos para mantener el movimiento del personal de bomberos y equipos de protección.

La distancia entre la parte superior del tanque y la estructura del edificio debe ser mínimo tres pies (0.9m) para proteger el edificio. Para edificios con sistema de supresión de fuego fijo en el exterior, se debe prevenir espacios para permitir la aplicación mangueras de flujo a la parte superior del tanque para propósitos de enfriamiento.

Los tanques dentro del edificio para almacenar líquidos Clase I, Clase II o Clase II A, a temperaturas arriba de su temperatura de inflamación deben estar ventilados a una razón suficiente para mantener la concentración de vapores dentro del edificio o bajo el 25% del límite de inflamación.

Los requerimientos de la ventilación deben ser confirmados por uno de los siguientes procedimientos:

- a) Cálculos basados en emisiones fugitivas anticipadas
- b) Muestreo de la concentración de vapor actual en condiciones de operación normal. Esto debe ser hecho a un radio de 1.5 mts de cada fuente potencial de vapor extendiéndose a las parte inferior y superior del área encerrada del tanque de almacenamiento.
- c) Ventilación a razón de no menor de un  $\text{pies}^3/\text{min.}/\text{pies}^2$  del área del piso.

La ventilación debe estar acompañada por ventilación natural mecánica, con descarga o escape a una ubicación exterior del edificio, sin recirculación del aire de escape. La recirculación es permitida cuando se monitorea continuamente usando un sistema seguro de falla, que es diseñado con sonido automático de alarma para la recirculación y previene completo escape al exterior en el evento que la mezcla aire - vapor tenga concentración sobre 25 % de límite de inflamabilidad inferior detectado.

Un suministro de agua confiable u otro control de fuego adecuado deben estar disponibles en presión y cantidad para mantener las

demandas de fuego indicados por peligro de almacenamiento especial o exposiciones al fuego.

Hidrantes con o sin toberas fijas monitoreadas, debe estar previsto de acuerdo en las prácticas aceptadas. El número y ubicación dependen de los riesgos de los almacenamientos o exposición; en estos casos se requiere utilizar protecciones fijas como: espuma, sistemas de rociadores agua- espuma, sistemas de rociadores, sistemas de agua pulverizada, sistema de inundación, materiales resistentes al fuego o combinación de estos.

Cuando espuma o sistema de espuma - agua se usan para protección del fuego, las densidades de descarga deben determinarse a especificaciones normalizadas y de las características de los líquidos inflamables o combustible a ser protegidos. Es así que los sistemas de control de incendio deben ser diseñados, instalados y mantenidos de acuerdo a las normas de NFPA siguientes:

- NFPA 11 Normas para espumas a baja expansión.
- NFPA 11 A Normas para sistemas de espuma media y alta
- NFPA 12 Normas para sistemas de extintores de dióxido de carbono

- NFPA 12 A Normas para sistemas de extintores de fuego de HALON 1301
- NFPA 13 Normas para la instalación de sistemas rociadores
- NFPA 15 Normas para sistemas fijo de pulverización de agua para protección de incendio
- NFPA 16 Normas para la Instalación de Espuma y rociadores de agua o sistemas de pulverización de agua – espuma.
- NFPA 17 Normas para sistemas de extintores químicos secos
- NFPA 25 Normas para la inspección, pruebas y mantenimiento de sistemas de protección de incendios basados en agua

La medida de prevención de incendios y control que es prevista, debe determinarse por medios de una evaluación de ingeniería de la operación y aplicación de las alarmas de sonido de protección de incendios y principios de procesos de ingeniería. Esta evaluación debe incluir pero no limitarse a:

1. Análisis de los riesgos de incendio y explosión, de la operación

2. Análisis de la emergencia de alivio de los envases de proceso tomando en cuenta las propiedades de los materiales usados y la protección de incendios y medidas de control tomadas.
3. Análisis apropiado para facilitar los requerimientos de diseño
4. Análisis apropiado de los requerimientos para manipuleos de líquidos, transferencia y uso.
5. Análisis de las condiciones del local, tales como su exposición y de las propiedades adyacentes así, como exposición a inundaciones, fenómenos naturales como huracanes, temblores, etc.
6. Escribir un plan de emergencia que sea consistente con la disponibilidad de equipos y personal, que debe establecerse y responder a fuego y emergencias; este plan debe incluirse:
  - Procedimientos a seguir en caso de incendio tales como: las alarmas de sonido, avisar al departamento de bomberos, evaluación de personal así como control y extensión del incendio.
  - Procedimiento y catálogos para conducción de ejercicios de aquellos procedimientos.
  - Designación y entrenamiento de personal responsable de llevar esas tareas.

- Mantenimiento de los equipos de protección de incendio.
- Procedimiento para cerrar o aislar equipos para reducir la fuga de líquidos. Esto debe incluir la asignación de personal responsable para el mantenimiento de partes o cerramiento de proceso de planta.
- Medidas alternativas para la seguridad de los ocupantes
- Planificación de medidas de control efectivo de incendio deben ser coordinadas por el departamento de bomberos.

# **CAPÍTULO 7**

## **7. CÁLCULO, SELECCIÓN Y PROTECCIÓN DE RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA**

La norma 22 contiene los requerimientos mínimos para el diseño, construcción e instalación de tanques y accesorios, además de equipos que suministran agua para la protección de incendios en la empresa privada, y se refiere a los requisitos:

- a) Tanque de gravedad, tanque de succión, tanque de presión.
- b) Torres
- c) Fundaciones
- d) Conexión de Tuberías y Accesorios
- e) Válvulas
- f) Llenado de tanques
- g) Protección para el congelamiento, en sitios de clima muy frío.

El propósito del NFPA 22 es de proveer una base para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de tanques de agua para protección de Incendios.

Esta norma se usa para tanques elevados sobre torres o edificios, tanques de almacenamiento de agua y de presión, de pequeño y gran tamaño.

El tamaño y elevación del tanque es determinado por las condiciones de cada sistema a construirse en que se consideran todos los factores recomendados.

El tanque debe estar localizado de tal forma, que tanto él y su estructura no estén expuestos al fuego de edificios adyacentes. A la falta del cercado para protección contra incendio o cualquier otra protección, se debe proteger por rociadores abiertos.

Donde es necesario la protección contra fuego esta debe estar mínimo a 6.1 mts, de los almacenamientos de combustible o ventanas o puertas de donde pueda llegar el fuego.

Las vigas y tirantes que unen columnas que son parte de las estructura de los tanques también deben estar protegidos contra el fuego. Los techos que cubren los tanques en lugares que son necesarios deben estar a 1.8 mts, de la parte superior del tanque.

La protección contra fuego de los tanques debe tener una resistencia al fuego no menos de 2 horas.

En que lo a que material se trata los tanques pueden construirse de acero, concreto o materiales prefabricados y hasta de madera.

Las estructuras de soporte de los tanques elevados son de torres de acero o concreto reforzado.

Durante la construcción en el campo de un tanque se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El espesor de la placa a soldarse para construcción del tanque o sitio.
- La soldadura de las placas debe ser calidad y hecha por personal calificado
- Se debe diseñar la hoja de esfuerzo y otros para que sea aprobado por las autoridades y representantes de las empresas que requieren el tanque de agua, y una vez que sean aprobados, proceder a la construcción.
- Terminada la construcción se debe proceder a una limpieza interior total de desperdicios y otros

- Antes de poner en servicio el tanque, el constructor y el representante de los dueños en conjunto deben inspeccionar el tanque, hacer un reporte de novedades encontradas, solucionar cualquier inconveniente y proceder a recibir el tanque, con Acta de Entrega – Recepción.
- La aplicación de alumbrado al tanque, debe ser de acuerdo con la NFPA 780 “Normas para la Instalación de Luces de Protección de Sistemas”, a fin de evitar cualquier peligro.
- El material no debe tener defectos que afecten su esfuerzo o servicio. El personal técnico debe ser calificado a fin de evitar defectos o daños durante la construcción o fabricación del tanque.
- Se debe usar material producido y aprobado de acuerdo a las normas nacionales e internacionales, y que cumple las condiciones mecánicas, metalúrgicas y químicas.

Los tanques de presión están protegidos contra riesgos por algunas normas de la NFPA

- a) NFPA 13 “Normas para la instalación de sistemas de rociadores”

- b) NFPA 14 “Normas para la instalación de sistemas de gabinetes y mangueras fijas”
- c) NFPA 15 “Normas para sistemas fijos de agua por pulverización para protección de fuego”

Los tanques de presión deben utilizarse sólo para protección contra incendio; salvo que las autoridades locales lo permitan, pueden usarse para otros propósitos.

Los tanques de presión deben mantener 2/3 de su capacidad llena de agua y una presión de aire de por lo menos 75 lb/pulg.<sup>2</sup> (5.2 bar) en el manómetro. La presión residual debe ser mínimo 15lbs/pulg.<sup>2</sup> (1 bar) con el fin de proveer esta presión al rociador más alto localizado, para protección en la parte superior del tanque.

Los tanques de presión deben ser contruidos de acuerdo con la ASME “Códigos para Calderas y Recipientes de Presión”, Reglas para la Construcción de Recipientes de Presión contra el fuego, Sección VIII División I, Recipiente de Presión contra el fuego.

La ASME norma los procesos de fusión de soldadura con ciertas regulaciones para los esfuerzos, calificación de soldadores y pruebas.

La prueba hidráulica de presión debe ser mínimo de 150 lb/pulg<sup>2</sup> (10.3 bar).

Además cada tanque de presión debe ser llenado hasta  $\frac{2}{3}$  parte su capacidad y probarlo a la presión lineal de trabajo con todas las válvulas cerradas y no debe perder más de  $\frac{1}{2}$  lb/pulg<sup>2</sup> (0.03 bar) de presión en 24 horas.

Como ya se especifico la prueba ASME, debe hacerse antes de que el tanque entre en servicio.

Todas estas pruebas deben repetirse una vez que el tanque este bien ubicada y conectado, listo para trabajar.

Los soportes deben ser de acero y deben estar localizados de tal manera que prevengan hundimientos o vibraciones y una apropiada distribución de las cargas causadas por el peso del recipientes cuando está lleno de agua.

Los esfuerzos de los soportes de acero no deben exceder lo permitido por las normas.

Los tanques deben tener una placa con las señales características de construcción y capacidades, que contengan nombre y localización del fabricante.

Año de construcción.

Longitud y diámetro.

Capacidad total galones ( $m^3$ ).

Presión de trabajo libras/pulg<sup>2</sup> (bar).

Respecto a la tubería de descarga esta debe ser dimensionada para suministrar la cantidad de agua requerida por el sistema de protección de incendio; pero no debe ser menos de 4pulg. (102 mm) en la mayoría de los casos.

La tubería de descarga debe estar conectada al fondo del tanque de tal forma que evite succión de sedimentos que pueden pasar al sistema. Una válvula cheque y una válvula de control de compuerta deben ser instaladas en la tubería de descarga, directamente sobre o cerca del tanque.

Tuberías y válvula deben ser adecuadamente soportadas.

La tubería de llenado de agua del tanque debe ser de por lo menos 1 ½ pulg (38 mm) y debe ser adecuadamente soportada y protegidas de daños mecánicos. Y su ubicación debe ser la más lógica según el origen de la fuente de provisión de llenado de agua.

El diseño de la presión de carga del suelo y la correspondiente altura de la fundición para el tanque debe ser determinado por investigación de superficie bajo tierra y por una revisión de fundiciones de sitios vecinos al sitio a localizar el tanque.

Tales investigaciones deben incluir pruebas de perforaciones hechas por y bajo la supervisión de Ingenieros con experiencia en suelos, o pruebas de suelo en laboratorios y así determinar la altura necesaria que soportaría el tanque y su contenido almacenado.

El diseño de la presión de carga del suelo debe prevenir un factor de seguridad de 3 basado en los últimos cálculos sobre capacidad de carga de los suelos para todas las cargas verticales directas, incluyendo el momento de carga en las columnas.

El factor de seguridad no debe ser menor de 2, cuando se considera la presión de punta para la carga vertical directa mas el momento de volteo causada por la dirección del viento en la parte superior de los pilares individuales (tanque sobre tierra).

Las tuberías para llenado automático de tanques de succión deben descargar en la mitad opuesta a la tubería de la bomba de succión. La tubería de rebose debe tener capacidad adecuada para la condiciones de operación y no debe ser menos que 3pulg.

Los tanques deben ser periódicamente inspeccionados, probados y mantenidos de acuerdo con la NFPA 25 "Normas para la inspección, prueba y mantenimiento de sistema de protección de incendios basado en agua".

Además de normas como:

- AWWA D100 Tanques de Aceros Soldado para Almacenar Agua.
- AWWA D102 Pintado de Tanques de Acero para Almacenar Agua.
- SSPC PAI Pintura de Mantenimiento de Fábrica y Campo.
- SSPC SP6 Limpieza por Samblasting para Preparación de Superficie a Unir.

De acuerdo con el AWW D100, la mezcla de arena lubricada puede consistir en aproximadamente 18 gal (68 lts.) aceite fuel N° 2 por yarda cúbica (m<sup>3</sup>) de arena. En la práctica, cantidad de 6 gal a 9 gal (22.7 lts. a 34 lts.) por yardas cubicas (m<sup>3</sup>) de arena debe ser valor aceptado.

### **7.1. Detalle de Ingeniería**

Referente al diseño de tanques de agua y otras se va analizar las cargas diferentes a considerar:

- 1) Carga muerta que no es más que el peso estimado de todos los materiales de construcción y accesorios. La unidad de peso del acero a considerar es 490 lb/pies<sup>3</sup> (7849 Kg/mt.<sup>3</sup>); la unidad de peso del concreto a considerar es 144 lb/pies<sup>3</sup> (2307 Kg/mt<sup>3</sup>)

2) Carga viva bajo condiciones normales, que es el peso de todo el líquido hasta rebosar la parte superior del tanque, la unidad de peso de agua a considerarse es  $62.4 \text{ lb/pies}^3$  ( $1000 \text{ Kg/m}^3$ ). Donde el techo tiene pendiente menor que  $30^\circ$ , este debe ser diseñado para soportar un peso uniforme de  $25 \text{ lb/pies}^2$  ( $122 \text{ Kg/mt}^2$ ) sobre la proyección horizontal.

3) Carga del viento bajo condiciones normales, la carga del viento o presión debe ser asumida como  $30 \text{ lb/pie}^2$  ( $147 \text{ Kg/mt}^2$ ) sobre superficie vertical plana,  $18 \text{ lb/pies}^2$  ( $88 \text{ Kg/mt}^2$ ) sobre área proyectada de la superficie cilíndrica y  $15 \text{ lb/pies}^3$  ( $73 \text{ Kg/mt}^2$ ) sobre proyección de áreas cónicas y superficies de placas curvas dobles.

Cuando se diseña para velocidad de viento sobre los 100 mph ( $161 \text{ km/hrs}$ ) todas aquellas especificaciones nombradas deben ser ajustadas en proporción al cuadrado de la velocidad, asumiendo que las presiones son para 100 mph ( $161 \text{ Km/hrs}$ )

4) Cargas contra sismos y terremotos.

Criterio para diseño contra carga para sismos y terremotos deben considerarse si la localización lo amerita o los códigos locales lo exige, pero esto es poco usual.

5) Cargas por balcones, plataformas y escaleras.

Una carga vertical de 1000 lb (454 Kg) debe asumirse para ser aplicado por 10 pies<sup>2</sup> (0.93mt<sup>2</sup>) de área de piso del balcón o de plataformas, 500 lb (227 Kg) se debe aplicar para 10pies<sup>2</sup> 0.93mt<sup>2</sup>) de área del techo del tanque y 350 lb (159 Kg) sobre cada sección vertical de la escalera. Todas las partes estructurales y conexiones deben ser diseñadas para resistir tales cargas.

Todas las columnas de acero y estructuras diseñadas de acuerdo con AWWA D100, "Soldadura para Tanques de Acero para almacenamiento de agua" El espesor mínimo para columnas en contacto con el agua es de 0.25pulg. (6.4 mm).

Todos los tanques que tienen techo, según OSHA, aprueba pasamano alrededor de toda la circunferencias del techo de acuerdo al Código de regulación federal, Título 29 fragmento 1926 de la OSHA.

Tanques con techos elipsoidales deben tener una baranda alrededor de la boca de inspección y otros accesorios que requieran acceso.

Donde el techo de acero es totalmente hermético, debe instalarse una ventilación en la parte superior del máximo nivel de agua.

El área de la sección de la tubería de ventilación debe ser mínima o igual a la mitad de la del área de la tubería de descarga.

Además una malla o placa con perforaciones de  $\frac{3}{8}$ pulg. (9.5 mm) debe usarse en esta tubería para evitar pájaros y demás animales.

La tubería de rebose no es lo mismo que la tubería de ventilación, al igual que esta deben protegerse para el regreso de pájaros y otros animales.

La capacidad neta para tanques de succión en US galones (mts<sup>3</sup>) es aquella ubicada entre la tubería de rebose y el nivel de la placa vórtice.

Tamaño normalizado de los tanques de acero son: de 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000, 30000, 40.000, 50.000, 60.000, 75.000, 100.000, 150.000, 200.000, 300.000 y 500.000 galones.

El material de las placas debe ser de especificaciones ASTM:

- a) Normas ASTM A36/A36M especificaciones para acero al carbono estructural.

b) Normas ASTM A283/A283M especificaciones para planchas de acero al carbono para esfuerzo de tensión intermedio y bajo, grados: A, B, C y D.

Para planchas de espesor mayores  $\frac{3}{4}$  pulgadas se usa ASTM A283 grados A, B y C.

Respecto a pernos, pernos anclajes y tuercas se aplica la norma ASTM A307, especificaciones para pernos de acero al carbono y tuercas con 60.000psi esfuerzos a la tensión, grado A o B. Otra norma ASTM A36, considera materiales alternativos para tuercas y anillos.

Referente a los electrodos para aplicación de las soldaduras por arco, se aplica la AWS A5.1 sobre especificaciones para electrodos de acero al carbono para soldadura por arco; los electrodos aplicados están bajo la clasificación E60xx o E70xx son los que se usaron bajo especificaciones de corriente y posición de soldadura.

Los tanques deben cumplir los requerimientos de resistencia para peligro de sismos y temblores, etc. De acuerdo a la AWWA D100 sobre soldaduras de tanques de acero para almacenar agua.

La carga de los pernos de anclaje para sismos es:

$$T_s = \frac{4 M_s}{ND} - \frac{W'}{N}$$

**TABLA 38**  
**ESFUERZOS DE CURVATURA MÁXIMO**

Esfuerzos	psi
Tensión sobre la sección neta, acero rolado	15.000
Tensión en pernos de anclaje	15.000
Curvatura	15.000
Tensión sobre fibras extremas, excepto placas base de columnas	20.000
Compresión sobre fibras extremas de sesión rolada, placas perdidas y miembros superiores.	
Si $\frac{ld}{bt}$ no excede a 600	15.000
Si $\frac{ld}{bt}$ excede a 600	9'000.000
Acero fundido	11.250

El espesor mínimo para las partes que forman la estructura que no tenga contacto con el agua es  $\frac{3}{16}$  pulg. (4.8 mm) y  $\frac{1}{4}$  pulg. (6.4 mm)

para parte en contacto con el agua. El mínimo espesor para las columnas tubular es de  $\frac{1}{4}$ pulg. (6.4 mm).

Las barras cuadradas y redondas usadas como viento deben tener un mínimo diámetro o ancho de  $\frac{3}{4}$  pulg. (19.1 mm), para el caso de barras de otras formas usadas, deben tener un área total por lo menos igual a  $\frac{3}{4}$ pulg., de la barra redonda.

Las placas cilíndricas en contactos con el agua deben tener un mínimo espesor de acuerdo a la tabla siguiente:

**TABLA 39**  
**ESPEJOR MÍNIMO DE PLACAS CILÍNDRICAS**

Diámetro	<50 pies (<15.2 mts)	50 pies – 120pies (15.2 mts – 36.5 mts)
Anillos	$\frac{1}{4}$ pulg. (6.4 mm)	$\frac{1}{4}$ pulg. (6.4 mm)
Inferiores	$\frac{3}{16}$ pulg. (4.8 mm)	$\frac{1}{4}$ pulg. (6.4 mm)
Diámetro	120 a 200 pies (36.5 mts – 61 mts)	> 200 pies (61 mts)
Anillo	$\frac{5}{16}$ pulg. (7.9 mm)	$\frac{3}{8}$ pulg (9.5mm)
Superiores	$\frac{5}{16}$ pulg. (7.9 mm)	$\frac{3}{8}$ pulg (9.5mm)

Si arriostamiento es requerido para soportar el agua, 1/16" (6mm) debe agregarse al espesor de la sección calculada.

La sección tubular debe ser herméticamente cerrada para prevenir corrosión interna.

La plancha del tanque que contiene agua salada o alcalina debe aumentarse en  $1/16$  pulg. (1.6 mm) al espesor calculado.

Las placas de la superficie que son susceptibles de un análisis completo de esfuerzo deben, diseñarse sobre la base de un esfuerzo de tensión máximo 15.000 psi. Tales placas incluyen aquellas que no están sometidas por la reacción concentrada de los miembros de apoyo o tuberías verticales.

Las placas de las superficies que no son susceptibles de un análisis completo, también deben ser diseñadas sobre la base de un esfuerzo de tensión máximo de los 15.000 psi, después de hacer un razonable análisis de las cargas y esfuerzos que no pueden ser determinados previamente.

El esfuerzo de tensión máximo en caso de que excede los 11.000 psi significa que la concentración de reacciones de los miembros de apoyo está distribuido uniforme entre tales reacciones.

Donde esfuerzo de compresión actúan, la selección del espesor de la placa debe prevenir el pandeo

En cuanto al espesor de las placas de la superficie inferior, estas no deben ser menor que las dadas en la tabla 40 Anexa.

El entramado para tanques altos debe ser diseñado para que la parte inferior y vigas sean accesibles para la inspección y pintadas.

Cuando se calcula el espesor de placas que están sometidos por el peso o presión del contenido del tanque, la presión en el filo inferior de cada anillo deben ser asumida que actúa constantemente sobre el área completo del anillo.

En tanques soldados, las juntas longitudinales en las direcciones circunferenciales adyacentes deben ser escalonadas o alineadas. Esto no se aplica a placas sometidas a esfuerzo de compresión.

Todas las aberturas o boquetes mayores de 4pulg. (102mm) en diámetro que estén localizado en el armazón, superficie inferior suspendida, placas de acero grande de tuberías de vertical o ascendente, además de soporte tubular deben ser reforzadas, este reforzamiento puede ser el reborde del accesorio o adicionar un anillo de metal, adicionar una placa de metal arriba de la actual de requerirlo o combinación de esos métodos.

Para el propósito de esta norma, la abertura del diámetro a considerarse debe ser la duración máxima de la abertura cortada en la placa perpendicular en la dirección del esfuerzo máximo.

Suficiente soldadura debe aportarse para transmitir un esfuerzo completo de reforzamiento del anillo o brida de la placa.

En el cálculo de área de reforzamiento neto de un accesorio, tales como los hechos bridas de calderos o manhold que tienen un cuello, el material en el cuello debe ser considerado como parte del reforzamiento por una distancia, medida desde la superficie de la placa principal o desde la superficie de una placa de reforzamiento intermedio, que es igual a 4 veces el espesor del material en el cuello.

Los soportes para techo del tanque que no contiene agua deben ser diseñados de acuerdo con las especificaciones de acero de construcción del Instituto Americano de Acero de Construcción con ciertas excepciones.

En cuanto a los tipos juntas soldadas usadas y su diseño estas se rigen por la norma AWWA D100 "Soldadura de Tanques de Acero para Almacenar Agua".

El filo de las planchas a soldar deben ser afiladas por máquinas universales o preparados por cortes, pulidos o cortes con oxígeno guiado mecánicamente. En este último caso a fin de obtener una superficie uniforme y lisa, debe ser limpiada de toda impureza acumulada antes de soldar.

Las placas deben ser laminadas en frío para facilitar la curvatura del tanque y los procedimientos de erección del mismo de acuerdo a tabla siguiente:

**TABLA 41**  
**LAMINACIÓN EN FRÍO PARA PLACAS DE TANQUE**

<b>Dimensiones de Placas</b>	<b>Diámetro Mínimo para Placa no Laminada</b>
< 3/8 pulg. (9.5 mm)	40 pies (12.2mts.)
3/8 pulg. a <1/2 pulg. (9.5mm a <12.7 mm)	60 pies (18.3 mts)
1/2 pulg. a <5/8 pulg. (12.7 mm a <15.9 mm)	120 pies (36.6 mts)
5/8 pulg. (15.9 mm)	Pueden ser laminados todos los diámetros

El techo debe ser ajustado adecuadamente a la parte superior del tanque para prevenir la circulación de aire sobre la superficie del agua.

Durante la construcción el tanque, la estructura y el techo deben estar libre del hielo hasta que el tanque este totalmente equipado e impermeabilizado.

La parte oculta de todas las planchas superiores deben estar protegida contra la corrosión por uno de los siguientes métodos.

- a) Dos capas de pinturas deben aplicarse después que las planchas inferiores han sido completamente soldadas. Cuando las partes ocultas del tanque en la parte superior son pintada y cal es agregada al material base a usarse, la compatibilidad de la pintura y la cal deben ser chequeado por el distribuidor de la pintura.
- b) La cal también puede aplicarse para limpiar a base de arena.
- c) El pH. de la mezcla cal y la arena deben estar entre 6.5 – 7.5. El cloruro de cal contenido en el material debe ser menor a 300ppm. Los sulfatos deben ser menor a 1.000ppm.

Cuando el fondo del tanque está localizado sobre arena lubricada, la arena debe ser saturada a altura de 4 pulg, con aceite a base de petróleo.

Una vez terminado la soldada del fondo del tanque, este debe ser probado por uno de los métodos siguientes y ser hecho adecuadamente.

1. Presión de aire o vacío aplicar en las juntas, usando espuma de jabón, aceite de linaza u otro material adecuado para la detección de fugas.
2. Prueba de juntas por métodos de partículas magnéticas.

Una vez completada la construcción del tanque, este debe ser llenado con agua conducida en el sitio del tanque usando la presión necesaria para llenar el tanque hasta un máximo nivel de trabajo. Alguna fuga en las placas del perímetro, fondo o techos que son descubiertos por la prueba deben ser reparadas picando o fusionando algún defecto de la soldadura y resoldando. El trabajo de reparación debe ser hecho sobre la junta solamente cuando el agua en el tanque este a un mínimo de 2pies (0.6 mt) bajo del punto a reparar.

Las placas deben ser probadas a prueba de agua hasta satisfacer al fiscalizador.

El contratista debe proveer un medio de disponer el agua de prueba hasta la entrada de la tubería de drenaje al tanque.

Cada placa del techo debe estar asegurada fuertemente a la parte superior del tanque.

Una media puerta para facilitar el ingreso por el techo debe ser prevista con un mínimo de dimensión de 24 pulg. (610 mm). Esta debe estar cubierta con placa de acero de espesor mínimo de 3/16pulg (4.8mm). La puerta debe tener un reborde de 4pulg. mínima de altura (102 mm) y la cubierta debe tener un traslape inclinado hacia abajo mínimo de 2pulg. (51mm).

Una segunda compuerta en el techo debe estar localizada 180° desde la anterior con una escalera para acceder al piso del techo.

Escaleras externas e internas que son dispuestas para pasar adecuadamente de una a otra y atravesar las compuertas deben proveerse. Las escaleras no deben interferir en nada con las compuertas y no estar inclinadas hacia afuera de su vertical. Las escaleras de los tanques de succión y los tanques de gravedad soportados por múltiples columnas deben estar fijadas a un mínimo

de 7pulg (17.8mm) entre la placa del tanque y la línea centro de los peldaños, pueden estar empernadas o soldadas a los puntales que están espaciados a un máximo de 12pies (3.7mts) de distancia y soldadas a las placas del tanque.

La parte inferior de los puntales deben estar localizada a máximo 6 pies (1.8mts) arriba de la base del tanque cilíndrico y la escalera puede extenderse hacia arriba de las placas del tanque y radialmente a lo largo del techo, con la parte superior de los tirantes localizado aproximadamente 2pies (0.61mts) de la compuerta del techo.

Todas las escaleras mayores a 20pies (6.1mts) de altura deben estar equipadas con jaula, riel nivelado rígidamente y todos los accesorios de seguridad conocidos.

Las barras laterales de las escaleras no deben ser menos que 2"x ½" ó 2 ½" x 3/8". Las barras laterales deben estar espaciadas por lo menos 16pulg (406 mm) de distancia.

Los peldaños de las escaleras deben ser por lo menos 3/4pulg. (19.1mm) redondos o cuadrados y deben estar espaciados 12pulg. (305 mm) sobre su centro. Los peldaños deben estar firmemente soldados a las barras laterales. Las escaleras y conexiones deben

estar diseñadas para soportar una carga concentrada de 350 lbs. (159 Kg).

Cuanto a la estructura en sí deben ser diseñadas conforme a ASTM A36 “Normas de Especificaciones para Estructuras de Acero al Carbono” o la AWWA D103 sobre “La Construcción de Tanques de Acero Empernados para Almacenamiento de Agua”.

En cuanto a los sellantes para las juntas, deben resistir el ozono y la luz ultravioleta, no degradarse bajo condiciones normales del agua almacenada y además resistir la exposición a la clorización de acuerdo con AWWA C652 “Facilidades de Desinfección de Agua Almacenada”.

Los criterios de diseño según AWWA D103 debe mantenerse como:

- Espesor de las planchas del techo mínimo 0.094pulg (2.4mm)
- Para tanques con pendientes en techo de 1 a 2.75 o mayor y cuyo diámetro no excede a 35 pies (10.7mts.) el espesor mínimo puede ser 0.070pulg. (1.8mm)
- Para las placas del piso el espesor mínimo es de 0.105pulg. (2.7 mm)

El mínimo espesor de las planchas del primer anillo que forman la altura cilíndrica del tanque es de 0.1875pulg. (4.8mm). Este espesor puede ser menor en base a cálculos de esfuerzos de tensión en la sesión neta de la conexión, no exceder el valor inferior determinado por las fórmulas siguientes:

a)

$$f_t = 0.5F_y (1.0 - 0.9r + 3rd/s) \leq 0.5 \quad (7.1.1)$$

$$f_t = 1/3F_u$$

$f_t$ = Esfuerzo de tensión permisible

$F_y$ = Esfuerzo comercial de las placas de material (psi)

$r$ = Fuerza transmitida por los pernos o perno en la sección considerada dividida por fuerza de tensión en el miembro de esa sección, si  $r < 0.2$  este puede tomarse como igual a 0

$d$ = Diámetro del perno (pulg.)

$s$ = Espacio de los pernos perpendiculares a la línea de esfuerzo (pulg)

$F_u$  = Esfuerzo último de las placas del material (psi)

b) El espesor de las placas del cilindro esforzadas por la presión del contenido del tanque debe ser calculado por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{2.6HDSG}{f_r(S - d)} \quad (7.1.2)$$

Donde se tiene:

$t$ = Espesor de la placa del cilindro (pulg.)

$H$ = Altura del líquido desde la capa superior del punto de rebose al fondo de la plancha a tratarse (pies)

$D$ = Diámetro tanque (pies)

$S$ = Espacio del perno en línea perpendicular a la línea de fuerza (pulg.)

$G$ = Gravedad específica líquida (1.0 para agua)

$f_r$ = Esfuerzo de tensión permisible (psi)

$d$ = Diámetro del hueco del perno (pulg.)

El mínimo espesor de las placas cilíndricas del anillo superior debe ser 0.105 pulg. (2.7mm), puede reducirse hasta 0.094 pulg. (2.4mm).

La parte debe ser fabricada de acuerdo con AWWA D103, la soldadura de campo no es permitida y en fábrica se provee soldaduras en frío en ensamble de partes necesarias.

Todos los componentes del tanque deben ser marcados por números para facilitar el ensamble. Ver Anexo Fig. 7.1

Todas las partes pintadas deben ser protegidas de daños durante el transporte, es así que de darse daños excesivos en ciertas partes del tanque estas deben ser reemplazadas.

El piso del tanque empernado debe ser montado y localizado directamente sobre una base de plancha de polietileno de 4 pulg. (102 mm) de tal forma que permitan que drene el líquido del centro del tanque a su perímetro.

Se debe tener cuidado del ensamble de partes, gasket y sellante de acuerdo a normas y asesoramiento del fabricante, el tanque debe protegerse por rociadores automáticos si el contenido es combustible o la localización del tanque permite calentarse en el evento de un incendio.

Los tanques de succión deben asentarse sobre grava de piedra compactada o base granular o sobre fundiciones de concreto, y por lo menos 3 pulg. (76.2 mm) de arena limpia y seca.

## **7.2. Normas y Cronograma de Construcción**

Ver anexo Tabla 42

## **7.3. Sistema de Protección del Tanque de Almacenamiento de Agua.**

Normalmente el metal usado por el fabricante del tanque debe tener un espesor mayor para compensar la corrosión interna a que está

expuesto durante su vida de operación o se debe prevenir otro medio de protección de la corrosión.

De allí que para tanques sobre-tierra para control de la corrosión externa, así como su tubería se deben proteger de la siguiente forma:

- Un sistema protección catódica debidamente instalada mantenido y controlado por ingenieros acreditados y con normalización reconocida de diseño.
- Materiales resistentes a la corrosión inscritos y reconocidos o cualquier sistema que se encuentre aprobado.
- La selección del tipo de protección a emplearse debe estar basada sobre la historia de corrosión del área y la opinión de un ingeniero calificado.

En cuanto a la protección de la corrosión interna de los tanques de todo tipo, sino está diseñado de acuerdo a lo anterior o con normalización del Instituto de Petróleo Americano, Sociedad de Ingenieros Mecánicos o de los Laboratorios Underwriters Inc., o si la corrosión es anticipada mas allá que el uso de fórmulas o normas, adicionar espesor del metal o apropiada protección de pinturas o revestimiento interno deben hacerse con tal de compensar las

pérdidas por corrosión expuestas durante la vida de operación del tanque.

Los tanques resistentes al fuego deben ser protegidos, inscritos y probados de acuerdo con UL2085 “Normas para protección de tanques sobre tierra para almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles”, estos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- La construcción debe proveer los requisitos de protección resistente al fuego, prevenir fuga de líquidos, falla del tanques principales, fallas de estructuras soportes y deterioros de ventilación por un periodo de no menos de 2 horas, para el caso de especificaciones en UL2085.
- El tamaño de la ventilación de emergencia no debe ser reducida, sino cumplir con la normalización las estructuras de acero o pilares expuestos al fuego para tanques de almacenamiento Clase I, Clase II o Clase III A para líquidos deben protegerse por material que contengan una razón de resistencia al fuego de no menos de 2 horas.

Los tanques de Clase I, Clase II o Clase III A que contiene líquidos deben prevenir fugas accidentales de líquidos que pongan en riesgo propiedades adjuntas o que estén al alcance de las vías de agua.

Cuando el control de fuga es por medio de drenaje a áreas de represamiento remota, tal líquido represado no debe mantenerse junto al tanque, tales sistemas deben implementarse como sigue:

- Una pendiente no menor que 1% de distancia desde el tanque, hasta 50 pies (15mts) junto al área de represamiento.
- El área de represamiento debe tener una capacidad no menor que el tanque de mayor tamaño que pueda drenar a ella.
- La ruta del sistema de drenaje debe estar liberada de tal forma que el líquido en el sistema de drenaje sea inflamable y el tanque no esté expuesto a fuegos graves al igual que las propiedades adjuntas. .
- Los confines del área de represamiento debe estar localizada de tal forma que cuando se llene a su capacidad el nivel del líquido no alcance más de 50pies (15 mts) desde alguna línea de propiedad que esté o pueda estar sobre la construcción o desde algún tanque.

Los tanques del almacenamiento deben facilitar la prevención de incendios y control de seguridad de la vida, minimizar las pérdidas de propiedades por reducción de la exposición al fuego y facilitar el control de fuego y explosiones.

En caso de tanques usados deben cumplir con la normalización y ser aprobado por las autoridades de la jurisdicción para ser instalados para servicio de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.

Tanques equipados con alarmas de nivel de agua con vigilancia que están conectados a constante situación de vigilancia deben ser inspeccionados trimestralmente.

Tanques no equipados con alarma de nivel de agua con vigilancia que están conectados a constantes sistemas de vigilancia deben ser inspeccionados mensualmente.

Tanques con sistema de calentamiento instalados sobre tanques equipados con alarmas de temperatura de agua con vigilancia que están conectados a constantes situación de vigilancia deben ser inspeccionados semestralmente.

Tanques de sistemas de calentamiento sin una alarma de temperatura baja conectada a constantes situaciones de vigilancia deben ser inspeccionados diariamente durante la estación de calor.

La temperatura de agua de los tanques no debe ser menor que 4°C (40°F).

La temperatura de agua de los tanques con alarma de baja temperatura conectados a constantes situaciones de vigilancia debe ser inspeccionada y registrada en bitácora durante la estación de calor.

Los tanques de agua sin alarmas de baja temperaturas conectadas a constantes vigilancia deben ser inspeccionados y registrados diariamente durante la estación de calor.

El exterior de los tanques, estructuras soporte, ventilación, fundiciones y pasadizos o escaleras deben ser inspeccionados trimestralmente por signos de obvios daños o debilitamiento.

El área alrededor del tanque y estructuras soportes, deben ser inspeccionados trimestralmente para asegurar que las siguientes condiciones se cumplan:

- El área esté libre de combustible almacenado, carbones, desechos, basura o materiales que puedan presentar un riesgo de exposición de incendio.
- El área esté libre de la acumulación de material en o cerca de las partes que puedan sufrir corrosión acelerada o podrirse.
- El tanque y soportes estén libres de acumulación de hielo.

- El lado exterior y superior del entramado, soporte revestidos en fábrica del tanque estén libres de erosión.
- Pintura exterior, revestimiento o superficies aislada de los tanques y estructuras de los soportes, deben ser inspeccionados por signos de degradación

Respecto al interior de los tanques se debe cumplir que:

- El interior de todos los tanques de acero sin protección de corrosión deben ser inspeccionado cada 3 años.
- El interior de todos los tipos de tanque deben ser inspeccionados cada 5 años.
- Cuando la inspección interior es hecha por medio de evaluación sub-acuática, los sedimentos deben ser removidos desde el piso del tanque.
- El interior del tanque debe ser inspeccionado por signos de picadas, corrosión, astilladuras, pudriciones, otras formas de deterioros, materiales de desechos, desperdicios, crecimiento de plantas y fallas locales o general de la pintura de revestimiento interior.

Los tanques de acero con exposiciones con signos de picaduras, corrosión o fallas del revestimiento deben ser probados de acuerdo con ASTM D359.

Los tanques sobre fundiciones tipo anillo con arena en medio deben ser inspeccionado por evidencia de huecos abajo del piso.

La placa anti-vórtice se debe inspeccionar por deterioro o daño.

Los sistemas de calentamiento incluyendo tuberías deben ser inspeccionados.

Cuando una inspección interior de desgaste de un tanque de acero se realiza, esta debe cumplir con las siguientes pruebas:

Evaluación de las pinturas del tanque deben ser hechas de acuerdo con las pruebas de adhesión de ASTM D359 "Normas de método de pruebas por medidas de adhesión por prueba de la cinta", generalmente conocida como "la Prueba de Cruz de línea sombreada" medidas del espesor de la película seca debe tomarse en sitios al azar, para determinar el espesor de la capa de revestimiento.

Lecturas de ultra sonido no destructivo deben tomarse para evaluar el espesor de las paredes donde hay evidencia de picaduras o corrosión.

La superficie interior debe ser probada por la prueba de “Esponja” o “Mancha Humedad” para detectar agujeros, ralladuras u otros arreglos en la pintura. Especial atención debe darse a los bordes ásperos o agudos como peldaños de escaleras, tuercas y pernos.

Los fondos de los tanques deben probarse por pérdidas de metal o herrumbre en lado superior, usando pruebas de ultrasonidos donde hay evidencia de huecos o corrosión.

# CAPÍTULO 8

## 8. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS PRINCIPAL Y ANEXOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO

En este proyecto de protección y lucha contra el fuego en una Central Térmica en que existen muchos riesgos, es importante el diseño, construcción e instalación del sistema de abastecimiento de agua que conducirá las cantidades de agua necesarias para la protección adecuada de los bienes. Es por eso que en todo sistema de distribución de agua, debe calcularse la forma que pudiera suministrar las necesidades de concentración que esta protección exige. De ahí que estudios de ingeniería después de análisis minuciosos establecieron un diámetro mínimo de 6pulg. (15 cm) en los distintos proyectos residenciales, así como tuberías de 8pulg. (20 cm) eran adecuados solamente si formaban parte de una red de tuberías cuyas intersecciones no estuvieran muy distantes. Los Ingenieros de la ISO

ejecutaron evaluación de la capacidad de los suministros de agua para protección de incendio en base al consumo en la hora pico que es el factor dominante para el cálculo del sistema y con ello las tuberías de conducción y sus equipos de bombeos. La presión a que se calcula normalmente los sistemas, refleja varias consideraciones prácticas como el tipo y calidad de tuberías y accesorios para la construcción del sistema de protección de incendios.

La presión media de un sistema oscila entre 65 y 75 lb/pulg<sup>2</sup>, presiones de cerca a 150 lb/pulg<sup>2</sup> se consideran excesivas.

De ahí que las tuberías y anexos o accesorios que se usará en el sistema de abastecimiento, están calculados para presiones máximas de trabajo de 150lb/pulg<sup>2</sup> (10.5Kg/cm<sup>2</sup>).

Esto no quiere decir que sea buena práctica hacer funcionar estos sistemas a presiones tan altas, pero de ser necesarios se usan válvulas reductoras de presión a fin de conservar el sistema sin peligro.

La disposición del sistema de abastecimiento y los detalles de las instalaciones de bombeo pueden limitar la adecuación del suministro o influir sobre su fiabilidad, de ahí que es importante su construcción e instalación.

El estado de conservación, la disposición y la propia fiabilidad de las diferentes unidades del equipo de planta, tales como turbinas, motores diesel, generadores, motores eléctricos, suministro de combustibles, instalaciones de transmisión eléctrica y otros factores similares también son determinantes.

Las tuberías se calculan de forma que puedan soportar la presión y distribuir el agua hasta el punto de utilización. Existen tres clases de tuberías o conducciones de distribución en los sistemas de gran tamaño:

- Tuberías de alimentación primarias, que no son más que grandes tubos relativamente bien espaciados que transportan grandes cantidades de agua a los distintos puntos del sistema desde donde se distribuye a través de conducciones menores.
- Tuberías de alimentación secundaria que forman la red de dimensiones intermedias que refuerzan la red de distribución dentro de los diversos sectores del sistema primario de alimentación, y contribuyen a la concentración del caudal de incendio necesario en un punto dado.
- Tuberías de distribución que forman una rápida red de conducciones menores que suministran agua a los hidrantes de incendios y a la toma de gabinetes para los edificios y otros.

En relación a las dimensiones de las tuberías para el sistema contra incendio se respeto, recomendaciones como:

- No utilizar tuberías de diámetro inferior a 6pulg. (15 cm) para los servicios de incendio e incluso estas tuberías de 6 pulg (15 cm) deben emplearse solamente en bucles o anillos dentro de una red donde ninguno de sus ramales tengan una longitud superior a los 600 pies (180mts)
- En áreas congestionadas se recomienda que las tuberías de distribución no sean inferiores a 8pulg (20cm) y estén interconectadas cada 600 pies.
- En conducciones largas las tuberías de distribución deben ser como mínimo de 12 pulg (30 cm).

En el costo de ejecución una línea de tubería intervienen valores como: abertura de zanja (algunas veces con pilotes), tendido de tuberías, relleno y pruebas. A todo esto se debe añadir el costo de la tubería entregada en el sitio de obra. De allí que es importante la selección de diámetro de tubería con los cálculos hidráulicos y las normas de la NFPA a fin de no encarecer excesivamente el costo de instalación de las tuberías, ya que los precios por aumento de diámetro normalmente se duplican.

**TABLA 43**  
**COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS TUBERÍAS**

<b>Diámetro de la tubería en pulgadas (mm)</b>	<b>Capacidad Relativa</b>
6 (150)	1
8 (200)	2.1
10 (250)	3.8
12 (300)	6.2
14 (350)	9.3
16 (400)	13.2

Las dimensiones reales de las tuberías necesarias se determinan en base al volumen de agua necesario y el gradiente hidráulico de la zona.

**TABLA 44**  
**PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS DE HIERRO**  
**COLADO**

<b>Caudal Litros/minutos</b>	<b>Pérdidas por cada 100 mts. en m.c.a</b>			
	150 mts.	200 mts.	250 mts	300 mts.
2000	4.0	1.0	0.3	0.13

4000	14.4	3.5	1.2	0.50
6000	31.0	7.8	2.6	1.05

Las cifras dadas se refieren a tuberías sin revestimiento interior con 15 años de servicios (C= 100)

Relación a disposición de los sistemas de tuberías en la construcción de sistemas contra incendio, se lo hizo en bucle o anillo, a fin de que las bocas de incendio y otras conexiones puedan ser alimentadas por lo menos por dos direcciones, aumentando enormemente la posibilidad de un suministro de agua sin pérdida por fricción.

En los sistemas privados en que las conducciones solamente alimentan a las bocas de incendio o hidrantes y en lo que las presiones son suficientes para obtener caudales adecuados, se emplea tuberías de 6pulg (15 cm), si existen hidrantes de dos tomas y de 8 pulg. (20 cm).

Las tuberías, empalmes y accesorios que se emplean en una red subterránea de conducciones destinadas al servicio de incendios deben estar certificados y aprobados debidamente.

Respecto a las tuberías enterradas para sistema contra incendio existen, tuberías de hormigón armado o tuberías de acero para usarse:

- Tuberías de amianto - cemento según Norma AWWA C400-

1972.

- Tuberías de hierro colado de acuerdo a Normas ANSI A21-6-1970 y ANSI A21-8-1970
- Tubería de hierro dúctil según Norma ANSI A21-51-1971 con revestimiento de cemento interior según Norma ANSI A21-4-1971
- Tuberías de Acero de acuerdo a Normas AWWA; como la C201-1966 "Tuberías electro soldadas de Acero para Agua" o la C202-19-64 "Tuberías de acero laminadas para agua"

Todas estas tuberías se unen por juntas mecánicas normalizadas o por juntas de presión, según la Norma ANSI A21-11-1972 que establece las condiciones técnicas para las juntas mecánicas y de presión.

Respecto a las tuberías exteriores se usan tuberías de acero al carbono con construcción de calidad sin costura y de espesor adecuado de acuerdo a la célula y revestida para corrosión interior y exteriormente. En algunos casos según el suelo se las usa para sistemas enterrados respetando las recomendaciones de las normas respectivas.

Debido a su gran resistencia a la tracción la tubería de acero es especialmente adecuada para áreas expuestas a acciones sísmicas o a impactos. La mayor resistencia del acero también le proporciona una ventaja en terrenos inestables o en grandes pendientes.

La tubería de acero debe cumplir con las normas del AWWA, ya nombradas.

Las juntas de las tuberías de acero se obtienen mediante simples soldaduras utilizando bridas, acoplamientos mecánicos actualmente se los llama “Unión Victaulic” de muchos uso por estar normalizada su aplicación.

La soldadura debe cumplir con la Norma AWWA C206-62”Soldadura en obras de las tuberías de acero para agua”.

Los apoyos y suspensiones deben cumplir con las normas aplicables y realizarse con métodos de ingeniería reconocidos.

Considerar las Normas: NFPA 13 “Instalaciones de sistemas de rociadores automáticos”, NFPA 24”Instalaciones de la línea principal de servicios contra incendio y sus anexos”, NFPA 14 “Instalación de sistemas de tuberías y mangueras, además de las Normas ASTM A795 y ASTM A53.

Así como las presiones mínimas de trabajo para tuberías y anexos de 150 psi. Se procede a seleccionar el tipo de tuberías, tamaño, calidad y procedencia, así como el tipo de unión.

Como las uniones soldadas según métodos de Norma AWS D10.9 para el caso de diámetros mayores a 3pulg.

Uniones roscadas según ANSI/ASME B1-20.1 para tuberías menores a 3pulg, de diámetro.

Uniones acanaladas o Victaulic según la disponibilidad.

Los espesores también se rigen por un diámetro, es así que para diámetros de hasta 6pulg se usan tuberías SCH#40 y para diámetros de mayores a 6pulg su espesor puede ser el correspondiente a la SCH#30

En caso de las soldaduras de las tuberías de acero se procedió a realizar así:

1. Pase con electrodo AWS6011-1/8" para raíz
2. 1 ó 2 cordones de relleno con AWS7018- 1/8"
3. Los pasos de acabado con AWS7018-1/8"

Se procedió con prevención de riesgo de incendio con la debida orden de trabajo en caliente y la supervisión del personal y equipo en el área de trabajo.

Un factor muy importante que se debe tener al construir el sistema de tuberías y anexos es la “**corrosión**” tanto externa como interna y su procesos de combatirla, para evitar el deterioro temprano de los elementos que forman el sistema de tuberías de suministro de agua para protección de incendio.

La corrosión externa de las tuberías enterradas es el resultado directo de reacciones electroquímicas complejas. Los suelos contienen sales metálicas, ácidos u otras sustancias que en combinación con la humedad hacen que los iones de hierro se separen del cuerpo de la tubería. La masa del metal en las superficies de la tubería disminuye y entonces aparece lo que se conoce como corrosión o picadura. Las tuberías de acero o hierro colado no deben instalarse bajo pilas de carbón o ceniza ni donde ácidos, álcalis, soluciones decapantes, etc. puedan penetrar en el terreno.

Las corrientes eléctricas parásitas de fuentes externas pueden alcanzar las tuberías y recorrerlas por debajo de tierra hasta llegar a puntos donde la resistencia a tierra sea menos que la de la tubería. Entonces se produce la ionización en los puntos en que la corriente

abandona la tubería, produciéndose un efecto similar a la corrosión del suelo.

Cuando se sospecha la existencia de corrientes eléctricas parásitas, debe determinarse su magnitud y origen por medio de estudios técnicos del subsuelo. Si las corrientes parásitas no pueden eliminarse o desviarse, la tubería sino están todavía gravemente corroída puede protegerse mediante la conexión eléctrica de todas las juntas e instalando conexiones metálicas a tierra directas y de baja resistencia.

Se emplea muy comúnmente métodos catódicos para la protección externa de las conducciones para agua de hierro o acero. La protección catódica es un método de imponer una corriente eléctrica continua a partir de un ánodo galvánico a la tubería enterrada. En muchos casos la protección catódica es más económica que la pintura, el recubrimiento o a la envoltura.

La protección interna contra la corrosión se hace por medio de recubrimientos y forros. Los recubrimientos deben cumplir con las normas AWWA AC104-71 "Recubrimiento internos de mortero de cemento en tuberías y acoplamientos de hierro colado para agua"; AWWA AC203-66 "Recubrimiento protector de esmalte de alquitrán mineral en tuberías de acero para agua"; AWWA C205-71 "

Las tuberías expuestas al exterior deben pintarse o protegerse de algún otro modo según lo requieran las condiciones atmosféricas. Los pernos y tuercas de las uniones de las tuberías enterradas deben tener un recubrimiento de gran espesor.

La profundidad a la que debe enterrarse una tubería para protegerse de daños mecánicos es como mínimo 2.5 pies. La profundidad debe medirse a partir de la parte superior de la tubería hasta el nivel del suelo, teniendo en cuenta la capa final de pavimentación y la naturaleza del subsuelo.

Debe evitarse situar las tuberías sobre canalizaciones o áreas de muros de contención.

En cuanto a los anclajes de tuberías la mayor parte de las uniones de las tuberías convencionales no están calculadas para resistir la fuerza que tienden a separarlas. Cuando se necesita anclaje para las tuberías se debe considerar las cargas para las que el tipo de tubería escogida está calculada.

Las fuerzas que actúan sobre los tendidos de tuberías apoyadas sobre el propio terreno y que deben considerarse entre otros, son:

- a) Presión interna estática del agua
- b) Golpe de ariete

- c) Peso de relleno
- d) Carga viva y carga de impacto producidas por el paso de vehículos. Las cargas de presión estática del agua y del peso del relleno están siempre presentes.

Los espesores designados para la tubería de diferentes clases de presión, tienden a reflejar las posibles cargas adicionales debido al golpe de ariete o a otras fuerzas, se necesita disponer de anclaje.

Es necesario también tener en cuenta las cargas aplicadas por el agua que circula por el interior de las tuberías. Es por esta razón que en los codos, conexiones en T y finales de tuberías así como en las zonas donde el agua cambia de dirección el tendido debe apoyarse en alguna superficie que resista las cargas aplicadas. El anclaje o la inmovilización de las juntas mediante abrazadores y barras del tipo comúnmente empleados son eficaces para resistir el empuje del agua en todos los casos en que el terreno por sí solo no proporciona la suficiente estabilidad.

Para mantener las redes de tuberías en la posición se emplean cojinetes de empuje.

Todas las tuberías de cualquier material deben someterse a pruebas hidrostáticas por tramos o en conjunto una vez que queden instaladas y terminadas.

## **8.1. Cronograma de Construcción**

Anexo se encuentra los Cronogramas de Construcción de las diferentes etapas que componen un Sistema Contra Incendio para una Central Térmica Tabla 45 - 51

### **8.1.1. Selección del Personal de Mando, Supervisión y Técnico**

En base a los cronogramas de construcción de las diferentes etapas que se presentan en un proyecto de instalación de un sistema contra incendios de gran tamaño, como es el caso de la protección de una Central Térmica de cualquier principio o riesgo de fuego.

Se debe proceder a una selección excelente de personal con experiencia y conocimiento que cumpla los requisitos necesarios para llevar a culminar con éxito y calidad de acuerdo a las normas NFPA un proyecto de gran importancia.

Normalmente en nuestro medio por el sistema laboral actual, las compañías e industrias de todo tipo para ejecutar sus proyectos, proceden a seleccionar a personas naturales o personas jurídicas que tengan experiencias y cumplan

debidamente los requisitos, para llegar a feliz culminación la ejecución de trabajo de sistemas contra incendios como lo exigen las autoridades locales e internacionales.

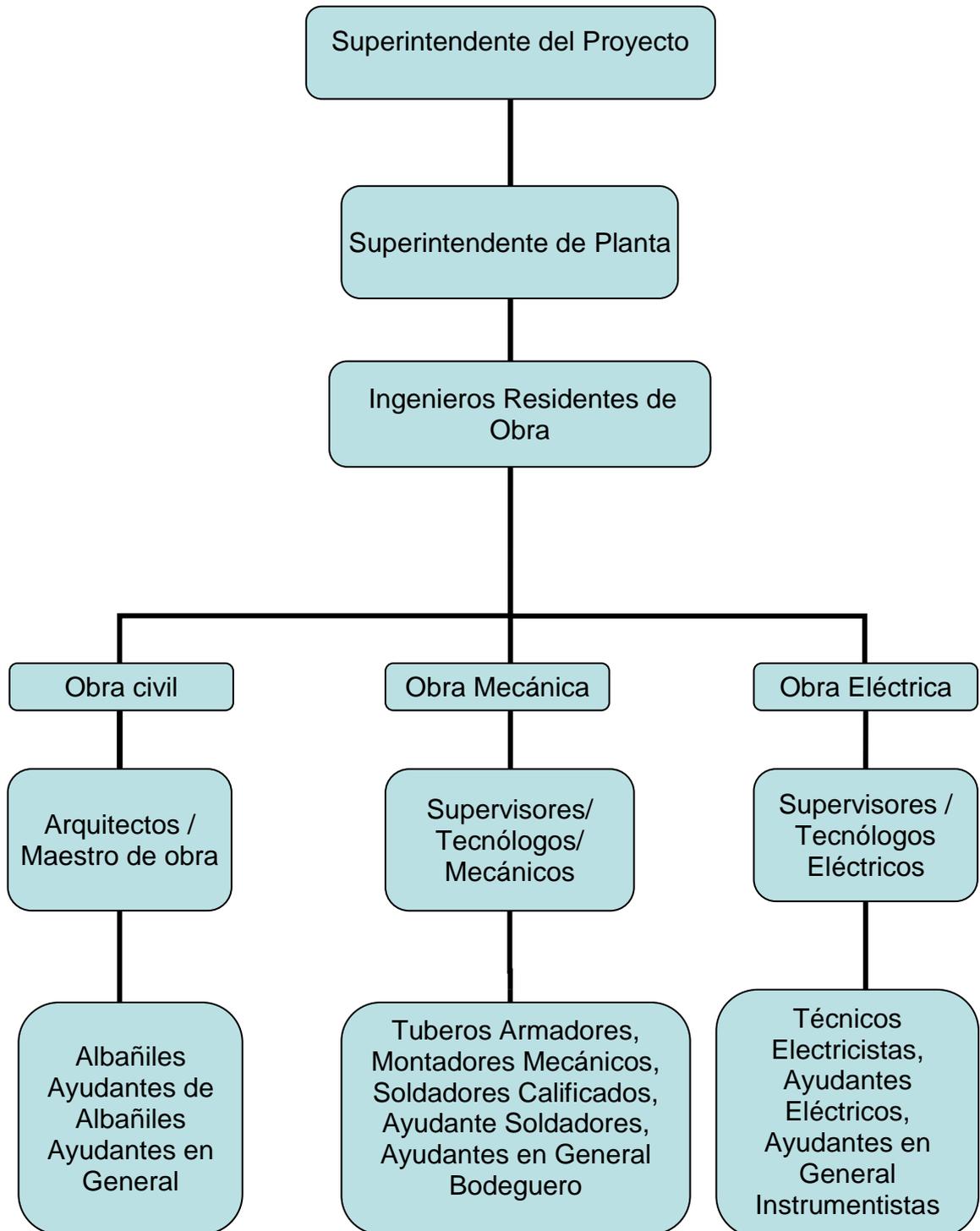
Además para ejecutar estos tipos de proyectos las personas naturales o jurídicas deben tener la logística y las herramientas para cumplir debidamente y a tiempo cualquier tipo de obra de esta índole.

Respecto a cumplir todos los requisitos sea de personal, logística o herramientas, las empresas o industrias que necesitan de este tipo de servicios, nombran la auditoría necesaria por medio de una fiscalización responsable, que es la que exigirá que se cumplen debidamente aspectos como:

- Calificación del personal según la actividad a realizar, como son soldadores, mecánicos, armadores, etc.
- Normas de seguridad de personal (botas adecuadas, cascos, tapones auditivos, guantes, ropa de seguridad, etc.).
- Grado de estudio de acuerdo a la responsabilidad, en especial para puestos de mando y supervisión.

Capacitación en el campo de acción a desarrollarse, de supervisores y personal técnico.

- Cumplimiento de los horarios de trabajo.
- Emisión de permiso de órdenes de trabajo.
- Equipo de seguridad en áreas a trabajar tanto para personal como de las herramientas que se usan.
- Reuniones de trabajo para conocer la marcha o ejecución de la obra o novedades que puedan retrasar el cronograma de ejecución.

**Organigrama de Personal para Empresa de Servicios**

### **8.1.2. Prueba de Personal Calificado**

Existen diferentes normas para calificación de procedimientos de soldaduras y soldadores para cañerías y tuberías como las AWS D109-60.

En nuestro medio se procede a calificar al personal de soldadores, según la posición de los trabajados a ejecutarse, el tipo de material y la soldadura a aplicarse.

Normalmente se preparan probetas o tramos de los materiales que se van a soldar, a fin de que el soldador proceda a soldar, una vez concluida la operación de soldadura; se procede a ejecutar las pruebas para rayos X.

Así como se califica a los soldadores, también se hacen pruebas a los tuberos - armadores que pueden ser teóricas y prácticas, ya que estas personas deben conocer de lecturas de planos Isométricos, construcción de elementos mecánicos de ensamble especiales (codos de diferentes grados, tres, reducciones, empates de tubos con tubos, etc.).

Los mecánicos montadores deben manejar equipos de precisión debidamente como son: los niveles de precisión, relojes comparadores, micrómetros etc.; ya que ellos son los

responsables de alinear, nivelar equipos costosos como bombas, motores eléctricos, acoples, motores a diesel, tuberías, etc.

Es por todo lo anterior que el personal de mando y supervisión, deben ser los primeros de estar preparados y conocer debidamente sobre soldadura, trazados de tuberías y accesorios, alineación y nivelación de equipo, vibraciones; a fin de cumplir debidamente sus funciones y ser punto de apoyo del personal técnico, cuando este lo necesite.

### **8.1.3 Selección de Logística y Herramientas**

A fin de llevar a cabo las operaciones de construcción e instalación de tuberías y anexos para un sistema contra incendio, el contratista o compañía ejecutora debe estar preparada con la logística y herramientas para la ejecución en taller y en sitio de todo lo necesario para el ensamblaje de tuberías e instalación de equipos anexos (Bombas, motores, silos almacenamiento de agua).

Toda la logística depende del sitio de trabajo y su infraestructura, así como las trayectorias de ubicación de las

áreas de riesgo, que en la mayoría de los casos están en posiciones alejadas y altas.

En lo que a logística básica, se requiere de:

- Grúas portátiles 5 ton.
- Montacargas 2 ton.
- Compresor de aire y accesorios de 10HP.
- Escaleras metálicas.
- Arnés o Cinturones de seguridad.
- Carretas manuales, palas, barretas, etc.
- Equipos de excavación (Palas mecánicas).
- Rodillos compactadores.

Respecto a herramientas estas son múltiples y sus cantidades dependen del tamaño del proyecto, tiempo de entrega y cantidad de personal ejecutor.

Se usan generalmente:

- Soldadoras Eléctricas 220/380, 220/440.
- Soldadoras Portátiles a diesel.
- Maquinas cortadoras o tronzadora de metal.
- Equipo de corte -acetileno/ oxígeno.
- Esmeriles eléctricos 110 V.

- Pulidoras de metal.
- Equipos de seguridad de personal para soldadores, maniobras, mecánicos, electricistas y ayudantes en general.
- Herramientas de banco.
- Taladros eléctricos y de percusión 110V.
- Herramientas de precisión.
- Herramientas de maniobras (tecles, cabos, fajas, polines, etc.).
- Roscadora de tubos o neplera .
- Equipos samblasting (de ser necesario).
- Equipos de pinturas.

## **8.2. Normas de Seguridad del Personal.**

Trabajos en tanques que contienen o han contenido sustancias peligrosas deben ejecutarse solamente por personal entrenado quienes entiendan los riesgos asociados al trabajo. Tal personal debe estar suficientemente calificado, entrenado o educado en seguridad personal para conducir adecuadamente las operaciones.

Las características de las sustancias riesgosas y la atmosfera de un tanque deben determinarse. De allí que los tanques no deben

ser trabajados hasta tener la información de los riesgos específicos de que sustancias han estado almacenadas y que procedimientos de seguridad han sido establecidos.

Al aplicar los procedimientos de seguridad, lo siguiente debe considerarse:

1. Todos los compartimientos de un tanque de múltiple comportamiento.
2. El espacio anular de un compartimiento secundario del tanque o contenedor.
3. Sellos de vapor.
4. Pesos sobre el Tanque.
5. Todos los tipos de flotadores y soportes de tuberías.
6. Todas las áreas donde vapores o residuos puedan ser atrapados.

Previo a abrir o acceder a tanques, la presión interna debe reducirse a presión atmosférica. Vapores en tanques deben ser ventilados para asegurar y evitar riesgos del personal propiedades por explosiones.

Para casos de limpieza con productos químicos peligrosos, el personal calificado para ejecutar este trabajo debe utilizar equipo

protector para evitar cualquier daño a la salud. Por eso es importante solicitar instrucciones de uso de los fabricantes de los productos de limpieza peligrosos para evitar contratiempos y riesgos de salud o trabajo.

Previo a proceder a aplicar procedimientos asignados por esta “Norma NFPA 326”, el área alrededor del tanque debe estar protegida de toda fuente de fuego. El área debe protegerse con personal calificado y conocedor del potencial de ignición que debe evitarse alrededor del tanque. Barricadas y señales de cuidado como: **“INFLAMABLE - NO FUMAR”** deben utilizarse y ubicarse en el lugar de acuerdo a los requerimientos de las autoridades. Además el área debe probarse por la presencia de líquido inflamable o vapores libres.

El personal calificado debe determinar los equipos de lucha contra el fuego que deben utilizarse en el área, además deben tomar precauciones para prevenir la acumulación y descarga de electricidad estática.

Todos los circuitos eléctrico u otras fuentes de suministro de potencia a la bomba u otros equipos conectados al tanque que son potencialmente riesgosos para los trabajos en el área del tanque, deben desconectarse o ser retirados de acuerdo a los

requerimientos de 29CFR 1910.147, “El control de riesgo de energía (Parado/ fuera de servicio)”.

Respecto a las paradas o fueras de servicio, o ambas de equipos, sistemas, y procesos deben ser confirmados por el personal calificado previo a la ejecución del trabajo en el tanque o contenedor.

Previo a abrir el tanque, muchas sustancias riesgosas, agua y sedimentos deben ser removidos desde el tanque usando tuberías fijas y conexiones. Este proceso debe incluir la remoción de líquidos o gases desde alguna tubería interna, trampas y tuberías fijas de gabinetes que pueden drenarse, o bombeando abriendo el tanque. Todas las tuberías o transportadores similares para líquidos inflamables, líquidos combustibles u otras sustancias peligrosas conectadas al tanque deben ser drenados, limpiados o aislados.

Todos los líquidos, residuos sólidos y vapores que son generados como resultado de la limpieza y procedimiento de protección deben ser depositados de acuerdo con los requerimientos reguladores apropiados.

En caso de tanques subterráneos cuyo acceso y entradas al tanque es por sitios excavados peligrosos, se deben conocer y aplicar la regulación Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional U.S. (OSHA); según los procedimientos de la OSHA en 29 CFR 1928, subtítulo P.

Si no existe en el tanque una vía hombre o abertura suficiente que permita la entrada y salida del tanque y cumplir con las regulaciones OSHA se debe cortar el tanque, la sección a cortar debe ser marcada y con un taladro de aire desmontar el área a cortar para lo cual se debe usar lubricante, para reducir la fricción, calentamiento y posibles chispas.

Después que se ha cortado, la atmósfera del tanque debe ser probada para verificar una atmósfera segura y limpia insertando un instrumento probador de la atmósfera a una distancia apropiada al hueco ejecutado.

Antes de entrar al tanque o ejecutar trabajos en caliente se debe capacitar al personal con procedimientos y normas como:

- API 2015 “Seguridad para Entrar y Limpiar Tanques de Almacenamiento”.

- API 2217 “Guías para trabajos en espacios confinado en la Industria Petrolera”
- ANSI Z117 “Normas de Seguridad requeridas por la Nacional Americana para Espacios Confinados”.
- NIOSH “Criterios y Normas recomendadas para trabajar en espacios confinados”.

En cuanto a la limpieza de tanques para ejecutar trabajos en caliente, cambio de servicios u otros propósitos se debe seleccionar un proceso de limpieza que tome en cuenta la naturaleza y características de residuos, materiales almacenados o productos nuevos a almacenarse.

### **8.3. Normas de Métodos de Trabajo**

La norma NFPA 51B es la más acertada que rige para prevención de incendios durante trabajos de soldaduras, cortes y otros trabajo en calientes que se presentan en la ejecución de un proyecto de sistemas contra incendio y que garantiza los riesgos de trabajos y accidentes de todos los que ejecutan los mismos, sean contratistas y administradores de proyecto, supervisores y los trabajadores ejecutores de aquellos trabajos en calientes.

Esta norma cubre medidas para prevenir pérdida de vida y propiedades debido a incendio o explosión como resultado de trabajos en caliente en instituciones, comercios y plantas industriales.

Esta norma cubre los siguientes procesos de trabajos en calientes:

- a) Soldaduras y proceso a fines.
- b) Tratamientos de calor.
- c) Esmerilado.
- d) Calentamiento de tuberías.
- e) Remachado en caliente.
- f) Aplicaciones similares productoras de chispa, llama o calor.

La responsabilidad de trabajar en caliente debe ser del Administrador o Gerente técnico o responsable designado por la Gerencia General, y su deber es:

- Disponer las operaciones de seguridad de la actividad de trabajo en caliente
- Establecer las áreas de permiso para trabajar en caliente

- Designar las autorizaciones de permisos individuales para trabajos en caliente
- Debe asegurar el sólo uso de aparatos aprobados tales como: antorchas, reguladores o válvulas reductoras de presión, tubos múltiples y generadores de acetileno.
- Asegurar que todos los individuos involucrados en operaciones de los trabajos en caliente incluyendo los supervisores, están familiarizados con todas las reglas de esta Norma 51B.

Todos los individuos deben ser entrenados en operaciones de seguridad de un equipo y del proceso de trabajo aplicado, además de tener conciencia de los riesgos inherentes involucrados y entender los procedimientos de emergencia en el evento de un incendio.

El ejecutivo responsable del control de trabajo en caliente debe hacer conocer a los contratistas y personal acerca de sitios específicos de materiales inflamables, procesos riesgos y otros riesgos de fuegos potenciales.

El permiso de autorización individual (PAI) en conjunto con el Administrador son responsables de la operación segura de las

actividades de trabajo en caliente, como el caso de la protección de combustibles por encendido:

- a) Ejecutar el trabajo en una ubicación libre, alejada de los combustibles.
- b) Si el trabajo no puede moverse de su sitio, asegurarse movilizándolo los combustibles a una dirección segura si es factible o protegerlo con un caparazón protector de cualquier peligro.
- c) Asegurar que el trabajo en caliente está programado de tal forma que la exposición del combustible o cualquier riesgo de fuego empiece durante la ejecución del trabajo en caliente.

Si a, b, y c no pueden cumplirse, el trabajo en caliente no puede ejecutarse.

El PAI debe determinar que los equipos extintores y protectores de fuego estén apropiadamente ubicados en sitios.

En cuanto al operador del trabajo en caliente debe manejar el equipo con seguridad y usar este sin poner en peligro su vida y propiedad. El operador debe tener el PAI aprobado antes de empezar a trabajar.

El operador debe cesar de trabajar si observar condiciones de inseguridad y debe notificar al directivo responsable, supervisor o al PAI para nuevas inspecciones de la situación.

El supervisor de fuego debe estar consciente del sitio de trabajo y el trabajo en caliente, debe asegurar que las condiciones de seguridad estén manteniéndose durante el trabajo en caliente, de ahí que el supervisor de fuego tiene la autoridad para parar las operaciones de trabajo en caliente si se desarrolla en condiciones inseguras

El supervisor de fuego debe tener los equipos de extinción de fuegos listos y disponibles, debe estar entrenado en su uso, además debe estar familiarizado con las facilidades y procedimientos de sonidos de alarmas en el evento del incendio.

En cuanto a cumplir lo anterior para ejecutar trabajos en caliente las áreas no permitidas para ejecutar el mismo serán:

- a) Áreas no autorizadas por el administrador.
- b) En edificios con rociadores en los cuales la protección está dañada.

- c) En lugares con presencia de atmosfera explosiva (como es mezcla de gases inflamables, vapores, líquidos o cenizas con aire ambiente).
- d) En áreas de atmosfera explosiva que pueden desarrollarse por falta de limpieza interior o preparación inapropiada de recipientes, tanques u otros contenedores y equipos que han almacenado materiales inflamables.
- e) En atmosferas explosivas que pueden desarrollarse en áreas con acumulación de desperdicio de combustibles.

Antes de que operaciones de trabajo en caliente empiecen en un lugar no asignado, se debe requerir un permiso escrito y que cumpla con el PAI de acuerdo a:

1. Los equipos de trabajo en caliente que se van a usar deben estar en condiciones de operaciones satisfactorias y bien reparadas si ese fuera el caso.
2. Donde materiales combustibles, tales como recorte de papel, virutas de madera, o fibra textiles, están sobre el piso este deben ser barrido y limpiado por un radio de 36 pies (11mts). Pisos combustibles (excepto madera y concreto) debe mantenerse mojados, estar cubiertos con una capa de arena o ser protegidos por placas no

combustibles o retardadoras del fuego. Cuando los pisos hubieran sido mojados, el personal de operación de soldadura por arco o de equipos de cortes deben protegerse de posible shock.

3. Todos los combustibles deben ser reubicados a por lo menos 36 pies (11mts) del sitio del trabajo.

Si la ubicación es imposible, los combustibles deben ser protegidos con cubiertas retardadoras del fuego o placas de cortinas retardadores del fuego. Los bordes de estas cubiertas del piso deben estar bien ajustados o apretados para prevenir que alguna chispa se introduzca en ellas, incluyendo las cubiertas traslapadas cuando protegen grandes pilas.

4. Aberturas o roturas en paredes, pisos o ductos dentro de los 36pies (11mts) del sitio, deben ser cubiertas con apretados materiales no combustible o retardadoras de fuego para prevenir el paso de chispas a las áreas adyacentes.
5. Sistemas de transportadores que puedan producir y llevar chispas deben estar distantes y cubiertas de los combustibles.

6. Si el trabajo es ejecutado cerca de paredes, divisiones, techos o tumbados de construcción combustible, placas retardadoras de fuego o guardas deben ser adecuadas para prevenir las llamas.
7. Para el caso seis, debe prevenirse el encendido de combustible en los lados, haciendo reubicación del combustible; si esto no es factible debe colocarse una alarma de llama en el lado opuesto donde se realiza el trabajo.
8. El trabajo en caliente no debe ejecutarse sobre divisiones, paredes, tumbados o techos que están cubiertos o aislados por material combustible o que son de panel tipo sándwich de material combustible.
9. El trabajo en caliente que es ejecutado sobre tuberías u otros materiales que están en contacto con paredes combustibles, divisiones, techos, tumbados u otros combustibles que no garantizan si el trabajo es suficientemente hermético para causar encendido por conducción.
10. Personal debe estar cerca para protegerse adecuadamente y pronto de calentamiento, chispas, y escorias.

11. Los extintores deben estar cargados totalmente y en condiciones de operación buena para solucionar conatos de incendio en áreas calientes. Así mismo las líneas de mangueras deben ubicarse cerca de las áreas calientes y listas para entrar en servicio.
12. Durante el trabajo en caliente, precauciones especiales deben tomarse para prevenir accidentes en la operación del sistemas de detección automática o sistemas de supresión (como sistemas de extinción especial o rociadores)

#### Anexo 8.3. (1) y (2) Permiso de Trabajo en Caliente

Los procesos de trabajo en caliente son parte importante en nuestros medios industrial. También a menudo, las personas (ejecutivos, supervisores, contratistas) involucrados en el uso de aquellos procesos no cumplen totalmente las normas y el uso impropio da como resultado pérdida de vidas y propiedades debido al fuego y a explosiones.

En las factorías la ejecución inapropiada de trabajo en caliente es la mayor causa de incendios.

Existen en el medio otras normas respecto a métodos de trabajo en caliente:

ANSI / AWS F – 4.1 “Recomendaciones prácticas para la preparación de soldaduras y cortes en contenedores y tuberías, 1994”.

ANSI / ASCZ49.1 “Seguridad en Soldadura, cortes y procesos afines”.

Respecto a los cables de las soldadoras eléctricas deben ser inspeccionadas frecuentemente y aquellos cables con aislantes dañados deben ser reciclados o reemplazados.

Los cables deben ser levantados afuera de la cubierta cerrada acerada, mamparas, o donde sea posible, para reducir la posibilidad de cortos circuitos o tierra.

Cuando los cables están expuestos a tránsito de personal o vehículos, la protección adecuada debe disponerse para prevenir ser triturados o quebrados.

Cuando la máquina no está en uso los electrodos deben ser removidos del porta electrodo, y este ser ubicado de tal forma que no cause arco o circuitos eléctrico.

En el caso de instalaciones eléctricas temporales, los cables eléctricos y equipos deben protegerse por deterioro físico y a su vez deben inspeccionarse frecuentemente. Defectos en los cables, accesorios o equipos de un tipo, responsable de crear condiciones riesgosas deben ser prontamente remediados.

Cuando instalaciones eléctricas temporales y equipos necesitan localizarse en zonas riesgosas, tales cables y equipos deben instalarse conforme lo previenen del artículo 500 al 503 de la NFPA 70, "Código Nacional Eléctrico".

Para alumbrado de los tanques y recipientes, estos deben ser lo necesario para la inspección y propósito de seguridad, y en caso de trabajo en caliente en el tanque o recipiente, dejarlos fuera de servicio y ser usados cuando las condiciones lo permitan. Luces portátiles eléctricas deben usarse de acuerdo a la NFPA 70.

Los cables eléctricos temporales deben ser instalados y mantenidos de una manera segura y estar adecuadamente protegidos de sobre corriente, de acuerdo con el artículo 305 de la NFPA 70, tales cables y lámparas no deben estar en contacto directo con materiales combustibles. Guardas protectoras deben ser instaladas en todas las luces que tienen posibilidad sustancial de peligro físico.

Antes de proceder a trabajar el supervisor debe estar informado de la ubicación donde se va a proceder a soldar, quemar o ejecutar trabajos en caliente. En el evento de un incendio el supervisor del área en el cual ocurre el fuego debe ejecutar las siguientes funciones:

1. Llamar al departamento de bomberos.
2. Accionar la alarma del departamento de incendios.
3. Abrir la llave de compuerta.
4. Dirigir a los servicios responsables de aplacar el fuego al sitio del incendio.

Para caso de trabajo en caliente como soldaduras, cortes y producción de chispas en trabajos similares, estos no deben permitirse en áreas de almacenamiento de líquidos inflamables hasta que una autorización escrita de los responsables de la seguridad de la planta lo permita.

El permiso debe involucrar a las personas responsables para control e inspección del área de trabajo, a fin de asegurar que las apropiadas precauciones se han tomado, por lo tanto se puede trabajar, sin problema.

Todos los equipos tales como tanques, maquinas y tuberías deben ser diseñadas y operadas para prevenir el encendido electroestático.

Todos los equipos metálicos tales como tanques, maquinas y tuberías donde una mezcla inflamable puede presentarse deben ser protegidos o aterrizados. Algunas secciones aisladas eléctricamente del metal de la tubería o equipos deben ser protegidas o aterrizadas para prevenir acumulación de riesgos por electricidad estática.

Equipos no metálicos y tuberías deben diseñarse para prevenir riesgos de seguridad contra la electricidad estática.

Un plan de acción emergente escrito que es consistente con la disponibilidad de equipos y personal debe ser establecido para responder a fuego y emergencias, este plan incluye:

- Procedimiento a seguir en caso de incendios tales como: sonidos de alarmas, notificar al cuerpo de bombero, evacuación del personal y control de extinción del incendio
- Procedimientos y listas para conducir los ejercicios correctos de aquellos procedimientos.

- Nombramiento y entrenamiento de personal asignado para tales deberes o tareas. Aquellas tareas deben ser revisadas a tiempo de asignarse inicialmente, como responsabilidad o respuesta a cualquier acción de cambio y estar siempre anticipado a las tareas de cambio.
- Mantenimiento de los equipos de protección de incendio.
- Procedimiento de paralización o aislamiento de equipos para reducir la fuga de líquidos. Esto incluye asignar personal responsable para mantenimiento de las funciones críticas de la planta o paralizar el proceso de la planta.
- Medidas alternativas para la seguridad de los ocupantes.
- Listado de los extinguidores portátiles de fuego deben tenerse para facilitar el análisis de la cantidad, tamaños y tipos que pueden ser necesarios para riesgos especiales de operación y almacenamiento durante los trabajos.

### **8.3.1. Métodos de Soldaduras a Aplicarse**

Referentes a las especificaciones de métodos para la instalación de tuberías tanto aéreas como enterradas que se instalen en el sistema contra incendios, se han tomado de normas como son:

NFPA 13 “Instalación de sistemas de rociadores automáticos”, NFPA 14 “Instalación de sistemas de tuberías y mangueras”, NFPA 24 “Instalación de la Línea principal de servicios contra incendio y sus anexos”.

Con el fin de conocer el método de soldadura a aplicarse, se tiene que especificar qué tipo de tuberías y accesorios es la que se recomienda usar según la normalización y que pueden ser:

Tuberías de acero al carbono soldadas y sin costuras, que cumplan con la Norma ASTM A795.

Tuberías de acero al carbono soldada y sin costuras que cumple con la norma ASTM A53.

Para ambos casos las tuberías deben estar diseñadas para presión de trabajo mínimas de 150 psi.

Las uniones de las tuberías pueden realizarse de algunas formas como:

- Uniones soldadas para el caso de tuberías metálicas con diámetro de 3 pulgadas y superiores, sean con unión soldada entre sí o por bridas; pero deben

cumplir los métodos ajustados a la Norma AWS D10.9.

- Uniones acanaladas de acuerdo a la disponibilidad, en especial se usa este tipo de uniones acanaladas en áreas que prohíben soldar. Se usa la unión Victaulic.
- Uniones roscadas para casos de diámetros menores de 3 pulgadas para esto se cumplirán con la Norma ANSI/ ASME B1.20.1. Tener en cuenta que tuberías mayores a 3 pulgadas no deben ser unidas por accesorios roscados.

Respecto a los espesores de las tuberías se debe cumplir que:

- Tuberías de diámetro de hasta 6 pulgadas, tendrán un espesor correspondiente a la SCH# 40.
- Las tuberías con diámetro de 6 pulgadas y superiores, pueden tener un espesor correspondientes a la SCH # 30.
- Las tuberías enterradas deben cumplir igualmente con las normas NFPA 13, 24 etc., además de estar listadas y aprobadas para ser utilizadas en sistemas

contra incendio que cumplan los estándares AWWA, donde sea aplicable.

Hierro dúctil y accesorios de hierro gris, estándares AWWA C110

Hierro dúctil para tuberías de agua y sus accesorios, estándares AWWA C600

Tuberías de asbesto – cemento, estándar AWWA C603.

En todo caso se debe cumplir con presión de trabajo mínimo de 150 psi, consideraciones de resistencia al fuego, condiciones de instalaciones, corrosión y susceptibilidad a cargas externas, incluso la carga en instalaciones bajo edificio y áreas de tráfico o carga de vehículos.

Las tuberías enterradas se deben colocar descansando a lo largo de su longitud, para mejor distribución de los esfuerzo de las cargas, se debe coloca una capa de arena alrededor de toda la superficie del tubo enterrado, esta capa de arena es del orden de 10 cm.

Todo accesorio del sistema enterrado debe ser anclado para evitar deslizamientos.

La profundidad de colocación de la tubería enterrada debe medirse de la parte superior de la tubería al nivel del suelo, a fin de evitar daños mecánicos, la profundidad mínima es de 80cm, en áreas transitadas deben ser de 90 cm. En caso de las tuberías atraviesen un muro o algún elemento cimentación deben protegerse contra la fractura, manteniendo una holgura anular de 5cm alrededor de la tubería y rellenándolo con alquitrán mineral o asfalto.

Para protección contra corrosión de tuberías enterradas se usa recubrimientos bituminosos como el asfalto natural y el asfalto insuflado fabricado a partir de residuo de petróleos y alquitrán de hulla. Para aplicar los recubriendo hay que limpiar la superficie para eliminar corrosión, polvo, grasa, limallas usando samblasting, limpieza con solventes químicos, limpieza con herramientas manuales o limpieza con instrumentos eléctricos.

El personal responsable de fabricar juntas por soldadura, de tuberías aéreas o enterradas debe ser altamente calificado y demostrar su habilidad y experiencia para desarrollar este tipo de trabajo.

A fin de evitar contratiempos se debe proceder a calificar a los soldadores con prueba previa bajo control y supervisión de empresas especializadas en el medio, que emitirán un certificado personal de cada soldador, bien sea de aceptación o rechazo para ejecutar los trabajos de soldaduras.

Se debe supervisar que los procesos de soldado cumplan con las normas básicas de ingeniería. Se debe soldar en taller más no en edificios. Si es eminente soldar en sitio habrá que solicitar el “Permiso para soldar”, emitido por el departamento de Seguridad Industrial de la compañía.

Para el soldado de tuberías:

- Se hará un primer pase con electrodo AWS 6010-1/8” para al raíz, luego 1 ó 2 cordones de relleno con AWS 7018.
- Y al final los pases de acabado con AWS 7018.

Respecto a las juntas soldadas se debe cumplir con:

- Para el caso de juntas soldadas de dos extremos de tuberías se aplica especificaciones de una junta a tope con chaflán en V.

Se prepara un chaflán de 60° con raíz de 1/8" y una luz de 3.2mm. La primera pasada de electrodos se hará con AWS – 6010-1/8" y luego se harán otros pases con electrodos de AWS 7018-1/8" para los rellenos y 5/32" para los acabados.

- Para juntas soldadas de un extremo de tubería con brida se emplearan bridas sobre puestas para ser soldadas en ángulos.

Fabriquese la junta en posición plana empleando electrodos E-6024 con hierro en polvo o su equivalente de 1/4 de diámetro, no es necesario hacer chaflán y se debe dejar una luz de 0.8mm (1/32"), se empleara pasadas múltiples hasta obtener un espesor útil de la soldadura del 4.7mm (3/16").

### **8.3.2. Método de Selección de Soportería.**

Las tuberías en succión y descarga de la bomba deben ser rápidamente soportadas lo más cerca posible a las conexiones de las bombas, deben estar ajustadas de tal manera que la tuberías no transmitan ningún esfuerzo a los filos o bridas de las bombas.

Esencialmente las tuberías deben estar soportadas de la estructura del edificio, la cual debe soportar la carga de las tuberías llenas de agua más una carga de 250 libras aplicada en el punto de soporte.

Los soportes en tuberías exteriores sobre el nivel de tierra serán bloques de hormigón ubicados cada 5 metros.

Los soportes en tuberías elevadas serán en cada columna y habrán soportes colgantes adicionales, pero la distancia entre soportes no debe exceder de 4 metros.

Para el caso de tuberías interiores, se aplicara el soporte apropiado según sea el caso que se indique fig. 8.1:

- Tuberías soportadas en bloques de hormigón (a).
- Tuberías soportadas en columnas (b).
- Tuberías colgadas de una estructura metálica o viga estructural (a).
- Tuberías apoyadas sobre soportes horizontales (d).
- Cualquier otro tipo de soporte de acuerdo a la disposición del edificio y trayecto de la tubería (e).

Respecto a los rociadores se cumple los mismos métodos aplicados de soportería anteriores:

- La máxima distancia permitida entre soportes de los brazos de tuberías de rociadores para diámetro de 1" es de 4 metros.
- La máxima distancia permitida entre soportes para diámetros de 1 ½ hasta 2" es de 5 metros

La carga de los apoyos soportes de tuberías que están localizados en aéreas con alta exposición de riesgo deben estar protegidos por uno o más de los puntos siguientes:

- Drenaje a un lugar seguro para prevenir que el líquido se acumule sobre la ruta de las tuberías.
- Construcción resistente al fuego.
- Protección con pinturas resistentes al fuego o sistemas de protección adecuados al control de fuego.
- Cualquier otra alternativa que sugieran las autoridades del cuerpo de bomberos.

Las tuberías subterráneas deben ser instaladas sobre una cama de por lo menos 6 "(150mm) de material bien compacto hasta la parte inferior de la tubería.

En áreas sujetas a tráfico de vehículos, la tubería debe tener abajo una cubierta de 18" (450mm) de material compactado y pavimentado.

En áreas pavimentadas donde un mínimo de 2" (50mm) de asfalto se usan, el relleno entre las tuberías y el asfalto puede reducirse a 8" (200mm) mínimo.

En áreas pavimentadas donde un mínimo de 4" (100mm) de concreto reforzados es usado, el relleno entre la tubería y el concreto debe reducirse a 4" (100mm) mínimo.

Las tuberías que están dentro de la misma zona y son de diferentes diámetros, deben estar separadas horizontalmente como mínimo por 9" (230mm).

Dos o más niveles de tuberías en la misma zanja deben estar separadas verticalmente a 6" (150mm) mínimo, del relleno bien compactado.

### **8.3.3. Sistemas de Aplicación de Pinturas para Protección de Equipos, Accesorios y Otros**

Ante proceder a la pintura para protección de equipos, accesorios y otros; que se usa en el sistema contra incendio y que son construidos en sitios, existen algunos métodos de limpieza a considerar y aplicarse:

- Samblasting abrasivos.
- Agua a presión baja.
- Samblasting con agua a presión alta (25.000 a 40.000 psi).
- Vapor a presión alta.
- Agentes limpiadores especiales (Solventes, desengrasantes, agentes neutralizadores o emulsificadores).
- Remoción física (Vacío, absorción con palas, con trapos o wipe).

Las partes que son inaccesibles después de su fabricación, pero que están sujetas a corrosión, deben estar protegidas por pinturas antes de su ensamble. Superficies en juntas impermeabilizadas deben ser pintadas con aceite limpio o barniz.

Todas las superficies inferiores de los tanques de acero que están expuestos a agua o inmersión o zona de fase de vapor

arriba del nivel de agua alto deben ser limpiadas por una sobrecarga suave de acuerdo con SSC SP10 Normas de Preparación de las Superficies de las Juntas con limpieza por sobrecarga leve o salmuera” de acuerdo con SSPC SP8 “Salmuera”, y deben ser preparadas de acuerdo a los requerimientos de Sistemas de Pintura Interior # 1 según AWWA D102 “Pintada de Tanques de Acero de Almacenamiento de Agua”.

Todas las superficies exteriores e interiores deben ser limpiadas por sobrecarga comercial de acuerdo con SSPC SP6 “Normas para Preparación de las Juntas para Limpieza por soplo o Salmuera” de acuerdo con SSPC SP8 “Salmuera” y deben ser preparadas con una carga de pintura libre de alcalinidad de acuerdo con los requerimientos para sistemas de pintura exterior # 1 de la AWWA D102 “Pintada de Tanque de Almacenamiento de Agua”.

Después de la construcción, todas las costuras soldadas, los bordes no pintados y algunas áreas donde la primera mano de pintura presenta deterioro o daño debe ser limpiado por soplo y pasado otras manos de la misma pintura.

Todas las superficies interiores terminadas de pintar (expuesta al agua almacenada) deben ser reglamentadas de acuerdo con los requerimientos para Sistemas de Pinturas Interior # 1 de la AWWA D102.

Sistemas de Pintura de cera no es permitido, finalmente las capas de pinturas de las superficies exterior e interior no expuestas al agua almacenada deben estar de acuerdo con los requerimientos de la AWWA D102, usando dos capas de aluminio o esmalte alcalino en colores requeridos por los dueños, proveer una película de espesor de 3.5 mils. Como mínimo total para el sistema seco del aluminio finalizado y 4,5 mils, para el esmalte alcalino.

Para el caso de exposición de atmosferas muy severas, si el propietario del tanque, fiscalizador y otro responsable lo requiere se pueden aumentar las capas de pinturas exteriores e interior en áreas seca, de acuerdo al sistema de pinturas exteriores N° 4 de la reglas AWWA D102, estas pueden ser de espesor de la película de 5mils para aluminio terminado y 6 mils, para el esmalte alcalino.

Todas las pinturas deben ser aplicadas de acuerdo con los requerimientos apropiados de SSPC en el manual de

“Sistemas y Especificaciones para Pintado de Estructuras de Acero”.

Para el caso de tanques empernados y pintados, construidos en fabricas su capacidad varia de 4.000 gal a 500.000 gal (15.1 m<sup>3</sup> a 1892.7m<sup>3</sup>).

Los tanques empernados por lo general son cilíndricos, todas las juntas, placas del techo y planchas del fondo, planchas laterales deben ser empernadas en el campo. La pintura es aplicada en la fábrica.

# CAPÍTULO 9

## **9. PRUEBAS, MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES DE ACUERDO A NORMAS (NFPA)**

El propósito del NFPA 25 es establecer los requerimientos mínimos para la inspección periódica, prueba y mantenimiento de sistemas de protección de incendio basados en agua, los tipos de sistemas dirigidos por esta norma incluyen, pero no está limitado a rociadores, gabinetes y mangueras, sistemas fijos de agua por pulverización y agua – espuma.

Se incluye el suministro de agua a los sistemas privados, bombas contra incendio y tanques de almacenamiento de agua, así como válvulas que controlan el flujo de agua del sistema.

Esta norma se aplica a sistemas que han sido instalados de acuerdo con prácticas normalmente aceptadas.

Para el caso de aquellas instalaciones que no cumplen con las prácticas normalmente aceptadas cuando se construyen, deben ser corregidas con las normas de instalación apropiadas.

El propósito de esta norma es prevenir el requerimiento que aseguren un razonable grado de protección para la vida y propiedades en caso de incendios a través de una inspección mínima, pruebas y métodos de mantenimiento de los sistemas de protección de incendio basado en agua.

Es así que en casos de determinar situaciones que involucran distintos y varios riesgos para la vida y propiedades, las autoridades seccionales deben exigir urgentemente inspección, pruebas y métodos de mantenimiento de acuerdo a las sugeridas por la " Norma NFPA 25".

La prueba del sistema es por un procedimiento que determine el estado de las partes por chequeo físico llevados periódicamente como: Pruebas de flujo de agua, prueba de la bomba, pruebas de alarmas, pruebas de tuberías secas, pruebas de válvulas de inundación y pre acción.

Aquellas pruebas deben seguir los intervalos especificados originalmente por las normas respectivas.

- Los sistemas de pulverización o atomización de agua es un análisis predeterminado de tamaños de partículas, velocidad y densidad de descargas para uso de las toberas diseñadas especialmente, así como sus accesorios. Los sistemas fijos de atomización de agua son usualmente aplicados para problemas de protección especial de incendio, tales protecciones deben diseñarse para prevenir el control del fuego, extinguirlos y proteger las exposiciones. Estos sistemas deben ser independientes de los otros sistemas de protección.

El suministro de agua debe tener una fuente que garantice el flujo de agua (L/min) y la presión requerida por el sistema de protección basada en agua.

- Sistema pulverización de agua-espuma, sistemas especiales que consiste en tubería conectada a la fuente de espuma concentrada y al suministro de agua. El sistema está equipado con toberas pulverizadas de agua-espuma para descargar el agente de extinción (espuma expulsada por el agua o en orden reverso) y por distribución sobre el área a proteger.

- Sistemas de rociadores agua-espuma, sistema especial de tubería conectado a la fuente de espuma concentrada y al suministro de agua, equipado con accesorios de descarga apropiado para expulsión del agente de protección para la distribución sobre el área a proteger. El sistema de tuberías es conectados al suministro de agua a través de una válvula de control que usualmente actúa por operación del equipo de detección automática instalado en la misma área de los rociadores. Cuando estas válvulas abren, el agua fluye dentro del sistema de tubería y espuma concentrada es inyectada dentro del agua. La solución de espuma resultante descarga a través de los accesorios productores y distribuidores de espuma. El sistema también se puede usar para expulsar primero agua impulsada por descarga de espuma por un periodo específico y entonces enviada por el agua hasta cerrar de forma manual.

Existen una serie de válvulas usadas en el sistema contra incendio:

- Válvulas de control de flujo de agua del sistema.
- Válvulas de inundación operada automáticamente por un sistema de detección, también puede ser manual.

- Válvula de control de presión operada por un piloto, diseñada con propósito de reducir la presión del agua flujo abajo a un valor especificado.
  
- Válvula reductora de presión similar a la anterior.

En sistemas de servicio de incendio privado principal, la tubería y sus accesorios ubicados en la propiedad privada, están entre una fuente de agua y la base de elevación mayor para sistema de rociadores automáticos, sistema de rociadores abiertos, sistema fijo de atomización de agua, sistema a entrada de productores de espuma o al codo base de un hidrante privado y regulación de toberas.

Cuando está conectado al sistema de agua pública, usualmente una válvula que opera normalmente cerca de la línea de propiedad controla el sistema.

Cuando está conectada a una bomba de incendio, la línea principal del sistema de incendio comienza en el lado de descarga de la bomba.

Cuando está conectado a un tanque de gravedad o tanque de presión la línea principal comienza en el lado de entrada de la válvula cheque del tanque.

Los principales servicio contra incendio privado pueden incluir el suministro de tubería de distribución instalados bajo tierra, en fosos y en el exterior e interior de los edificios.

Los propietarios u ocupantes deben prevenir que este lista la accesibilidad a componentes del sistema de protección de incendio basada en agua que requieren inspección, prueba o mantenimiento. La responsabilidad de un mantenimiento apropiado del sistema contra incendio lo tienen los propietarios o responsables de la industria o edificio.

Por medio de inspecciones periódicas pruebas y mantenimientos los equipos se mantendrán en buenas condiciones y algún defecto o daño puede ser descubierto y solucionado. Todo lo acotado anteriormente debe ser implementado de acuerdo con los procedimientos anotados o superar aquellos establecido en los documentos e instrucciones de los fabricantes.

Esta tarea debe ser ejecutada por personal que ha adquirido capacidad a través de entrenamiento y experiencia.

Cuando los propietarios no están ocupando la propiedad, ellos deben permitir el paso de la autoridad para inspeccionar, probar, y hacer el mantenimiento del sistema, a través las clausulas especificadas en el contrato de arrendamiento, acuerdo escrito o contrato ejecutivo.

Los responsables deben notificar a las autoridades la paralización del sistema para proceder a su inspección, prueba y mantenimiento y tiempo de duración.

Las conexiones y reparaciones deben ser ejecutadas por personal o contratista calificado.

Cuando se procede a realizar cambio de procesos, cambio de materiales a almacenar en el edificio o planta, se debe hacer una evaluación previa para analizar la capacidad de protección de los nuevos cambios. Cuando los cambios en el proceso de las plantas, riesgos, suministros de agua, comodidades de almacenamiento, modificaciones del edificio u otras condiciones, que afecten la instalación actual del sistema sean identificadas, se debe proceder a ejecutar algunos pasos tales como: Contactar contratista calificado, ingeniero o consultor para evaluar adecuadamente el sistema en orden de proteger las propiedades de los riesgo en cuestión.

Una vez que esta evaluación encuentre deficiencias del sistema, se debe proceder hace las operaciones apropiadas y verificar el sistema para que trabaje debidamente.

Debe tenerse una bitácora para anotar los records de las inspecciones, pruebas y mantenimientos, los records de

procedimientos ejecutados, la organización de la ejecución del trabajo y las novedades, resultados y las fechas; records de los mantenimientos y novedades ejecutadas por el personal de planta. También en la bitácora debe estar la planificación para la próxima inspección, prueba y mantenimiento que lo requiere la norma.

Los resultados de las pruebas siempre deben acompañarse con las pruebas iniciales en caso de disponer de ellas o con las últimas y recientes a fin de analizar parámetros.

### **9.1. Pruebas Hidrostáticas y Gradiente Hidráulico**

En los sistemas contra incendio toda la tubería incluyendo la línea de espuma concentrada, deben ser probadas hidrostáticamente a 200 psi (13.8 bar) o a 50 psi (3.4 bar) en exceso de la máxima presión estática donde esta excede 150 psi (10.3 bar).

La presión debe mantenerse sin pérdida por dos horas.

Tanques no deben incluirse en las pruebas hidrostáticas de presión.

La cantidad de fuga en tuberías de agua debe ser medida a una presión de prueba específica por bombeo desde un recipiente

calibrado. La fuga no debe exceder 1.89 litros/hrs por 100 juntas, sin considerar el diámetro de la tubería.

Las pruebas aceptadas deben servir para asegurar que el peligro este completamente protegido de acuerdo las normas y determinar la: Presión de flujo, capacidad de descarga actual, razón de consumo de espuma y otros.

Durante las pruebas, la presión en los accesorios de descarga debe ser por lo menos igual a la mínima presión de operación del sistema o sistemas aprobados.

Un gradiente hidráulico es un perfil de la presión residual.

Su función es la representación grafica de las características del caudal en el interior de una tubería.

El gradiente es un factor importante en el cálculo y proyecto de las conducciones maestras y de las líneas distribuidoras principales de los sistemas de abastecimiento de agua.

El gradiente hidráulico es un procedimiento útil para investigar las condiciones o estados de las tuberías de distribución públicas o privadas cuando las pruebas producen resultado inferior a los esperados.

Las relaciones entre presión y elevación en una tubería a caudal uniforme, se muestran en la Fig. # 9.1 Ver Anexo

Las pruebas de gradientes de un sistema particular para protección contra incendio, generalmente se hacen sobre tramos de tuberías de longitud inferior a los que se utilizan para hacer pruebas en los sistemas públicos. Para reducir el número de pruebas, deben escogerse tuberías que sean representativas de la edad y estado de conservación de sistemas. Debe hacerse pasar a través del tramo sometido a pruebas, caudal relativamente alto para obtener una caída de presión máxima, con lo que se minimiza el efecto de la frustración de presión o las lecturas inexactas del manómetro. Los datos obtenidos de los gradientes hidráulicos son fácilmente aplicables al cálculo de los valores C (coeficiente de descarga), de las tuberías sometidas a pruebas.

La pérdida de presión de las válvulas y conexiones, de haberlas, debe deducirse de la pérdida de presión observada antes de calcular C; de otro modo, el valor obtenido será demasiado bajo.

Si existen más de dos puntos de medición, debe intentarse hacer medidas y lecturas simultáneas, y se puede obtener generalmente resultados satisfactorios trasladando progresivamente el

manómetro de un hidrante a otro, mientras se mantiene el interior del caudal de prueba.

La presión estática verdadera obtenida en condiciones de ausencia de caudal, resulta en el grafico en forma de línea horizontal.

La presión estática en las conducciones para servicio de incendio pueden obtenerse generalmente con facilidad porque prácticamente no habría caudal normal (excepto en los sitios e instalaciones que tienen sistemas combinados de suministro de agua para uso industrial y protección contra el fuego).

Es también generalmente deseable trazar el perfil de la tubería sometido a pruebas, conjuntamente con el gradientes que desciende por debajo de la línea de la tubería, es una muestra que la presión de tubería es inferior a la atmosférica.

Esta condición puede tener como resultado un caudal defectuoso o el principio de estos cambios bruscos de presión, que son peligrosos.

El remedio consiste en reducir el caudal o disminuir la pérdida por fricción, limpiando y revistiendo interiormente la tubería o sustituyéndola por otra de mayor capacidad.

Cuando se encuentra en la pruebas del gradiente valores de C inferiores a 80, la tubería debe limpiarse y revestirse internamente por los método normales. Sin embargo, independientemente del valor de C, las tuberías de pequeños diámetros, deben sustituirse por tuberías de diámetro adecuado. Si se emplea tuberías de hierro o acero, deben estar forradas interiormente, y también existen otro tipo de tuberías con valor de C casi constante.

#### **9.1.1. Pruebas de Tuberías y Mangueras**

En este párrafo se tratará con sistemas de tuberías que comprenden tuberías, cañerías, pernos, empaques, accesorios, conexiones flexibles, pared contenedora de presión, otros componentes tales como juntas de expansión y filtros y especificaciones de dispositivos que sirven para propósitos de mezclar, reparar, distribuir, medir, controlar flujo y vapores asociados.

El diseño, fabricación, ensamble, prueba e inspección de sistemas de tuberías debe ser adecuado a las presiones de trabajo y esfuerzo de las estructuras de acuerdo con las secciones permitidas de ASME Q1331, (Códigos para tuberías de presión de

especificaciones de material y límite de presión y temperatura del mismo etc.).

Los sistemas de tuberías deben estar sustancialmente soportados y protegidos de cualquier daño y excesivo esfuerzo de asentamientos, vibraciones, expansión o contracción, el mantenimiento correctivo incluye pero no limita reemplazar los rociadores dañados.

Pruebas hidrostáticas a presión mayor de 13.8 bar (200 psi) por 2 horas o a 3.4 bar (50 psi) en exceso de la máxima presión; cuando la máxima presión esta en exceso de 10.3 bar (150 psi) deben ejecutarse cada 5 años en columnas de sistemas de alimentación seca y porciones secas de sistemas de columnas húmedas.

La prueba hidrostática debe ejecutarse en sistema de columna manual o algún otro sistema que ha sido modificado o reparado según el párrafo anterior. La presión de prueba hidrostática debe ser medida en un punto de elevación bajo del sistema o zona donde empiezan las pruebas. Las columnas de alimentación interiores no deben tener fugas.

Las tuberías visibles y debajo de tierra deben ser probadas por flujos para determinar las condiciones de las tuberías como mínimo en intervalos de 5 años.

Las prueba de flujo deben se hechas con flujos representativos como los que se necesitaran durante un incendio con el propósito de comparar las características de pérdida de fricción de las tuberías con las expuestas por las tuberías involucradas por el fabricante, con la consideraciones debidas de la edad de la tubería y los resultado obtenidos en las pruebas.

Se debe investigar los resultados de flujo que indiquen deterioro del flujo de agua disponible y presión, a fin de cumplir los requisitos de las normas y autoridades jurisdiccionales, así como asegurar los requerimientos de flujo y presión para la protección de incendio de las propiedades.

Los drenajes principales están instalados en las columnas de las tuberías del sistema por una razón principal: Drenar agua después del cabezal de tuberías, después que el sistema esté paralizado. Esto permite al contratista o departamento de mantenimiento de la planta ejecutar trabajos en el sistema o reemplazar pulverizadores después de un incendio u otro incidente que involucre la operación del sistema.

La prueba para sistema de tuberías reguladoras debe ser hecho en el punto más bajo del drene para cada tubería, o en la conexión de prueba de drenaje principal del suministro de entrada al edificio.

Esos drenajes también sirven para ver donde existe mayor reducción de agua del sistema, tales como los causados por gran obstrucción, válvulas casi cerradas, válvula trabada o válvula cheque con su castañuela pegada al asiento de válvula.

Una gran caída de la presión del flujo total del drene principal (Resultado comparado con anteriores pruebas) normalmente es indicativo de una reducción peligrosa del suministro de agua causada por una válvula que está completamente cerrada u otro tipo severo de obstrucción. Después de cerrar el drenaje, un suave retorno de la presión estática es confirmación de la sospecha de una obstrucción mayor en la vía de agua y es una razón suficiente para determinar la causa de la variación.

La prueba de drenaje principal se debe conducir de la siguiente manera:

- Visualizar la presión indicada en el manómetro agua suministrado.

- Cerrar válvula de control de alarma.
- Abrir totalmente la válvula de drenaje principal.
- Después que el flujo es estabilizado, visualice la presión residual indicada por el manómetro de agua suministrado.
- Cierre lentamente la válvula de drenaje principal.
- Inspección del tiempo que toma para que la presión del agua de suministro retorne a la presión estática original.
- Abrir la válvula de control de alarma.

Señales de identificación para válvulas de control de servicio principal de incendio bajo tierra en la ruta deben indicar la dirección de abertura de la válvula, la distancia y dirección de la válvula desde la ubicación de la señal y la localización de las herramientas por alguna señal.

El propósito de un programa de sellamiento es como sigue:

- La presencia de un sello sobre una válvula de control es un impedimento para cerramiento de una válvula, indiscriminadamente si posee la autorización apropiada.

- Una rotura o desaparición de un sello de una válvula es causa para que el inspector verifique que la protección no esté deteriorada y notifique a los superior el hecho de que la válvula no puede ser cerrada, sin seguir el procedimiento.

Una lectura de presión alta en el manómetro del sistema es normal en suministro de presión de agua variable. Pero presiones sobre 12.1 bar (175 psi) pueden ser causadas por la prueba de la bomba o expansión térmica que debe ser investigado y corregido.

Los sistemas deben ser drenados para inspección interna de las válvulas componentes, así:

- Cerrar la válvula de control.
- Abrir la válvula de drenaje principal.
- Abrir la válvula inspectora de prueba.
- Esperar que el sonido del agua del drenaje cese y que todos los manómetros indiquen 0 bar (0 psi) antes de remover o desmantelar algún componente.

Una prueba de drenaje principal debe llevarse anualmente a cada sistema de tubería de protección de incendio basado en agua,

para determinar que por la época no se ha producido cambios en el suministro de agua por tubería o la válvula de control.

En sistema donde la base del suministro de agua es a través de la prevención contra flujo y válvulas reductoras de presión, la prueba de drenaje principal de por lo menos un dispositivo del sistema flujo abajo debe ser ejecutado cada trimestre.

Las pruebas de alarmas de flujo de agua deben ser probadas de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Los manómetros deben inspeccionarse mensualmente para verificar que ellos están en buenas condiciones y que la presión normal se mantiene.

Los manómetros deben ser reemplazados cada 5 años o probados cada 5 años por comparación con otros manómetros calibrados. Manómetro que no es exacto dentro del 3 % del total de la escala debe ser, recalibrado o reemplazado.

Cada válvula de control de un sistema de protección de incendio basado en agua presurizada debe ser señalada o identificada, en que zona del sistema es su control.

Las válvulas normalmente abierta o cerrada deben estar aseguradas por sello u otros tipos de candado o deben estar

instaladas eléctricamente de acuerdo a las normas NFPA respectivas y deben ser inspeccionadas mensualmente.

Todas las válvulas normalmente deben ser inspeccionadas semanalmente y después de algunas alteraciones o reparaciones deben ser controladas por los responsables del sistema para evitar contratiempos en la operación del conjunto contra incendio por alguna posición o novedad inadecuada de válvulas, (fugas, accesibilidad, herramientas o sellos, etc.).

Grasa u otros materiales sellantes no deben ser aplicados en los asientos de la superficie de las válvulas de tuberías secas.

Dispositivos de aberturas rápidas, si tienen deben probarse trimestralmente.

### **9.1.2. Prueba de Hidrantes y Extintores**

Las pruebas de flujo son conducidas en los sistemas de distribución de agua para determinar la razón de flujo disponible en varias ubicaciones para propósitos de lucha contra el fuego.

Una cierta presión residual en los principales ramales, específica cual razón de flujo se podría disponer.

Adicionales beneficios se derivan de las pruebas de flujo, como la indicación de posibles deficiencias, tales como impurezas de tuberías o válvulas cerradas o ambas, lo cual puede corregirse para asegurar flujos necesarios para combatir el fuego.

Para propósitos de una marcación uniforme de hidrantes, la clasificación o categoría debe estar basada en una presión residual de 20 psi (1.4bar) para todos los hidrantes que tienen una presión estática en excesos de 40 psi (2.8 bar).

Hidrantes que tienen una presión estáticas menor a 40 psi (2.8 bar), deben ser medidos a una presión de una vez y media de la presión estática.

Es generalmente recomendable que a una presión mínima residual de 20psi (1.4 bar) deben mantenerse los hidrantes cuando distribuyen el flujo para el fuego. El departamento de Bombero puede bombear y operar donde la presión de los hidrantes es menor, pero con dificultad.

Donde los hidrantes están bien distribuidos y el tamaño y el tipo es apropiado (y si la pérdida de presión del hidrante y la succión no son excesivas), puede ser posible disponer de presiones menores a la mínima.

Una tarea muy importante debe ser la habilidad para mantener una presión residual suficiente para prevenir el desarrollo de presiones negativas en algún punto en la línea principal, lo cual puede causar colapso en la distribución principal o algún componente, o contaminación del agua.

De allí que el uso de presiones residuales menores de 20 psi (1.4 bar) no es permitido por los departamentos de salud de muchos estados.

Las pruebas deben ser hechas durante el período de demanda ordinaria.

El procedimiento consiste en descargar agua a una medida de razón de flujo desde el sistema en una localización dada y observar la caída de presión correspondiente en los puntos principales.

Después de localizar donde la prueba va a correrse, un grupo de hidrantes para pruebas se selecciona.

Una vez que se ha procedido con la selección, debida consideración debe darse a la potencial interferencia del flujo,

daños al contorno (camino, vías anexas, vehículos, etc.) y problemas de potenciales inundaciones.

Un hidrante designado como el hidrante residual, es escogido para hacer el hidrante donde la presión estática normal debe observarse con los otros hidrantes en el grupo cerrado, y donde la presión residual debe observarse con los otros hidrantes fluyendo.

Este hidrante es escogido de tal forma que este localizado entre hidrante a fluir y la distribución mayor que constituye la fuente inmediata de suministro de agua en el área. Ver Anexo Figura. 9.2.

El número de hidrantes a usarse en alguna prueba depende de los esfuerzos de los sistemas de distribución de los vecinos.

Para obtener resultados satisfactorios de las pruebas respecto a cálculos teóricos de flujos esperados o razones de capacidad, suficientes descargas debe alcanzarse a causa de una caída en presión del hidrante residual de por lo menos el 25 %, o al flujo de demanda total necesaria para propósitos de combatir el fuego.

Si el sistema principal es pequeño y frágil, solamente 1 ó 2 hidrantes necesitan estar circulando flujos.

Si el sistema es grande y fuerte, será necesario el flujo de algunos como 7 u 8 hidrantes.

Los equipos necesarios para el trabajo de campo consisten en los siguientes:

- Un solo manómetro de presión de 200psi (14bar) con graduaciones de 1 psi (0.0689 bar).
- Un número de tubos de Pitot.
- Herramientas para hidrantes.
- Manómetros de 50 o 60 psi (3.5 a 4 bar) en divisiones de un psi (0.0689 bar) y escalas con un 1/16 pulg. (1.6 mm). Un tubo de Pitot; a 50 o 60 psi (3.5 a 4 bar) manométrica, una llave de hidrantes y una escala para cada hidrante a fluir.
- Un hidrante con tapa especial roscada y con huecos dentro del cual una cañería corta y de bronce está ajustada, esta cañería está provista con una conexión T para el manómetro de 200 psi (14 bares) y un grifo en el extremo para aliviar la presión de aire.

- Todos los manómetros de presión deben ser calibrados por lo menos cada 12 meses, o más frecuentemente dependiendo de su uso.
- Cuando en más de un hidrante está circulando flujo, es deseable y debe ser necesario usar radios portátiles para facilitar la comunicación entre los miembros que intervienen en la prueba.

El procedimiento de la prueba es:

1. En una prueba típica, el manómetro de 200 psi (14 bar) es adherido a una de las salidas de 2 ½ “(6.4 cm) del hidrante residual usando la tapa especial.
2. El grifo en la tubería del manómetro es abierto y la válvula del hidrante es abierta completamente.
3. Tan pronto como el aire es expulsado del barril, el grifo es cerrado.
4. Una lectura (presión estática), se toma cuando la aguja llega a reposo.
5. A una señal dada, cada uno de los otros hidrantes son abiertos sucesivamente, con descarga que tiene lugar directamente desde el sitio del hidrante abierto.

6. Los hidrantes deben ser abiertos uno a la vez.
7. Con todos los hidrantes circulando, el agua debe circular por un tiempo suficiente para limpiar desechos y sustancias extrañas de flujo o flujos.
8. En el tiempo en que las señales dadas a las personas en los hidrantes, se debe leer la presión de atomización de flujos simultáneamente que la presión residual empiece a leerse.
9. La magnitud final de la caída de presión puede controlarse por el número de hidrantes usados y el número de salidas abiertas en cada uno.
10. Después que las lecturas han sido tomadas, los hidrantes deben pararse lentamente, uno a la vez, para prevenir indebidas agitaciones en el sistema

Los hidrantes deben ser probados anualmente.

Cada hidrante debe ser abierto totalmente y dejar que el agua fluya hasta que todo material extraño sea limpiado. El flujo debe mantenerse como mínimo un minuto.

Después de la operación, los hidrantes secos tipo cañón y de pared deben ser observado para el apropiado drenaje de tanque. El drenaje completo no debe ser mayor a 60 minutos.

Cuando las condiciones del suelo u otros factores pueden afectar el tiempo de drenaje, o cuando el nivel frenético del agua está arriba del drenaje de los hidrantes, los hidrantes a drenar deben ser purgados y el agua del barril ser bombeada al exterior.

Los hidrantes de barril seco que están ubicados en redes sujetos a congelación y que tiene drenajes obstruidos deben ser identificados claramente después de la operación de drenaje.

Los pistones montados sobre los hidrantes deben ser probados en conjunto con los hidrantes, ellos deben oscilar y moverse a través de todo su rango de movilidad, para asegurar su apropiada operatividad los hidrantes deben ser revisados anualmente para garantizar que todos los vástagos, cascos de acero tapones y roscas estén en condiciones de operaciones apropiadas.

Ver Anexo “Reporte de Prueba Flujo de Hidrante”.

### **9.1.3. Pruebas de Sprinkles**

La prueba de servicio de los rociadores en el campo se considera una prueba de rutina. La prueba que no es de rutina debe ser

conducida a direcciones inusuales que no están asociadas con los ciclos de prueba de rutina que están en la norma.

Los rociadores deben ser primero inspeccionados visualmente por signos de daños mecánicos, limpieza, pinturas, fugas en servicios o severas cargas de corrosión, todas las cuales están consideradas para reemplazo inmediato. Dispositivos que han parado las pruebas de inspección deben entonces entrar en el laboratorio para pruebas por sensibilidad y funcionamiento.

La sensibilidad térmica debe no ser menor que las permitidas en las pruebas de post-corrosión de nuevos rociadores del mismo tipo.

Los rociadores que han estado en servicios por muchos años no deben ser sometidos a todas las pruebas de calidad de un rociador nuevo. Sin embargo, si hay algunos cuestionamientos acerca de su rendimiento continuo satisfactorio, los rociadores deben ser reemplazados.

Los rociadores antiguos están permitidos ser reemplazados por otros rociadores antiguos. Los rociadores antiguos no pueden usarse para reemplazar rociadores normalizados actuales sin aprobación después de una completa revisión del sistema. Los

rociadores viejos cuya descarga es del 40 % en posición hacia arriba del techo, pueden ser instalados en ángulo recto hacia arriba o inclinados.

Es imperativo que algunos rociadores de reemplazo tengan la característica de los rociadores a reemplazar como rango temperatura, características de respuesta, espacio requerido, razón de flujo y factor K no pueden ser cambiado, un rociador con similar características se debe usar para reemplazarlo y el sistema debe ser evaluado para verificar que rociador es el apropiado para el uso que se necesita.

Se debe tener un stock mínimo de 2 rociadores de cada tipo y rango de temperatura de aquellos instalados.

Rociadores con el recubrimiento especial resistente a la corrosión deben instalarse en los cables donde existen elementos químicos, desperdicios o vapores corrosivos, etc.

Conversión del sistema de tuberías secas a tuberías húmedas causa corrosión y la acumulación de materias extrañas en el sistema de tuberías y daño del servicio de alarmas.

Un sistema de rociador tiene una válvula de control de las columnas de alimentación del sistema. El diseño e instalación del

suministro de agua es facilitado por tanques de gravedad, bombas de incendio, reservorios de tanques de presión de acuerdo a la NFPA 20 “Norma para la Instalación de Bomba Estacionarias para Sistemas de Protección de Incendio”, y NFPA 22 “Normas para Tanques de Agua para Protección de Incendio Privado”.

En el caso de sistemas de rociadores de tuberías húmedas las conexiones de mangueras deben ser de 40 mm (1 ½”), las válvulas, mangueras y pistones suministrados para el sistema son considerados componentes del sistema de rociadores.

Los componentes no requieren estar abiertos o expuestos. Puertas, paredes removibles, huecos de válvulas deben permitir satisfacer la necesidad de accesibilidad. Tales equipos no deben estar obstruidos por elementos como paredes, ductos, columnas, stock de almacenamiento.

Cuando un sistema de rociadores a estado fuera de servicio por un periodo prolongado, para retornar al servicio, es recomendable que un supervisor responsable con experiencia realice inspecciones y pruebas de sistema. Esto incluye: flujo, drenaje, bomba, válvula de inundaciones y pre-acción, pruebas de las tuberías secas.

Las normas establecen la frecuencia mínima de inspección y prueba, responsabilidades, pruebas de rutinas y los procedimientos de reportes pero no definen límites precisos de anomalías cuando las acciones de mantenimiento son requeridas.

Condiciones fuera de las normales establecidas como una válvula cerrada, presión anormal del agua, pérdida de potencia, u obstrucciones de rociadores, detectores, pistones o mangueras de las estaciones, pueden demorar la actuación del sistema e impedir las operaciones normales de los bomberos.

El mantenimiento preventivo incluye pero no limita lubricación de ejes de válvulas de control, ajuste de empaques del prensa estopa en válvulas y bombas, condensación de aire de compresores, líneas de aire, drenajes auxiliares de tuberías secas, limpieza de filtros.

El mantenimiento correctivo incluye pero no limita reemplazo de rociadores dañados, corroídos o pintados, ajuste de tuberías flojas, reemplazos de soportes desaparecidos, limpieza de impulsor de la bomba, reemplazo de asientos de válvula y empaques, restaurar o chequear áreas sujetas a congelamientos

donde están las tuberías de llenado instaladas y reemplazar mangueras rotas o pérdidas, así como pistones.

Se debe tener cuidado para reemplazar los rociadores que deben ser del mismo tipo y modelo, que reúnan las características iguales a la original.

#### **9.1.4. Pruebas del Sistemas Presurizado**

En el caso de los tanques concentrados de espuma la inspección debe incluir la verificación de que la cantidad de espuma satisfaga los requerimientos del diseño.

En cuanto a los sistemas proporcionadores de espumas existen algunos:

- **Proporcionadores de medida de presión.-** Es un recipiente de presión, que previo a la inspección la presión existente debe ser removida para prevenir cualquier daño personal, además que la inspección verifica:

La válvula de bola por goteo (Drenaje automático) este libre y abierta.

La no presencia de corrosión externa en los tanques de espuma concentrada.

- **Proporcionador Tanque tipo vejiga.-** Es su recipiente de presión al cual se debe sacar la presión existente para evitar daños en el momento de inspeccionarlo y revisar:  
Válvula de control de agua a tanque de espuma concentrado. Corrosión externa incluso.
  
- **Proporcionador tipo tubería** cuya inspección incluye lo siguiente:
  - Filtros.
  - Ventosas de presión de vacío que operan libremente.
  - Corrosión externa.
  
- **Proporcionador tipo presión balanceada** cuya inspección incluye:
  - Filtros.
  - Ventosas de presión de vacío que operan libremente.
  - Verificar que las válvulas de la tubería reversibles estén abiertas.

La potencia está disponible para la bomba de espuma líquida.

Así mismo los proporcionadores de tipo placa con orificio y proporcionador de presión balanceada en la tubería se rigen para

las inspecciones con las normativas analizadas en los párrafos anteriores

Respecto a las pruebas de estos sistemas presurizados los propietarios, autoridades y representantes del cuerpo de bombero deben conocer la realización de ellas a fin de evitar cualquier desinformación respecto y tomar las precauciones de daños a personas, propiedades privadas, propias y vecinas.

Las pruebas operacionales deben estar dirigidas a asegurar que:

- El sistema agua-espuma responda al diseño, que sea manual y automático
- Los procedimientos de pruebas deben simular anticipadamente eventos de emergencia a fin de que el sistema de espuma-agua sea evaluado su actuación
- Donde la descarga de los dispositivos de descarga del sistema pueden crear una condición riesgo o conflicto con las leyes locales, un método alternativo para mejorar las condiciones de flujo espuma-agua debe usarse.

Bajos condiciones de pruebas, los sistemas de detección automática de incendios, deben operar dentro de los

requerimientos de las normas NFPA 72 “Código de Alarmas de Incendio Nacional”.

Las lecturas de presión deben hacerse en el sitio más alto, y en el dispositivo de descarga más alejado.

Una segunda lectura de presión debe hacerse en la válvula de presión principal.

Las lecturas deben ser comparadas con las presiones de diseño asegurando que los requerimientos de diseño del sistema principal se mantengan.

El número máximo de sistemas listo para operar en caso de incendios deben ser probados simultáneamente para chequear el adecuado suministro de agua u concentrado de espuma de la bomba.

Para la prueba de concentración de espuma; durante la prueba principal del flujo total, una muestra de espuma debe de ser tomada.

La muestra debe ser chequeada para verificar la concentración de de la solución que debe estar dentro del 10% de los resultados de las pruebas aceptadas, pero en ningún caso mayores al 10% de lo que las normas de diseño permiten.

Los proporcionadores de espumas concentrados por lo general deben ser:

- Desarmados, limpiados y volver a ser armados.
- Chequeados por corrosión interna y externa.
- La concentración de espuma de los tanques deben ser drenadas para ser rehusarse, después que se ha limpiado los tanques.

Relacionado a los tanques de almacenamientos debemos considerar algunos puntos como:

- Indicadores de nivel, deben ser probados cada 5 años por exactitud y fluidez de movimiento.
- Los tanques con sistemas de calentamiento, deben ser probados previo a la necesidad, para asegurar sus condiciones de trabajo.
- Las alarmas de temperaturas bajo agua; deben ser probados mensualmente.
- Los switches limite de temperaturas altas de agua en tanques con sistemas de calentamiento deben ser probados

mensualmente antes que el sistema de calentamiento este en servicio.

- Alarmas de nivel de agua bajo y alto deben ser probados semestralmente.
- Los manómetros de presión deben ser probados cada 5 años con un manómetro calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante; manómetros con falla de 3% de la escala del manómetro de prueba, deben ser re calibrado o reemplazado.
- Prueba con detectores de desgaste de metal para ver desgaste en las planchas de las estructuras del tanque de almacenamiento y anexos, también es recomendable anualmente.

Todos los tanques de almacenamiento sean comprados, contruidos o fabricados en el campo, deben ser probados antes de que entren en servicio de acuerdo con los requerimientos aplicables de los códigos bajo la cual fueron contruidos.

Donde la longitud vertical del llenado y tubería de ventilación es tal que cuando llenamos en líquido, el cabezal estático impuesto sobre el fondo del tanque excede 10 psig (69KPa), el tanque y sus

tuberías afines deben ser probadas hidrostáticamente a una presión igual a la del cabezal estático así impuesto. En casos especiales donde la altura de ventilación arriba de la parte superior del tanque es excesiva, la prueba de la presión estática debe ser determinada usando prácticas ingenieriles actualizadas.

Antes que el tanque este inicialmente en servicio, todas las fugas y o deformaciones deben ser corregidas de una forma aceptada. Rellenos mecánicos no se deben utilizar para corregir fugas en soldaduras de tanques excepto para hueco de pasador en el techo.

Los tanques a operar a presión abajo de una presión de diseño, deben ser probados para presiones desarrolladas bajo completa ventilación de emergencia del tanque.

Todos los tanques y conexiones deben ser probados para ajustes después de instalarlos y antes de entrar a servicio, de acuerdo a todos lo escrito anteriormente, excepto para tanques bajo tierra. Estas pruebas de ajuste deben ser hechas a presión de operación con aire, gas inerte o agua.

Presión de aire no debe usarse para probar tanques que han almacenado líquidos inflamables, combustibles o vapores.

Para tanques construidos en fabricas la presión de prueba hidrostática es de 1.5 psig (10.3 KPa) y no mayor que 2.5psig (17.3 KPa). Para tanques sobre tierra de una sola pared y tubería, antes de ser cerrados y puestos en uso, deben ser probadas para ajustes hidrostáticamente o con presión de aire a no menos de 3 psig (20.6 KPa) y no más que 5 psig (34.5 KPa).

Precauciones de control de fuente de ignición de vapores inflamables deben tomarse en:

Llamas abiertas, luces de alumbrado, superficies calientes, calor radiante, humos, trabajos de corte y soldadura, ignición espontanea, calor por fricción, electricidad estática, chispas eléctricas, corrientes parásitas, hornos y equipos de calentamiento.

Todos los equipos tales como tanques, maquinarias y tuberías deben ser diseñados y operados para prevenir ignición electroestática. Todos los equipos metálicos donde una mezcla inflamable puede presentarse deben estar aislados o aterrizados a tierra.

El aislamiento o tierra o ambos deben aplicarse físicamente o deben estar presentes inherentemente por naturaleza de la

instalación. Algunas secciones aisladas eléctricamente de tuberías metálicas o equipos deben ser conectadas a tierra para prevenir acumulación de riesgos de electricidad estática.

Todos los equipos y tuberías no metálicos donde una mezcla inflamable puede presentarse deben ser tomados con una consideración especial.

La prevención y control de riesgo de fuego para tanques de almacenamiento y facilitar los peligros que puedan darse, pueden ser evaluados pero no limitados por:

- Análisis de riesgo de fuego y explosión
- Análisis de condiciones locales, tales como: la exposición de propiedades del usuario y adyacentes, inundaciones potenciales y riesgo de fenómenos naturales como: Temblores, terremotos, etc.
- Creación de ayuda privada (brigadas) y departamento de control de incendio.
- Plan de acción emergente con personal y equipos disponibles, así como entrenamiento del personal encargado de la operación de los equipos de protección de incendio.

Todos los equipos de protección de incendio deben estar apropiadamente mantenidos y periódicamente inspeccionados.

Las pruebas deben ser hechas de acuerdo con las normas prácticas y recomendaciones de los fabricantes de los equipos.

Mantenimiento y operación práctica de los tanques de almacenamiento deben controlar fugas y prevenir derramamiento de líquidos.

Las áreas aterrizadas alrededor del tanque de almacenamiento deben mantenerse libres de malezas, basura, desechos u otros materiales combustibles innecesarios.

Camino de accesos establecidos para el movimiento del personal deben mantenerse libres y limpios de obstrucciones para permitir la evacuación ordenada y acceso listo para combatir el fuego normalmente.

Todas las tuberías, válvulas, acoples, conectores flexibles, accesorios y otras partes deben mantener las especificaciones, de presión y temperatura de las Norma a ASME B31 "Código para Tuberías de Presión".

### **9.1.5. Prueba de Bombas Contra Incendio**

Una bomba contra incendio y sus accesorios provee flujo de agua (caudal) y presión para la protección de incendio de sistemas privados y públicos. Los accesorios incluyen: la tubería de succión de suministro de agua y la tubería de descarga, válvulas, controles y equipos auxiliares anexos a ellos.

Los tipo de bombas centrifugas incluyen diseño de una sola etapa o múltiples etapas; de ejes horizontales o verticales, las capacidades están entre 25 gpm a 500 gpm y con rango de presión neta de aproximadamente 40 psi a 400 psi, el propósito de la prueba de las bombas es asegurar operación manual y automática, con demanda y entrega continua de acuerdo con los requerimientos del sistema. Un propósito adicional es detectar eficiencia de las bombas y accesorios, no evidentes por inspección visual.

El flujo máximo para una bomba de incendio es de 150% de la razón de flujo.

Una válvula de alivio de presión es aquella que abre durante una condición de flujo para descargar agua que no es medida por los dispositivos de registro.

En la prueba de una bomba, la válvula de alivio debe reajustar las presiones de alivio en exceso de la presión de operación normal de los componentes del sistema.

Si la válvula de alivio de presión está abierta durante las condiciones de flujo debido al hecho que la presión es elevada para los componente en el sistema de protección de incendio, la válvula de control de descarga debe estar cerrada, previo a cerrar la válvula de presión de alivio para asegurar que el sistema de protección de incendio no está sobre presurizado. Después de la prueba, asegúrese de que la válvula este abierta otra vez.

Si la bomba y conductor fueron enviados de fabricas, ambos montado sobre una base común y alineado debidamente. El realineamiento es necesario después que la unidad completa haya sido nivelada sobre la fundición con su respectiva lechada de cemento y sus pernos de anclaje y que, estos sean apretados totalmente. El alineamiento debe ser chequeado después que la bomba este con sus respectivas tuberías de succión y descarga, así como es lógico rechequear periódicamente.

Para facilitar el alineamiento en el campo la mayoría de los fabricantes no fijan con guías a la bomba y conductor sobre la

placa base, en ciertos casos solo fijan con guía a la bomba solamente.

Después que la bomba y conductor hayan sido ubicadas su sitio sobre la fundición, los acoples deben ser desmontados. Y no deben ser montados hasta concluir el proceso de alineamiento.

El propósito de los acoples flexibles es compensar los cambio de temperatura y permitir el movimiento axial del eje sin interferencia con cada uno de los elementos del conductor de la bomba.

En la práctica puede existir desalineamiento angular y paralelo, para corregirlo se debe proceder de acuerdo a lo estipulado por el fabricante respecto a las tolerancias permitidas.

Las pruebas de los equipos deben ser de alta calidad y precisión, todos los equipos deben calibrarse dentro de los 12 meses. Los equipos que pasan la prueba deben ser marcados con el nombre del ejecutor y la fecha de la prueba.

Los manómetros de presión deben tener una precisión de no mayor que el 1% de la escala completa. Para facilitar la lectura en un manómetro análogo, el diámetro de la caratula debe ser mayor a 3 pulg., no se debe usar manómetros de escala mayor a la necesidad de la medida a tomar, como manómetro de 300 psi

no se debe usar para medir presión de 20 psi. El manómetro debe probarse cada 5 años.

Equipos diferentes al manómetro de presión, como: voltímetros, amperímetros, tacómetros, medidor de flujo, deben ser recalibrados a las especificaciones del fabricante y cumplir con los niveles de precisión especificados en sus manuales técnicos.

Estas bombas contra incendio deben someterse a pruebas como:

1. La prueba semanalmente de la bomba de Incendio conductora del flujo de agua hacia el exterior. Esta prueba debe ser conducida por el arranque automático de la bomba.
2. La bomba eléctrica debe rodar un mínimo de 10 minutos.
3. La bomba diesel así mismo debe andar un mínimo de 30 minutos.

La válvula instalada a la salida debe abrirse para seguridad de la descarga.

El regulador de prueba automático semanalmente puede ser sustituido por el procedimiento de arranque.

Personal calificado debe atender durante la operación semanal de la prueba.

Las observaciones visuales pertinentes o ajustes especificados en las siguiente lista de chequeo deben ser ejecutadas, antes de que la bomba opere.

#### 1. Sistema de la bomba

- a) Observar la lectura de presión de succión y descarga del sistema en el libro de bitácora.
- b) Chequear los empaques del casquillo de la prensa estopa para goteo de enfriamiento.
- c) Ajustar las tuercas de prensa estopa si es necesario.
- d) Chequeo de ruido extraño o vibración
- e) Chequeo caja de empaque, rodamiento o carcasa de la bomba para sobre calentamiento.
- f) Revisar la presión de arranque de la bomba

#### 2. Sistema eléctrico

- a) Observar al regulador del motor para acelerar la velocidad

- b) Revisar el time controlador como primer paso (para reducir voltajes o reducir corriente de arranque).
- c) Chequear el regulador de operaciones de la bomba después del arranque (para controladores de paro automático).

### 3. Sistema de máquina de diesel

- a) Observe la regulación del cigüeñal de la máquina.
- b) Observe el regulador para que la máquina alcance la velocidad de rotación.
- c) Observe los manómetros de presión de aceite de la máquina, indicador de velocidad, indicadores de temperatura de agua y aceite periódicamente antes que la máquina rote.
- d) Revise cualquier anomalía.
- e) Revisar el intercambiador de calor para enfriamiento de agua de flujo.

### 4. Sistema de vapor

- a) Revise la lectura de los manómetros de presión de vapor.

- b) Observe el tiempo para que la turbina alcance la velocidad de rotación.

Respecto a las pruebas anuales de cada bomba debe ser conducida bajo mínima razón y flujo picos de la bomba, controlando la cantidad de agua descarga a través de los dispositivos de prueba aprobados. Si la disponibilidad de suministro de succión no permite flujo del 150% de la razón de la capacidad de la bomba, la bomba de incendio debe operar a la máxima descarga permitida.

La presión de descarga y succión de la bomba y las medidas del medidor de flujo determinan la salida total de la bomba.

Las observaciones visuales pertinentes, medidas y ajustes especificado en las lista de chequeo siguiente, deben ser conducidas anualmente cada vez que la bomba vaya a operar bajo flujo de agua.

1. Condiciones de no flujo (resolver)

- a) Chequear la válvula de alivio para operación del agua de descarga.

b) Chequear la válvula de presión de alivio (si está instalada para operación debida).

c) Continúe la prueba por ½ hora.

2. En cada condición de flujo

a) Revise y anote el voltaje y corriente el motor (todas las líneas).

b) Revise y anote la velocidad la bomba en rpm.

c) Anote las lecturas simultáneas de las presiones de succión y descarga y el flujo de descarga de la bomba.

Para instalación que tiene una válvula de alivio, la operación de la válvula de alivio debe ser observada de cerca durante cada condición de flujo para determinar si la presión de descarga de la bomba excede la presión de operación normal de los componentes del sistema.

La válvula de alivio de presión también debe ser observada durante cada condición de flujo para determinar si la presión de la válvula de alivio se acerca a la presión apropiada.

Una válvula de presión de alivio que esté abierta durante una condición de flujo pueda afectar los resultados de la prueba.

La válvula de presión de alivio debe estar cerrada durante las condiciones de flujo si se necesita alcanzar la razón mínima característica de la bomba y volver a su posición normal en la terminación de la prueba de la bomba.

Para instalaciones que tienen un switch de transferencia automática, las pruebas siguientes deben ser ejecutadas para asegurar que los dispositivos protectores de sobre corriente (fusible o breaker de corriente) no estén abiertos.

- Simular una condición de falla de potencia cada vez que la bomba este operando a carga pico.
- Verificar que los switches de transferencia, envíen potencia a la fuente de potencia alterna.
- Verificar que la bomba continúe operando a la carga pico.
- Remover la condición de falla de potencia y verificar que después de un tiempo de retardo, la bomba es reconectada a la fuente de potencia normal.

Las condiciones de alarmas deben ser simuladas por activación de los circuitos de alarmas donde están colocados los sensores y todos los dispositivos indicadores de alarmas locales y remotas (visuales y auditivas) deben ser observados su operación.

Debe tenerse especial cuidado para trabajar cerca del motor eléctrico conductor de la bomba contra incendio.

Después que las pruebas de flujo de agua se han ejecutado, la malla de la línea de succión del reservorio debe ser inspeccionada y limpiada de basuras y obstrucciones.

El generador conductor de la bomba debe ser revisado y sometido a mantenimiento de acuerdo con la norma NFPA 110 "Normas para Sistema de Emergencia y Potencia en Stand by"

Esta norma también sirve para chequeo y pruebas de los switches de transferencia.

La bomba de incendio debe considerarse aceptable si tal vez una de la siguientes condiciones se presentan durante la pruebas.

- La prueba iguala la regulación inicial del campo de aceptación de la curva de prueba.

- La bomba de incendio iguala las características de rendimiento como indica la placa de la bomba.

Degeneración en el exceso del 5% de la presión de regulación inicial aceptada de la curva de prueba o placa, requiere una investigación para descubrir la causa de degradación del rendimiento.

Lectura de corriente y voltajes cuyos resultados no excedan lo establecidos por la razón de voltajes y razón de carga completa de corriente multiplicada por el factor de servicio permitido por el motor debe considerarse aceptable.

Lectura de voltaje en el motor dentro del 5% abajo, ó 10% arriba de la razón de voltaje de la placa debe considerarse aceptable.

Anormalidades observadas durante la inspección y prueba deben ser reportadas prontamente a la persona responsable para la corrección urgente.

Todos los resultados deben ser anotados en la bitácora de control de los equipos contra incendio, que debe existir.

Todo los tiempos de retardos asociados con la bomba como son: Arranque, paradas y transferencias de fuente de energía deben ser anotados.

## **9.2. Mantenimiento de todos los Componentes del Sistema Contra Incendios**

El mantenimiento debe ejecutarse para mantener los equipos operables o hacer reparaciones.

Los diagramas de los sistemas de instalaciones contra incendio construidos, records de las pruebas aceptadas originales y boletines de mantenimiento de los fabricantes de accesorios deben estar guardados para asistir a los ejecutores del cuidado apropiado del sistema y sus componentes.

Todas las inspecciones, pruebas y mantenimiento de las actividades deben ser conducidas de una manera segura.

En relación a la seguridad también, los espacios confinados requieren de precaución al entrar a sitios en que están los tanques, válvulas o pozos.

Se deben proceder a cambio de equipos desgastados para evitar daños por falla al personal.

Precauciones deben tomarse en cuanto a la conducción de algunos riesgos especiales, tales como protegerse del ruido

cuando se trabaje en sitios en que estos son fuertes, o en lugares altos e inseguros.

Los materiales peligrosos y contaminantes también deben ser manejados con precaución, así como los equipos eléctricos, controles eléctricos, etc.

En este punto se tratara del mantenimiento de los componentes del sistema contra incendio, a fin de que al aplicarlo se garantice su operación confiable.

**TABLA 52**  
**SUMARIO DE INSPECCIONES, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE**  
**ROCIADORES I**

<b>Ítems</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
Manómetro (sistema seco, pre-acción e inundación).	Inspección	Semanalmente/ Mensualmente
Válvula de control	Inspección	Semanalmente/ Mensualmente
Accesorios de alarma	Inspección	Trimestralmente
Manómetro (sistema de tuberías secas).	Inspección	Mensualmente

Placas hidráulicas	Inspección	Trimestralmente
Construcciones civiles	Inspección	Anualmente
Soportes/Riostras antisísmicas	Inspección	Anualmente
Tuberías y accesorios	Inspección	Anualmente
Rociadores	Inspección	Anualmente

También se debe tomar medidas para prevenir los mínimos requerimientos para un programa de control de deterioro para el sistema de protección de incendio basado en agua, con la finalidad de que las medidas adoptadas en este programa aseguren que el incremento de riesgo sea mínimo y la duración del deterioro sea limitada y controlada.

Una identificación debe usarse para indicar que el sistema o parte de él va a ser retirado de servicio, particular que debe ser conocido por el personal y las autoridades locales.

Los equipos deteriorados del sistema pueden ser, pero no estar limitados, a lo siguiente:

- 1) Sistemas de rociadores.
- 2) Sistema de tubería y gabinetes.

- 3) Sistemas de mangueras de incendio.
- 4) Sistema de incendio principal enterrado.
- 5) Bombas contra incendio.
- 6) Tanques de almacenamiento de agua.
- 7) Sistema fijo de atomización de agua.
- 8) Sistema agua-espuma.
- 9) Válvulas de control de servicios de incendio.

Todos los planes de deterioros de daños deben ser autorizados por un coordinador responsable, el mismo que antes de autorizar debe verificar que los siguientes procedimientos han sido implementados

- Que la extensión y tiempo de duración del deterioro han sido determinado.
- Las áreas del edificio involucrados han sido inspeccionadas y determinado el movimiento de riesgo.
- Recomendaciones que se han presentado a los dueños o administradores de planta. Cuando el sistema de protección contra incendio se requiera dejar fuera de servicio por más

de 4 horas en un periodo de 24 horas, el coordinador responsable debe disponer lo que sigue:

- ❖ Evacuación del edificio o parte que es afectada por la paralización del servicio.
- ❖ Establecer suministro de agua temporales y ratificar mayor vigilancia al fuego.
- ❖ Establecer e implementar un programa de control para eliminar fuente de ignición y limitar la cantidad de combustible disponible al fuego.
- ❖ Notificar al departamento de bomberos.
- ❖ Notificar a la compañía de seguros, compañía de alarmas, propietario o administrador del edificio y autoridades jurisdiccionales
- ❖ Los supervisores responsables de las áreas afectadas también deben ser notificado
- ❖ Constar con todos los materiales y herramientas para solucionar los deterioros en sitios.

Entre los deterioros que pueden ser emergencia se tiene: fugas del sistema, interrupción del suministro de agua, congelación por rupturas de tuberías y fallos de equipos.

Cuando una emergencia por deterioro ocurre, una rápida acción se debe tomar a fin de minimizar cualquier potencial daño y peligro.

La historia demuestra que el rendimiento confiable de un sistema de protección basado en agua, sobre las condiciones relativas del fuego aumentan por una comprensiva inspección, pruebas y procedimiento de mantenimiento impuestas. La inspección, prueba y mantenimiento de algunos ítems no pueden ser practicados según las normas, pues dependen de las condiciones existentes, de allí que el inspector debe tener buen criterio al hacer las inspecciones.

Un programa de control de calidad incluye mantenimiento de equipos, inspección frecuente, pruebas de equipos, brigadas de incendio en el local, control de las pérdidas de las provisiones y entrenamiento del personal.

El personal entrenado pueda usar una alternativa uniforme si alguna frecuencia de inspección difiere de lo que especifica la norma

**TABLA 53**  
**SUMARIO DE INSPECCIONES, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE**  
**ROCIADORES II**

<b>Ítems</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
Rociadores de repuestos	Inspección	Anual
Conexión de departamento de incendio	Inspección	Trimestral
Válvulas (Todo tipos).	Inspección	Trimestral
Accesorios y alarmas	Inspección	Trimestral
Drenajes principales	Pruebas	Trimestral/Semestral
Soluciones anticongelantes	Pruebas	Anual
Manómetros	Pruebas	Anual
Rociadores (Temperaturas extras altas).	Pruebas	5 años
Rociadores (Repuesta ligera).	Pruebas	A los 20 años, de allí en adelante cada 10 años
Rociadores	Pruebas	A los 50 años, de allí en adelante cada 10 años

Válvulas (todo tipo).	Mantenimiento	Anualmente o cuando se necesite
Obstrucciones	Mantenimiento	5 años o cuando se necesite
Drenaje de punto bajo (Sistema de tuberías secas)	Mantenimiento	Anualmente o cuando se necesite

En la inspección a que se refiere de los rociadores se tiene que cumplir:

- Que los rociadores no muestren signo de fuga, libres de corrosión, materiales extraños, pinturas y daños físicos y deben estar instalados con la orientación apropiada (hacia arriba, hacia el lado de la pared o en pendiente). Aquellos que no cumplan con lo anterior deben ser reemplazados.
- Rociadores con bulbo de vidrio deben ser reemplazados si los bulbos tiene huecos.
- Rociadores instalados en lugares ocultos tales como los suspendidos en lo alto del cielo raso no requieren inspección
- Los rociadores instalados en áreas inaccesibles por consideraciones de seguridad debido a las operaciones del

proceso deben ser inspeccionadas durante cada interrupción del sistema.

- Obstrucciones inaccesibles de los accesorios de atomización deben ser corregidas.
- El suministro de repuesto de los rociadores deben ser inspeccionados anualmente para verificar la cantidad, y que número y tipo de acuerdo a los rociadores, así como las herramientas para cada tipo de rociadores.

La tubería y accesorios al ser inspeccionados anualmente, deben estar en buenas condicione libres de daño mecánico, fuga, corrosión y desalineamiento.

La tubería de los rociadores debe estar en buenas condiciones y libres de carga externas por materiales que descansen o cuelguen de ella. Al igual que los rociadores; tuberías y accesorios en lugares inaccesibles deben ser inspeccionados en paralizaciones de operación.

Los soportes y riostras antisísmicas deben ser inspeccionadas desde el nivel inferior, no deben estar dañadas o flojas. También los soportes y riostras antisísmicas ocultas en lugares inaccesibles deben ser inspeccionados en la paralización.

Los manómetros de sistema de rociadores de tuberías húmedas deben ser inspeccionados semanalmente o mensualmente para garantizar su buena condición y que la presión de suministro de agua normal se mantenga.

Los manómetros del sistemas seco pre-acción e inundación deben ser inspeccionados semanalmente para asegurar que las presiones del aire y agua se mantengan.

Donde el control de presión de aire está conectado a un sitio de control constante, su manómetro debe inspeccionarse mensualmente.

Para sistemas de tuberías secas y pre-acción protegidos para calentamiento, los manómetros de presión de aire cerca deben ser comparados semanalmente con los ubicados arriba de la tubería seca o válvulas de pre-acción. Cuando el manómetro cercano al compresor en lectura es mayor que el manómetro cerca a la válvula de tubería seca, la línea de aire en servicio debe ser dejada fuera de operación y la línea de aire alterna abierta hasta igualar la presión.

La línea de aire dejada fuera de servicio debe ser inspeccionada internamente, para remover el hielo bloqueado y debe ser re ensamblada para usarse como una futura línea de aire alterna.

Los edificios deben ser inspeccionados anualmente previo a la época de congelación, así como las edificación con sistemas de tuberías húmedas deben ser inspeccionadas para verificar que ventanas, claraboyas, puertas de ventilación, otros lugares abiertos y cerrados, espacios ocultos, áticos sin uso, escaleras, techo de casa y espacios inferiores bajo de los edificios, las tuberías de llenado de agua de los rociadores expuestos a congelamiento, además de verificar que un adecuado calentamiento mínimo 4.4°C (40 °F) esté disponible.

Todos los accesorios y alarmas deben ser inspeccionados trimestralmente para verificar que ellos están libres de daño físico. La placa de datos hidráulicos para los sistemas diseñados hidráulicamente debe ser inspeccionada trimestralmente para verificar que está bien asegurada a la tubería de alimentación de los rociadores y es legible.

Las conexiones de mangueras y estas deben ser inspeccionadas de acuerdo con las normas.

Respecto al mantenimiento de los rociadores, los de reemplazo deben tener características propias para la aplicación futura.

- Estilo.
- Tamaño de orificio y factor K.
- Razón de temperatura.
- Pintura, si requiere.
- Tipo de deflector (hacia arriba, al lado de la pared y pendiente).
- Requerimiento de diseño.

Los rociadores de pulverización deben reemplazar a rociadores de estilo viejos.

Solamente rociadores nuevos recomendados deben usarse para reemplazar a los rociadores existentes. Los rociadores de respuesta rápida y especial deben ser reemplazos por rociadores de la misma marca, modelo, orificio, tamaño, rango de temperatura y características de la respuesta térmica y el factor K.

Si los rociadores de respuesta rápida y especial demoran en ser fabricados o no hay stock, otros con características de rendimiento similares pueden ser instalados como reemplazo.

Accesorios de repuestos para rociadores que (algunos mayor que 6) deben tenerse en stock para el caso que algunos rociadores se dañen y deban ser reemplazados.

Los rociadores deben corresponder al tipo y rango de temperatura para reemplazo apropiado.

Los rociadores deben mantenerse en una cabina localizada en sitio de temperatura que no exceda 38°C (100°F).

Donde rociadores secos de diferentes cuerpos están instalados, repuestos no se requieren, sino que debe construirse un sistema más homogéneo para el buen servicio del sistema.

Respecto a stock de repuesto de rociadores que incluyen todos los tipos y clases instalados, deben regirse como siguen:

- Para proteger fácilmente sobre 300 rociadores, no más de 6
- Para proteger fácilmente a partir de 300 a 1000 rociadores, no más de 12
- Para proteger fácilmente sobre 1000 rociadores, no más de 24.

Herramienta especial para rociadores debe proveerse y mantenerse en el gabinete para uso en el cambio e instalación de rociadores. Una llave para rociadores debe tenerse para cada tipo de rociador instalado.

Los rociadores de atomización que protegen áreas pintadas deben protegerse de residuos debido a la sobre atomización.

Los rociadores sujetos a la acumulación por sobre atomización deben protegerse usando fundas plásticas que tengan un espesor máximo de 0.076 mm (0.003pulg) o deben protegerse con funda de papel pequeño.

Las características de los rociadores no deben alterarse una vez que llegan de su sitio de fabricación. Los rociadores y toberas de pulverización usadas en la protección de sistemas de ventilación y equipos de cocina tipo comercial deben ser reemplazados anualmente.

Cuando los rociadores tipo bulbo automático y las toberas de pulverización son usadas y examinadas anualmente y no muestran formación de grasa u otro material sobre ellos, tales rociadores, toberas de atomización no requieren ser reemplazados.

En el caso de sistemas de tuberías secas que deben mantenerse secos todo el tiempo, durante épocas de no congelamiento los compresores usados con el sistema rociadores de tuberías secas deben mantenerse de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.

En caso de mantenimiento o reparación que se requiera para componentes de rociadores y cuyo reemplazo afecte a más de 20 componentes del sistema, aquellos deben ser instalados y probados de acuerdo con la NFPA 13 “Normas para la Instalación de Sistemas de Rociadores”,

A continuación se va a anotar una tabla de resumen de actividades a ejecutarse para la inspección, pruebas y mantenimiento de sistema de columnas de alimentación de agua y mangueras, además de los tiempos recomendados por las normas.

**TABLA 54**

**SUMARIO DE INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE COLUMNAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA Y MANGUERAS**

Ítems	Actividad	Frecuencia
-------	-----------	------------

Válvulas de control	Inspección	Semanal /Mensual
Accesorios reguladores de presión	Inspección	Trimestralmente
Tuberías	Inspección	Trimestralmente
Conexiones de mangueras	Inspección	Trimestralmente
Gabinetes	Inspección	Anualmente
Mangueras	Inspección	Anualmente
Dispositivos de almacenamiento de mangueras	Inspección	Anualmente
Dispositivos de alarmas	Pruebas	Trimestralmente
Pistón o Boquilla de la manguera	Pruebas	Anualmente
Dispositivos de almacenamiento de mangueras	Pruebas	Anualmente
Mangueras	Pruebas	5 años/ 3 años
Válvulas de control de presión	Pruebas	5 años
Válvulas reductoras de presión	Pruebas	5 años
Prueba Hidrostática	Pruebas	5 años
Prueba de Flujo	Pruebas	5 años
Prueba de drenaje principal	Pruebas	Anualmente
Conexión de mangueras	Mantenimiento	Anualmente
Válvulas (de todo tipo)	Mantenimiento	Anualmente/o cuando se necesita

**TABLA 55**

**MANTENIMIENTO DE COMPONENTES DE COLUMNAS DE  
ALIMENTACIÓN DE AGUA Y MANGUERAS**

<b>Componentes/ punto de chequeo</b>	<b>Acción correctiva</b>
<b>Conexión de mangueras</b>	
Tapa perdida	Reemplazar
Conexiones de mangueras de incendio dañada	Reparar
Falta de manija de válvula	Reemplazar
Empaques de tapas perdidos o deteriorados	Reemplazar
Válvulas con fuga	Cerrar / Reparar
Obstrucciones visibles	Remover
Dispositivos de restricción perdido	Reemplazar
Válvula no opera suavemente	Lubricar/reparar
<b>Tuberías</b>	
Tuberías dañadas	Reparar
Válvulas de control con daños	Reparar o reemplazar
Dispositivos soporte de tuberías dañado o perdido	Reparar o reemplazar
Dispositivo de inspección dañado	Reparar o reemplazar
<b>Mangueras</b>	
Inspección	Remover e inspeccionar la manguera, empaques y soportes,

	de acuerdo a norma NFPA 1962
Nichos, cortes, abrasiones y deterioros evidentes	Reemplazar
Acoples dañados	Reemplazar o Reparar
Empaques perdidos o deteriorados	Reemplazar
Hilo de roca incompatibles con acoples	Reemplazar
Mangueras no conectadas a neplo de cuello de manguera o válvula	Conectar
Prueba de manguera caducada	Hacer nueva prueba o reemplazar de acuerdo a la norma NFPA 1962
<b>Pistón de manguera</b>	
Pistón de manguera perdido	Reemplazar
Empaque perdido o deteriorado	Reemplazar
Obstrucciones	Remover
Pistones no operan suavemente	Reemplazar o Reparar
<b>Dispositivo de Almacenamiento de mangueras</b>	
Dificultad para operar	Reemplazar o Reparar
Dañado	Reemplazar o Reparar
Obstruido	Remover
Riel no apropiado para manguera o laminado	Remover
Agarrar el pistón en su sitio	Reemplazar si es necesario
Si en el gabinete, la ubicación esta fuera	Reparar o remover

de 90°	
<b>Gabinete</b>	
Chequear el conjunto para condiciones de corrosión y daños de las partes	Reparar o reemplazar
Dificultad para abrir	Arreglar
Puerta de gabinete no abre totalmente	Arreglar
Puerta cuarteada o quebrada	Reemplazar o Reparar
Si el gabinete es de tipo romper vidrio, ¿Está funcionando apropiadamente?	
Dispositivo de romper vidrio-perdido o no junto	Reemplazar o adjuntar
Identificación inapropiada de equipos de incendio	Proveer identificación apropiada
Obstrucciones visibles	Remover
Todas las válvulas, mangueras, pistones, extintores de fuego etc. Deben tener fácil accesibilidad	Remover todo lo que obstaculiza

En cuanto a las pruebas deben ser conducidas por personal calificado. Donde el agua pueda ocasionar daño, la prueba con aire debe hacerse en el sistema a una presión 1.5 bar (25 psi) previa a introducir agua al sistema.

Pruebas de flujo debe efectuarse cada 5 años a las conexiones y mangueras más alejadas de cada zona de sistema para verificar

que el suministro de agua cumple la presión de diseño y el flujo requerido.

Todos los sistemas deben ser probados para flujo y presión como requerimiento al momento de la instalación.

Las columnas de alimentación de agua, rociadores conectados a las columnas de alimentación, estaciones de mangueras equipadas con válvulas reductoras de presión, deben proceder a inspeccionarse, probarse y mantenerse de acuerdo con las normas.

El drene principal debe probarse y ser ejecutado en todas las columnas de alimentación de agua automáticas, de acuerdo a las normas.

Las pruebas deben ser ejecutadas en el punto bajo de cada columna de alimentación, o en la conexión para probar el drene principal, cuando el suministro principal entra al edificio.

Los manómetros deben ser probados y mantenidos en buenas condiciones

Después de cada uso todas las mangueras conectadas a los sistemas de rociadores deben ser limpiadas, drenadas, y secadas totalmente antes de ser localizadas en su sitio de servicio. Las

mangueras que han sido expuestas a riesgos sus materiales deben ser chequeados de manera minuciosas y descontaminadas por un método aprobado para la contaminación y recomendado por los fabricantes.

Equipos que no pasan los requerimientos de inspección o pruebas, deben ser reparados y probados otra vez o reemplazados de ser necesario.

**TABLA 56**  
**SUMARIO DE SERVICIO PRINCIPAL DE INCENDIO PRIVADO,**  
**INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO**

<b>Ítems</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
Mangueras residenciales	Inspección	Trimestralmente
Hidrantas (Seco, pared y barril)	Inspección	Anualmente y después de cada operación
Regulador de pistón	Inspección	Semestralmente
Hidrantas (húmedo, pared y barril)	Inspección	Semestralmente
Filtros línea principal	Inspección	Anualmente y después de cada operación
Tuberías (visibles)	Inspección	Anualmente
Tuberías (Bajo tierra)	Inspección	Anualmente
Regulador de pistón	Pruebas	Flujo anualmente (rango y operación)

Hidrantes	Pruebas	Flujo anualmente
Tuberías expuestas y bajo tierra	Pruebas /flujo	Flujo cada 5 años
Filtros línea principal para mantenimientos	Mantenimiento	Anualmente y después de cada operación
Mangueras residenciales	Mantenimiento	Anualmente
Hidrantes	Mantenimiento	Anualmente
Regulador de pistón	Mantenimiento	Anualmente

Las válvulas y conexiones del Departamento de Bomberos deben ser inspeccionadas, probadas y mantenidas de acuerdo a las tablas # 54 y 55

Las mangueras contra incendio deben ser mantenidas de acuerdo con la norma NFPA 1962 “Norma para el Cuidado, Uso y Pruebas de servicios de mangueras de incendio incluyendo acoples y pistones”. Las tuberías expuestas deben ser inspeccionadas y de ser necesarias corregidas cualquier novedad de acuerdo la tabla 57

**TABLA 57**  
**TUBERÍAS VISIBLES**

<b>Condiciones</b>	<b>Acción correctiva</b>
Fugas	Reparar

Daño físico	Reparar o Reemplazar
Corrosión	Limpiar o reemplazar y pintar con protector de corrosión
Libertad limitada o restringida	Prepara o reemplazar

Tuberías instaladas en áreas que son inaccesibles por condiciones de seguridad debido a operaciones del proceso deben ser inspeccionadas durante cada paralización.

Las tuberías bajo tierra no pueden ser inspeccionadas en una rutina básica, sin embargo la prueba de flujo puede revelar la condición de estas tuberías.

Los filtros principales deben ser inspeccionados y limpiados cada vez que sus condiciones lo requieran, y a su vez ser removidos e inspeccionados anualmente por fallas, daños y corrosión de sus partes.

**TABLA 58**

**Filtros de Líneas Principales**

<b>Condiciones</b>	<b>Acción correctiva</b>
Purga y suciedad	Limpiar
Corrosión	Reparar o reemplazar

Los hidrantes secos de pared y cañón deben ser inspeccionados después de cada operación de acuerdo a la acción correctiva necesaria.

**TABLA 59**

**Hidrantes Secos de Barril y Cañón**

<b>Condición</b>	<b>Acción correctiva</b>
Inaccesible	Hacer accesible
Cañón con agua o con hielo (presencia de agua o hielo es indicación de falla en el drenaje fuga de válvula del hidrante, o banco de alta cantidad de agua)	Repara y drenar, para banco alto de tierra es necesario purgar el drenaje y bombear al exterior del cañón después de cada uso
Drenaje inadecuado del cañón	Reparar el drenaje
Fugas en salidas o parte superior del hidrante	Reparar o reemplazar empaques, envases y partes como sea necesario
Fisuras en el hidrante del cañón	Reparar o Reemplazar
Salidas apretadas	Lubricar y aflojar lo necesario
Roscas del pistón con desperfectos	Reparar o Reemplazar
Tuerca de operación del hidrante con desperfecto	Reparar o Reemplazar
Disponibilidad de las herramientas	Asegurar y disponer de herramientas

de operación	necesarias
--------------	------------

Hidrantes de cañón húmedo estos deben ser inspeccionando anualmente y después de cada operación deben ser sometidos a las correcciones necesarias

**TABLA 60**

**Hidrantes Tipo Cañón Húmedo**

<b>Condición</b>	<b>Acción correctiva</b>
Inaccesibles	Hacer accesible
Fugas en salidas o parte superior de hidrante	Reparar o reemplazar empaques, envases y partes como sea necesario
Fisuras en el hidrante del cañón	Reparar o Reemplazar
Salidas apretadas	Lubricar y aflojar lo necesario
Roscas del pistón con desperfectos	Reparar o Reemplazar
Tuerca de operación del hidrante con desperfecto	Reparar o Reemplazar
Disponibilidad de las herramientas de operación	Asegurara y disponer de herramientas necesarias

Los pistones deben ser inspeccionados semestralmente y corregidos las fallas

**TABLA 61**

**PISTONES**

<b>Condición</b>	<b>Acción correctiva</b>
Fugas	Reparar
Daños físicos	Reparar o reemplazar
Corrosión	Limpiar o Reemplazar, y lubricar o proteger como sea necesario

Las mangueras residenciales deben ser inspeccionadas trimestralmente y ser reparadas

**TABLA 62**

**MANGUERAS RESIDENCIALES**

<b>Condición</b>	<b>Acción correctiva</b>
Inaccesibles	Hacer accesible
Daños físicos	Reparar o reemplazar
Equipos perdidos	Reemplazar equipos

Las bombas de incendio con el fin de proceder a su inspección, pruebas y mantenimientos según, la norma NFPA .20

**TABLA 63**  
**RESUMEN DE INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE**  
**BOMBAS CONTRA INCENDIO**

Ítems	Actividad	Frecuencia
Casa de bomba, persianas de ventilación caliente	Inspección	Semanalmente
Sistema de bomba de incendio	Inspección	Semanalmente
<b>Operaciones Bomba</b>		
Condiciones de no flujo	Pruebas	Semestral
Condiciones de flujo	Pruebas	Anualmente
Hidráulica	Mantenimiento	Anualmente
Transmisión mecánica	Mantenimiento	Anualmente
Sistema eléctrico	Mantenimiento	Según fabricante
Controles y componentes varios	Mantenimiento	Según fabricante
Motor	Mantenimiento	Anualmente
Sistema maquina-diesel y sus componentes	Mantenimiento	Según fabricante

Los equipos auxiliares ensamblado con las bombas son:

1) Accesorios de la bomba

- Eje acople de bomba

- Válvula de alivio de aire automática
  - Manómetro de presión
  - Válvula de alivio de circulación
- 2) Dispositivo de prueba de la bomba
  - 3) Válvula de alivio de la bomba y tuberías (donde la máxima presión de descarga excede el rango de los componentes de los sistemas o el conductor es de velocidad variable)
  - 4) Sensores de alarma e indicadores
  - 5) Bombas Jockey y accesorios (sostenedores de presión)

Para instalaciones de bombas contra incendio, se usa la norma NFPA 20 “Normas para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección de Incendio”

En lo que en inspecciones se trata se tiene que verificar las condiciones de operación y daños físicos, a fin de garantizar la operación adecuada de la bomba y su conductor, es así que semanalmente se debe chequear:

- 1) Condiciones del cuarto de bombas

- a) Calor adecuado , no menor que 4.4°C (40° F) a 21° C (70°F) para cuartos de bombas diesel sin calentadores
- b) Persianas de ventilación libres listas para operar

## 2) Condiciones del sistema de bombas

- a) Válvulas de succión, descargas y bypass completamente abiertas
- b) Tuberías libres de fugas
- c) Manómetro de la línea de succión con lectura normal
- d) Manómetro de la línea del sistema con lectura normal
- e) Reservorio de succión lleno
- f) Mallas del foso de succión húmedo sin obstrucciones y en su lugar

## 3) Condiciones del sistema eléctrico

- a) Luz piloto del controlador (power on) este iluminado
- b) Luz piloto del switch normal de transferencia, este iluminado

- c) Switches de aislamiento cerrado-stand by y (emergencia) fuente
- d) Luz piloto de alarmas de fase reversa apagada o luz piloto de rotación normal de fase prendida
- e) Nivel de aceite en motor vertical, con indicador de vidrio normal

#### 4) Condiciones del sistema de maquinas diesel

- a) Tanque de combustible diesel 2/3 partes llenas
- b) Switch selector de control en posición auto
- c) Lecturas de voltajes de baterías (2) normal
- d) Lectura de cargador de corriente de baterías, normal
- e) Luces pilotos de baterías (2) prendida si están ok
- f) Luces pilotos de baterías con fallas, apagadas
- g) Luces pilotos de todas las alarmas, apagadas
- h) Medidor de tiempo encendido de maquina este activo
- i) Nivel de aceite de engranaje recto del conductor, normal
- j) Nivel de aceite del cárter, normal

- k) Nivel de agua de enfriamiento, normal
- l) Nivel de electrolitos de baterías, normal
- m) Terminales de batería libres de corrosión
- n) Chaqueta de agua de enfriamiento este operando
- o) Manómetro de presión de vapor con lectura normal  
(Cabezotes)

Un programa de mantenimiento preventivo debe estar establecido para todos los componentes de las bombas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Records debe ser mantenido sobre todos los trabajos ejecutados en la bomba, conductor, controles, y equipos auxiliares.

En ausencia de las recomendaciones de los fabricantes para mantenimiento preventivo, la tabla 64, debe usarse para proceder con el mismo. Anexo Tabla 64

A continuación se detalla la tabla para requerimientos normalizados de inspección, pruebas, y mantenimientos de tanques de almacenamientos de líquidos

**TABLA 65**  
**SUMARIO DE INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE**  
**TANQUES DE ALMACENAMIENTOS**

<b>Ítems</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
Condición de tanque de agua	Inspección	Mensual/Trimestral
Temperatura del agua	Inspección	Diario/Semanal
Sistema de calentamiento	Inspección	Diario/Semanal
Válvulas de control	Inspección	Semanal/Mensual
Nivel del agua	Inspección	Mensual/Trimestral
Presión de aire	Inspección	Mensual/Trimestral
Exterior del tanque	Inspección	Trimestral
Estructura soporte	Inspección	Trimestral
Pasarelas y escaleras	Inspección	Trimestral
Área circundante	Inspección	Trimestral
Anillos y entramados	Inspección	Anual
Superficies pintadas y revestidas	Inspección	Anual
Juntas de expansión	Inspección	Anual
Switches limites de alta temperatura	Pruebas	Mensual
Alarmas de nivel de agua	Pruebas	Semestral
indicadores de nivel	Pruebas	5 años
Manómetros de presión	Pruebas	5 años

Nivel de Agua	Mantenimiento	5 años
Drenaje de sedimentos	Mantenimiento	Semestral
Válvulas de control	Mantenimiento	Anual
Terraplén- recubrimiento de soportes fabricados	Mantenimiento	Anual
Válvulas cheque	Mantenimiento	Anual

El hueco descubierto abajo del piso del los tanques debe ser llenado por bombeo de lechada de cemento, arena y volver a rellenar.

Los tanques deben mantenerse llenos a un nivel diseñado de agua.

La superficies expuestas del entramado y soportería revestida en fabrica de los tanques deben ser limpiados y pintados cada dos años o de acuerdo con la instrucciones del fabricante

Sedimentos deben ser removidos durante las inspecciones interiores o más frecuentemente cuando sea necesario para evitar acumulaciones peligrosas.

TABLA 66

## Sumario de Sistemas Fijos de Atomización de Agua

Ítems	Actividad	Frecuencia
Prevención de retorno de flujo	Inspección	Mensualmente
Válvulas cheque	Inspección	Semanalmente
Válvulas de control	Inspección	Mensualmente
Válvulas de inundación	Inspección	Mensualmente
Sistemas de detección	Inspección	Mensualmente
Detector de válvula cheque	Inspección	Mensualmente
Drenajes	Inspección	Trimestralmente
Motor eléctrico	Inspección	Trimestralmente
Conductor de maquina	Inspección	Trimestralmente
Bomba contra incendio	Inspección	Trimestralmente
Accesorios	Inspección	Trimestralmente
Accesorios (cauchos- empaquetaduras)	Inspección	Trimestralmente
Tanques de gravedad	Inspección	Trimestralmente
Colgantes	Inspección	Trimestralmente
Calor (Válvulas de inundación residencial)	Inspección	Diario/Semanal
Toberas	Inspección	Mensual

Tubería	Inspección	Trimestral
Tanque de presión	Inspección	Trimestralmente
Filtros	Inspección	Instrucciones del fabricante
Tanques de succión	Inspección	Trimestralmente
Soportes	Inspección	Trimestralmente
Tuberías de suministro de agua	Inspección	Mensualmente
UHSWSS detectores	Inspección	Cada turno
UHSWSS Controladores	Inspección	Cada turno
UHSWSS Válvulas	Inspección	Cada turno
Prevención retorno de flujo	Prueba	Trimestralmente
Válvulas cheque	Prueba	Trimestralmente
Válvulas de control	Prueba	Trimestralmente
Válvulas de inundación	Prueba	Trimestralmente
Sistemas de detección	Prueba	Anualmente
Detector de válvula cheque	Prueba	
Motor eléctrico	Prueba	
Maquina Conducida	Prueba	
Bomba contra incendio	Prueba	
Flushing	Prueba	Anualmente
Tanque gravedad	Prueba	

Prueba de drene principal	Prueba	Trimestralmente
Alivio manual	Prueba	Anualmente
Toberas	Prueba	Anualmente
Tanque presión	Prueba	
Filtros	Prueba	Anualmente
Tanque succión	Prueba	
Alarma Flujo de agua	Prueba	Trimestralmente
Prueba sistema atomización de agua	Prueba	Anualmente
Prueba de flujo suministro de agua	Prueba	
UHSWSS	Prueba	Anualmente
Prevención retorno de flujo	Mantenimiento	Anualmente
Válvulas cheque	Mantenimiento	Anualmente
Válvulas de control	Mantenimiento	Anualmente
Válvulas de inundación	Mantenimiento	Anualmente
Sistemas de detección	Mantenimiento	Anualmente
Detector de válvula cheque	Mantenimiento	Anualmente
Motor eléctrico	Mantenimiento	Anualmente
Maquina Conducida	Mantenimiento	Anualmente
Bomba contra incendio	Mantenimiento	Anualmente
Tanque de gravedad	Mantenimiento	Anualmente

Tanque presión	Mantenimiento	Anualmente
Filtros	Mantenimiento	Anualmente
Filtros (Canasta/Maya)	Mantenimiento	5 años
Tanque succión	Mantenimiento	Anualmente
Sistema de atomización de agua	Mantenimiento	Anualmente

En el caso de los sistemas fijos de atomización de agua las actividades y frecuencias mínimas requeridas para las inspecciones, pruebas y mantenimiento deben cumplirse de acuerdo a lo siguiente:

Ítems en áreas que son inaccesibles por consideración de seguridad debido a factores tales como procesos continuos de operación y equipo eléctricos energizados deben ser inspeccionados durante cada paralización pero no más que cada 18 meses.

Los filtros de la línea principal deben ser removidos e inspeccionados cada 5 años por daños y partes corroídas.

Los pistones y partes deben ser chequeados durante la prueba anual.

Los filtros de los pistones deben ser removidos, inspeccionados, limpiados durante el proceso de limpieza del filtro de la línea principal.

Muchos intervalos de mantenimientos dependen de los resultados de la inspección visual y prueba de operación.

Los equipos de detección automáticos deben ser inspeccionados, probados y mantenidos de acuerdo con la Norma NFPA 72, “Código de Alarma de Fuego Nacional”; asegurarse que los detectores estén en su lugar, asegurados fuertemente, y protegidos de la corrosión, tiempo y daños mecánicos y que los alambres de comunicación, paneles de control y sistemas de tuberías neumáticas estén funcionando.

Los sistemas de tuberías, accesorios, colgantes y soportes deben ser inspeccionados y mantenidos para asegurar la entrega continua de agua para las toberas de atomización, caudal de agua y presión de diseño.

Las tuberías y accesorios deben inspeccionarse por lo siguiente:

- Daños mecánicos (Tuberías rotas o accesorios rajados)
- Condiciones externas (suciedad, herrumbre, corrosión y pintura en mal estado)
- Desalineamiento o secciones con obstáculos
- Punto básicos de drenajes (automático y manual)

Los filtros de la línea principal (cesta o malla) deben ser limpiados después de cada operación o prueba de flujo.

Así mismo los filtros de los pistones deben ser removidos, limpiados e inspeccionados después de cada operación o prueba de flujo.

Todos los filtros deben ser inspeccionados limpiados de acuerdo con las instrucciones del fabricante, las partes dañadas o corroídas deben ser reparadas o reemplazadas

La NFPA 16 “Normas para la instalación de Rociadores de Agua-Espuma y Sistemas pulverizados de Agua-Espuma”, es referencia para inspección, prueba y mantenimiento de Sistemas Agua-Espuma, sobre la cual existe la siguiente tabla.

**TABLA 67**

**SUMARIO DE ROCIADORES AGUA-ESPUMA INSPECCIÓN, PRUEBA Y  
MANTENIMIENTO**

<b>Componentes</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
Ubicación de dispositivo de descarga (Rociador)	Inspección	Anualmente
Ubicación de dispositivo de descarga	Inspección	Mensualmente

(Toberas de pulverización )		
Posición de dispositivo de descarga (Rociador )	Inspección	Anualmente
Posición de dispositivo de descarga (Tobera de pulverización)	Inspección	Mensualmente
Filtro (s) de espuma concentrada	Inspección	Trimestralmente
Drenaje en extensión del sistema	Inspección	Trimestralmente
Sistema proporcionador	Inspección	Mensualmente
Corrosión de tuberías	Inspección	Trimestralmente
Daños de tuberías	Inspección	Trimestralmente
Corrosión de accesorios	Inspección	Trimestralmente
Tanque (s) suministro de agua (s)	Inspección	
Bombas de incendio	Inspección	
Tuberías de suministro de agua	Inspección	
Válvulas de control	Inspección	
Válvulas de inundación / Pre acción	Inspección	Semanalmente/ Mensualmente
Sistemas de detección	Inspección	Anualmente
Ubicación de dispositivos de descarga	Prueba	Anualmente
Posición de dispositivos de descarga	Prueba	Anualmente

Obstrucción de dispositivo de descarga	Prueba	Anualmente
Filtro de espuma concentrada	Prueba	Anualmente
Sistema proporcionador	Prueba	Anualmente
Sistema completo de agua – espuma	Prueba	Anualmente
Solución Agua-espuma	Prueba	Anualmente
Dispositivo de actuación manual	Prueba	Anualmente
Prevención de contra flujo	Prueba	Anualmente
Bomba de incendio	Prueba	Anualmente
Tuberías de suministro de agua	Prueba	Anualmente
Válvulas de control	Prueba	Anualmente
Filtros – Línea Principal	Prueba	
Válvula inundación /pre acción	Prueba	
Sistema de detección	Prueba	NFPA 72
Control de contra flujo	Prueba	
Tanque de suministro de agua	Prueba	
Prueba de flujos de suministro de agua	Prueba	
Operación de bomba concentrado espuma	Mantenimiento	Mensualmente
Filtros de espuma concentrada	Mantenimiento	Trimestralmente

Muestreo de espumas concentradas	Mantenimiento	Anualmente
Tipo de normas presión de sistemas proporcionador	Mantenimiento	Anualmente
(Tipo automático) Válvulas de drenaje por gotero	Mantenimiento	5 años
Tanques concentrado de espumas, drenaje y flujo	Mantenimiento	10 años
Corrosión y prueba hidrostática	Mantenimiento	10 años
Tanques tipo vejiga	Mantenimiento	10 años
Tanque concentrado de espuma y prueba hidrostática	Mantenimiento	10 años
Tanque concentrado de espuma, corrosión y tuberías	Mantenimiento	10 años
Tanques concentrado de espumas, drenaje y flujo	Mantenimiento	10 años
Bomba de concentrado de espuma	Mantenimiento	5 años
Diafragma de válvula de balanceamiento	Mantenimiento	5 años
Tanque concentrado de espuma	Mantenimiento	10 años
Ventilación de presión de vacío	Mantenimiento	5 años
Tanque de suministro de agua	Mantenimiento	5 años

Bomba de incendio	Mantenimiento	Anualmente
Suministro de agua	Mantenimiento	Anualmente
Prevención de contra flujo	Mantenimiento	
Detector de Válvula cheque	Mantenimiento	Anualmente
Válvula de control	Mantenimiento	Anualmente
Válvula de inundación /Pre acción	Mantenimiento	Anualmente
Sistema de detección	Mantenimiento	NFPA 72
Válvula cheque	Mantenimiento	Anualmente

**TABLA 68**

**VÁLVULAS, COMPONENTES DE VÁLVULAS Y AJUSTES**

**INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO**

<b>Ítems</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Válvulas de Control</b>		
Sellamiento	Inspección	Semanal
Cerramiento	Inspección	Mensualmente
Switches manual	Inspección	Mensualmente
<b>Alarmas de válvulas</b>		
Exterior	Inspección	Mensualmente
Interior	Inspección	5 años
Recipiente, Filtros, orificios	Inspección	5 años

<b>Válvulas Cheques</b>		
Interior	Inspección	5 años
<b>Válvulas de pre acción / inundación</b>		
Anexos (Durante épocas de frío)	Inspección	Diario/ Semanal
Exterior	Inspección	Mensual
Interior	Inspección	Anual / 5 Años
Recipiente, Filtros, orificios	Inspección	5 años
<b>Válvulas tuberías secas</b>		
<b>Dispositivos de aberturas rápidas</b>		
Anexos (Durante épocas de frío)	Inspección	Diario / Semanal
Exterior	Inspección	Mensual
Interior	Inspección	Anual
Recipiente, Filtros, orificios	Inspección	5 años
<b>Válvulas Reductoras de presión y alivio</b>		
Sistemas rociadores	Inspección	Trimestral
Conexiones de mangueras	Inspección	Trimestral
<b>Bomba de incendio</b>		
Carcasa Válvula de alivio	Inspección	Semanal
Válvula de alivio de presión	Inspección	Semanal
<b>Ensamble de prevención de Regreso de flujo</b>		

Reducción de presión	Inspección	Semanal / Mensual
Detectores de presión reducida	Inspección	Semanal / Mensual
Conexión	Inspección	Anual / Trimestral
<b>Alarmas de flujo de agua</b>		
Válvulas de control	Prueba	Semestral
Posición	Prueba	Anual
Operación	Prueba	Anual
Control	Prueba	Semestral
<b>Válvula de pre acción / inundación</b>		
Agua primaria	Prueba	Trimestral
Alarmas de presión de aire bajo	Prueba	Trimestral
Flujo total	Prueba	Anual
<b>Válvula tubería Seca</b>		
<b>Dispositivo de abertura rápida</b>		
Agua Primaria	Prueba	Trimestral
Alarma presión de aire baja	Prueba	Trimestral
Dispositivo de abertura rápida	Prueba	Trimestral
Prueba manual	Prueba	Anual

Prueba manual Flujo total	Prueba	3 años
<b>Válvulas reductora de presión y alivio</b>		
Sistema de rociadores	Prueba	5 años
Válvulas del alivio de circulación	Prueba	Anual
Válvula de alivio de Presión	Prueba	Anual
Conexiones de mangueras	Prueba	5 años
<b>Ensamble de prevención regreso de flujo</b>		
Válvulas de control	Mantenimiento	Anual
Válvulas de pre acción / inundación	Mantenimiento	Anual
Dispositivos de abertura rápida	Mantenimiento	Anual
Válvulas de tuberías secas	Mantenimiento	Anual

Todas las válvulas del sistema deben protegerse por daños físico y deben ser accesibles.

Antes de abrir o probar una válvula de drenaje, se debe verificar la adecuada ubicación del drenaje.

Las apariencias y condiciones de todas las válvulas deben ser observadas y notadas, deben verificarse que todas las válvulas estén apropiadamente abiertas o cerradas.

# **CAPÍTULO 10**

## **CONCLUSIONES**

Existen algunas conclusiones que hubo de tenerse en cuenta a fin de lograr culminar con éxito este proyecto de “Protección de Incendio de una Central Térmica”.

1. Evaluar el lugar para identificar los riesgos, clasificarlos y aplicar la protección más conveniente.
2. Estudio y conocimiento de las normas internacionales sobre riesgos y protección de fuego que existen al respecto y así aplicarlas debidamente.
3. Conocimiento de ingeniería especializada en mecánica de fluido, hidráulica, soldadura, isometría, seguridad e higiene personal, etc.

4. Se capacito a todos los involucrados en el proyecto de acuerdo a su función, en especial con las normas de la NFPA.
5. Se trabajo en coordinación con las autoridades jurisdiccionales encargadas de la vigilancia y aplicación de la seguridad y riesgos de incendio, a fin de controlar la aplicación de los códigos y reglamentos nacionales e internacionales.
6. Implementar y actualizar cambios que mejoren y a su vez minimicen los riegos de fuego y así garantizar mejor la protección humana y bienes públicos y privados.
7. Hacer conocer la responsabilidad al usuario de la aplicación de las pruebas, cuidado y mantenimiento estricto a todos los componentes del sistema una vez que este fue entregado debidamente por los instaladores.

## RECOMENDACIONES

Referente a recomendaciones para lograr nuestro objetivo, que es el desarrollo óptimo del “Sistema de Protección de Incendio para una Central Térmica”, donde existen muchas áreas de riesgo como: cuarto de calderos, cuarto de turbinas, sección de subestación eléctrica de transformadores, cuarto de control y bombas, áreas de enfriamiento de aceite de las turbinas, así como sección de tanques de combustibles inflamables, aceites y gases, etc.

1. Se debe aplicar las protecciones recomendadas según las normas, una vez que se conoce la evaluación de riesgos y cada vez que sea necesario.
2. Formar comité de “Seguridad Industrial e Higiene”.

3. Mantener capacitación a todo nivel.
4. Practicar simulacros de incendio y evacuaciones.
5. A fin de optimizar la operación de los equipos, accesorios y demás componentes del sistema, se debe tener un grupo calificado de personal que se encargue del mantenimiento, operación y prueba de todo el sistema contra incendio.

## Reporte de Prueba Flujo de Hidrante

Ubicación: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Prueba hecha por: \_\_\_\_\_ Tiempo: \_\_\_\_\_

Representante de: \_\_\_\_\_

Testigo: \_\_\_\_\_

Estado de los objetivos de Prueba: \_\_\_\_\_

Razón de consumo durante pruebas: \_\_\_\_\_

Si Bombas afectan prueba, indicar bombas que operan: \_\_\_\_\_

Hidrantes con flujo	A1	A2	A3	A4
---------------------	----	----	----	----

Tamaño de toberas: \_\_\_\_\_

Lecturas de atomización: \_\_\_\_\_

Coefficiente de descarga: \_\_\_\_\_ Total GPM

GPM: \_\_\_\_\_

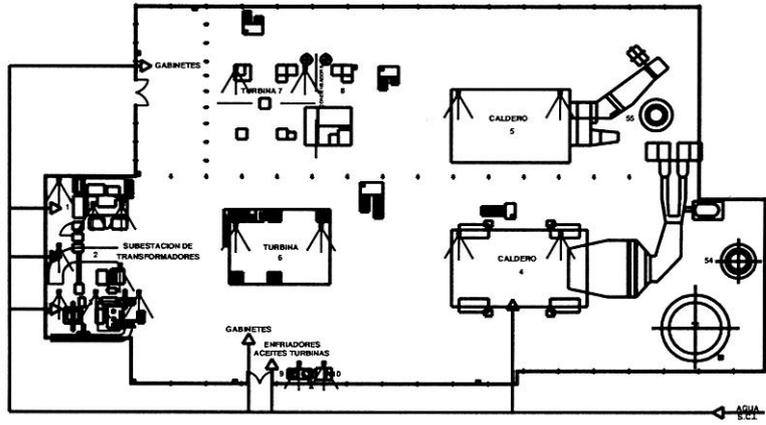
Estática B: \_\_\_\_\_ psi Residual B: \_\_\_\_\_ psi

Resultados sobresalientes @ 20psi Residual \_\_\_\_ gpm, @\_\_psi residual

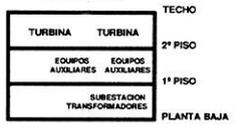
Observaciones: \_\_\_\_\_

Ubicación en mapa: Muestre el tamaño de línea y distancia a próxima línea cruzada conectada. Muestre válvulas y tamaño de los ramales de los hidrantes. Indique el norte. Muestre hidrantes fluyendo- Niveles A1, A2, A3 y A4. Muestre ubicación de presión residual y estática – Nivel B

Hidrante \_\_\_\_\_ Rociador \_\_\_\_\_ Otros (identificar) \_\_\_\_\_



ALZADO LATERAL IZQUIERDO



ALZADO FRONTAL



ALZADO LATERAL DERECHO



FIGURA 1.1.  
CROQUIS DE LAS INSTALACIONES DE LA CENTRAL TERMICA

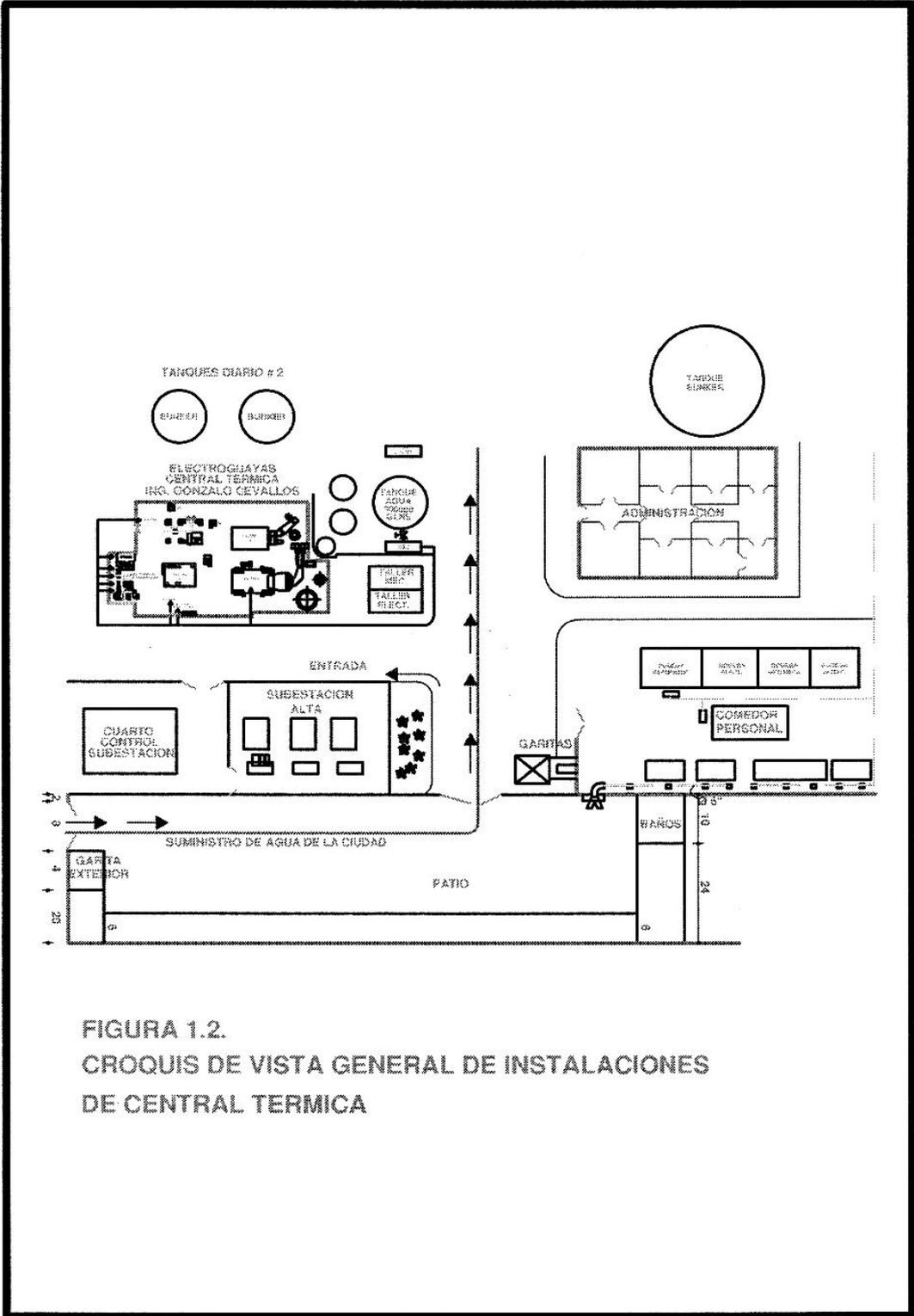
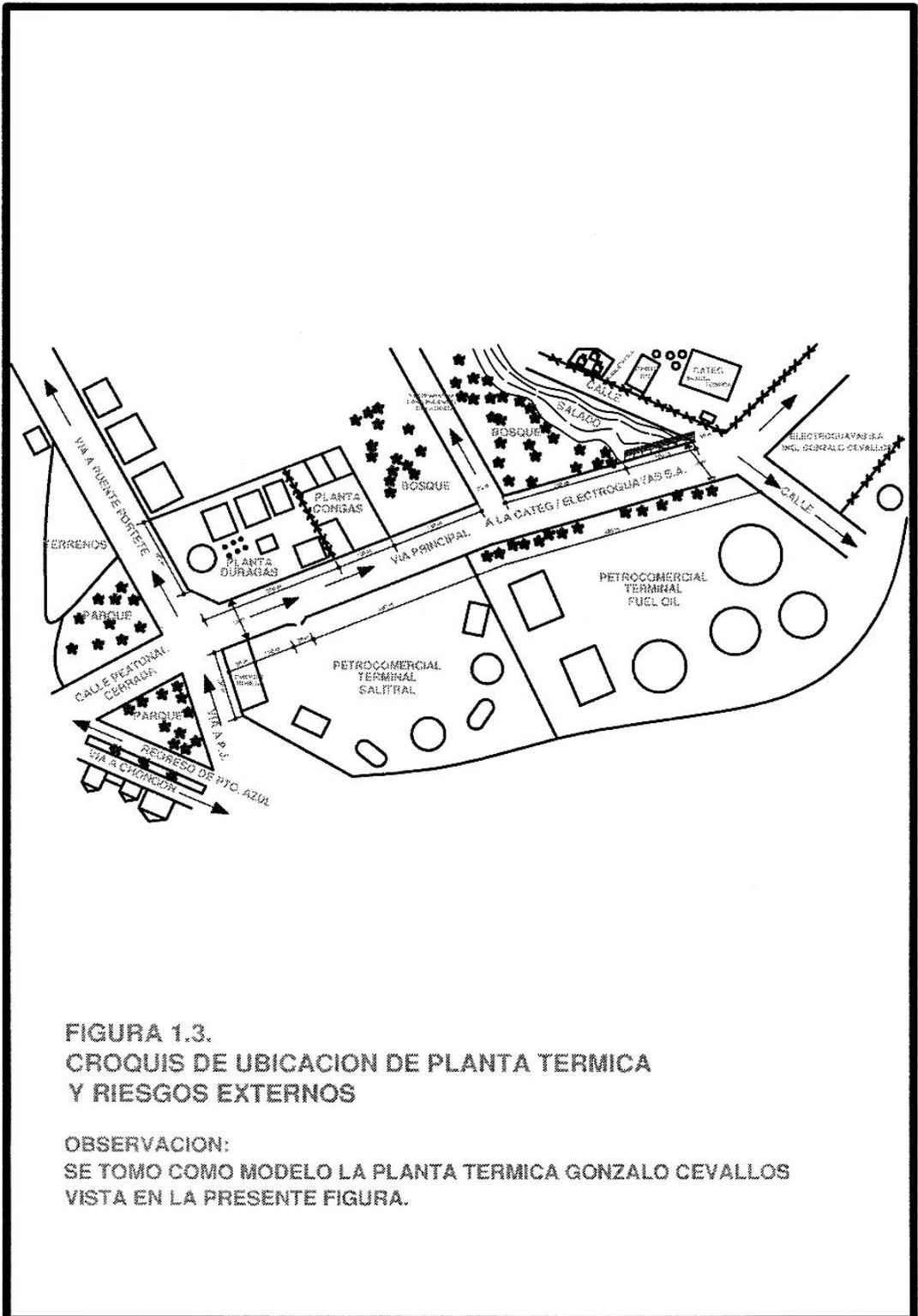


FIGURA 1.2.  
 CROQUIS DE VISTA GENERAL DE INSTALACIONES  
 DE CENTRAL TERMICA



**FIGURA 1.3.**  
**CROQUIS DE UBICACION DE PLANTA TERMICA**  
**Y RIESGOS EXTERNOS**

**OBSERVACION:**  
 SE TOMO COMO MODELO LA PLANTA TERMICA GONZALO CEVALLOS  
 VISTA EN LA PRESENTE FIGURA.

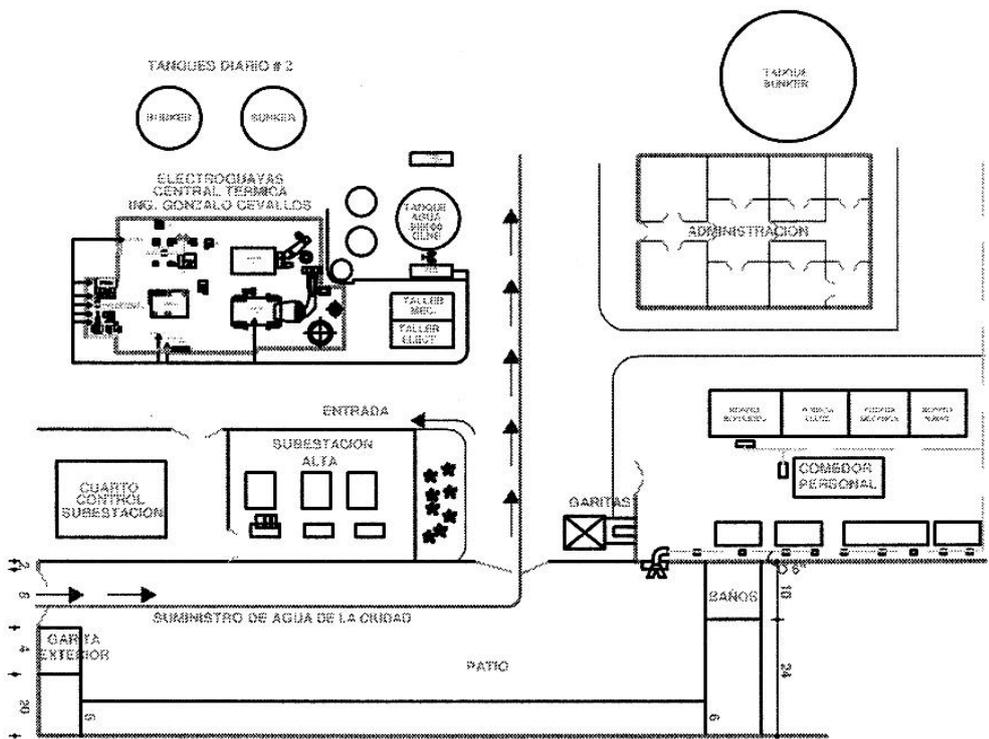


FIGURA 1.4.  
 CROQUIS DE VISTA GENERAL DE INSTALACIONES  
 DE CENTRAL TERMICA Y AREAS DE RIESGO

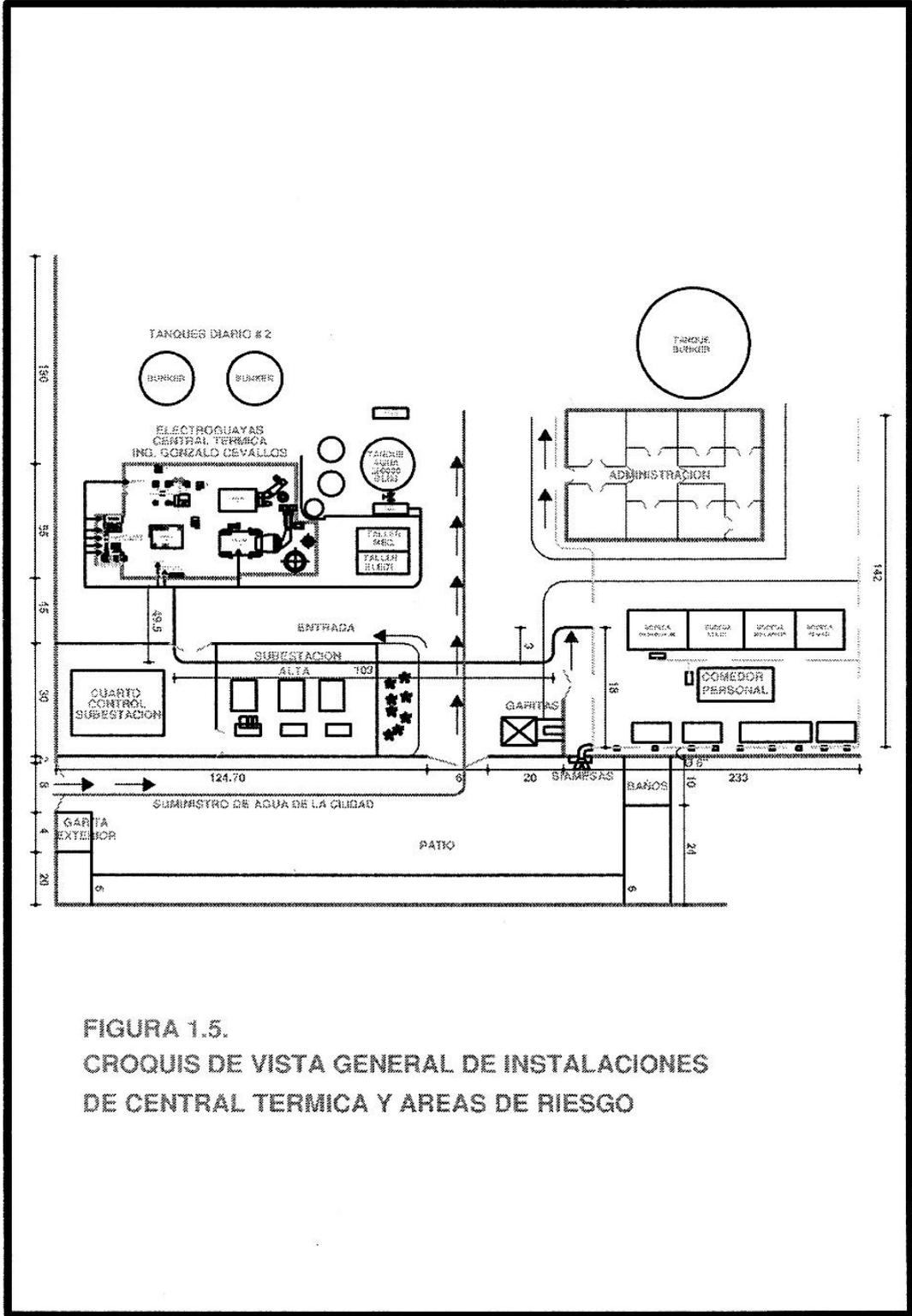


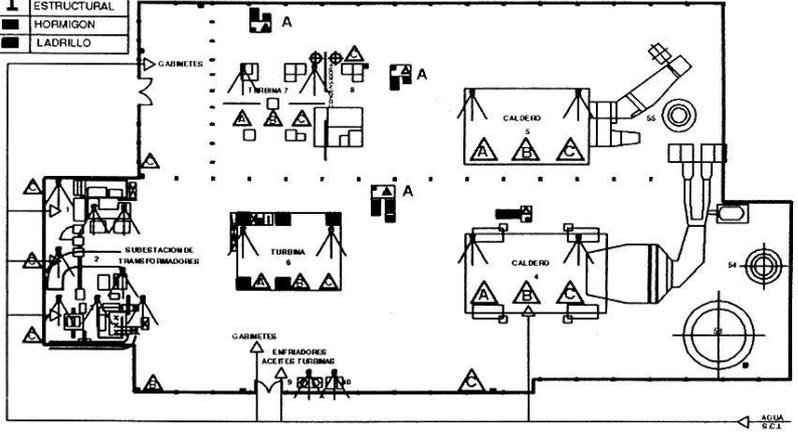
FIGURA 1.5.  
 CROQUIS DE VISTA GENERAL DE INSTALACIONES  
 DE CENTRAL TERMICA Y AREAS DE RIESGO

POSICIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN EN PLANTA TERMINAL  
E IDENTIFICACIÓN DE PROTECCIÓN DE INCENDIO E EQUIPOS

Nº	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	PROTECCIONES C.I.
1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	ALUMBRADO
2	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	ALUMBRADO
3	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	ALUMBRADO
4	CALDERA Nº	ALUMBRADO
5	CALDERA Nº	ALUMBRADO
6	CALDERA Nº	ALUMBRADO
7	CALDERA Nº	ALUMBRADO
8	CALDERA Nº	ALUMBRADO
9	CALDERA Nº	ALUMBRADO
10	CALDERA Nº	ALUMBRADO
11	CALDERA Nº	ALUMBRADO
12	CALDERA Nº	ALUMBRADO
13	CALDERA Nº	ALUMBRADO
14	CALDERA Nº	ALUMBRADO
15	CALDERA Nº	ALUMBRADO
16	CALDERA Nº	ALUMBRADO
17	CALDERA Nº	ALUMBRADO
18	CALDERA Nº	ALUMBRADO
19	CALDERA Nº	ALUMBRADO
20	CALDERA Nº	ALUMBRADO
21	CALDERA Nº	ALUMBRADO
22	CALDERA Nº	ALUMBRADO
23	CALDERA Nº	ALUMBRADO
24	CALDERA Nº	ALUMBRADO
25	CALDERA Nº	ALUMBRADO
26	CALDERA Nº	ALUMBRADO
27	CALDERA Nº	ALUMBRADO
28	CALDERA Nº	ALUMBRADO
29	CALDERA Nº	ALUMBRADO
30	CALDERA Nº	ALUMBRADO
31	CALDERA Nº	ALUMBRADO
32	CALDERA Nº	ALUMBRADO
33	CALDERA Nº	ALUMBRADO
34	CALDERA Nº	ALUMBRADO
35	CALDERA Nº	ALUMBRADO
36	CALDERA Nº	ALUMBRADO
37	CALDERA Nº	ALUMBRADO
38	CALDERA Nº	ALUMBRADO
39	CALDERA Nº	ALUMBRADO
40	CALDERA Nº	ALUMBRADO
41	CALDERA Nº	ALUMBRADO
42	CALDERA Nº	ALUMBRADO
43	CALDERA Nº	ALUMBRADO
44	CALDERA Nº	ALUMBRADO
45	CALDERA Nº	ALUMBRADO
46	CALDERA Nº	ALUMBRADO
47	CALDERA Nº	ALUMBRADO
48	CALDERA Nº	ALUMBRADO
49	CALDERA Nº	ALUMBRADO
50	CALDERA Nº	ALUMBRADO
51	CALDERA Nº	ALUMBRADO
52	CALDERA Nº	ALUMBRADO
53	CALDERA Nº	ALUMBRADO
54	CALDERA Nº	ALUMBRADO
55	CALDERA Nº	ALUMBRADO
56	CALDERA Nº	ALUMBRADO
57	CALDERA Nº	ALUMBRADO
58	CALDERA Nº	ALUMBRADO
59	CALDERA Nº	ALUMBRADO
60	CALDERA Nº	ALUMBRADO
61	CALDERA Nº	ALUMBRADO
62	CALDERA Nº	ALUMBRADO
63	CALDERA Nº	ALUMBRADO
64	CALDERA Nº	ALUMBRADO
65	CALDERA Nº	ALUMBRADO
66	CALDERA Nº	ALUMBRADO
67	CALDERA Nº	ALUMBRADO
68	CALDERA Nº	ALUMBRADO
69	CALDERA Nº	ALUMBRADO
70	CALDERA Nº	ALUMBRADO
71	CALDERA Nº	ALUMBRADO
72	CALDERA Nº	ALUMBRADO
73	CALDERA Nº	ALUMBRADO
74	CALDERA Nº	ALUMBRADO
75	CALDERA Nº	ALUMBRADO
76	CALDERA Nº	ALUMBRADO
77	CALDERA Nº	ALUMBRADO
78	CALDERA Nº	ALUMBRADO
79	CALDERA Nº	ALUMBRADO
80	CALDERA Nº	ALUMBRADO
81	CALDERA Nº	ALUMBRADO
82	CALDERA Nº	ALUMBRADO
83	CALDERA Nº	ALUMBRADO
84	CALDERA Nº	ALUMBRADO
85	CALDERA Nº	ALUMBRADO
86	CALDERA Nº	ALUMBRADO
87	CALDERA Nº	ALUMBRADO
88	CALDERA Nº	ALUMBRADO
89	CALDERA Nº	ALUMBRADO
90	CALDERA Nº	ALUMBRADO
91	CALDERA Nº	ALUMBRADO
92	CALDERA Nº	ALUMBRADO
93	CALDERA Nº	ALUMBRADO
94	CALDERA Nº	ALUMBRADO
95	CALDERA Nº	ALUMBRADO
96	CALDERA Nº	ALUMBRADO
97	CALDERA Nº	ALUMBRADO
98	CALDERA Nº	ALUMBRADO
99	CALDERA Nº	ALUMBRADO
100	CALDERA Nº	ALUMBRADO

**SIMBOLOGIA**

- ROCIADORES
- GABINETES
- EXTINTOR
- EXTINTOR
- EXTINTOR
- ACERO ESTRUCTURAL
- HORMIGON
- LADRILLO



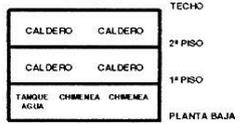
ALZADO LATERAL IZQUIERDO



ALZADO FRONTAL



ALZADO LATERAL DERECHO

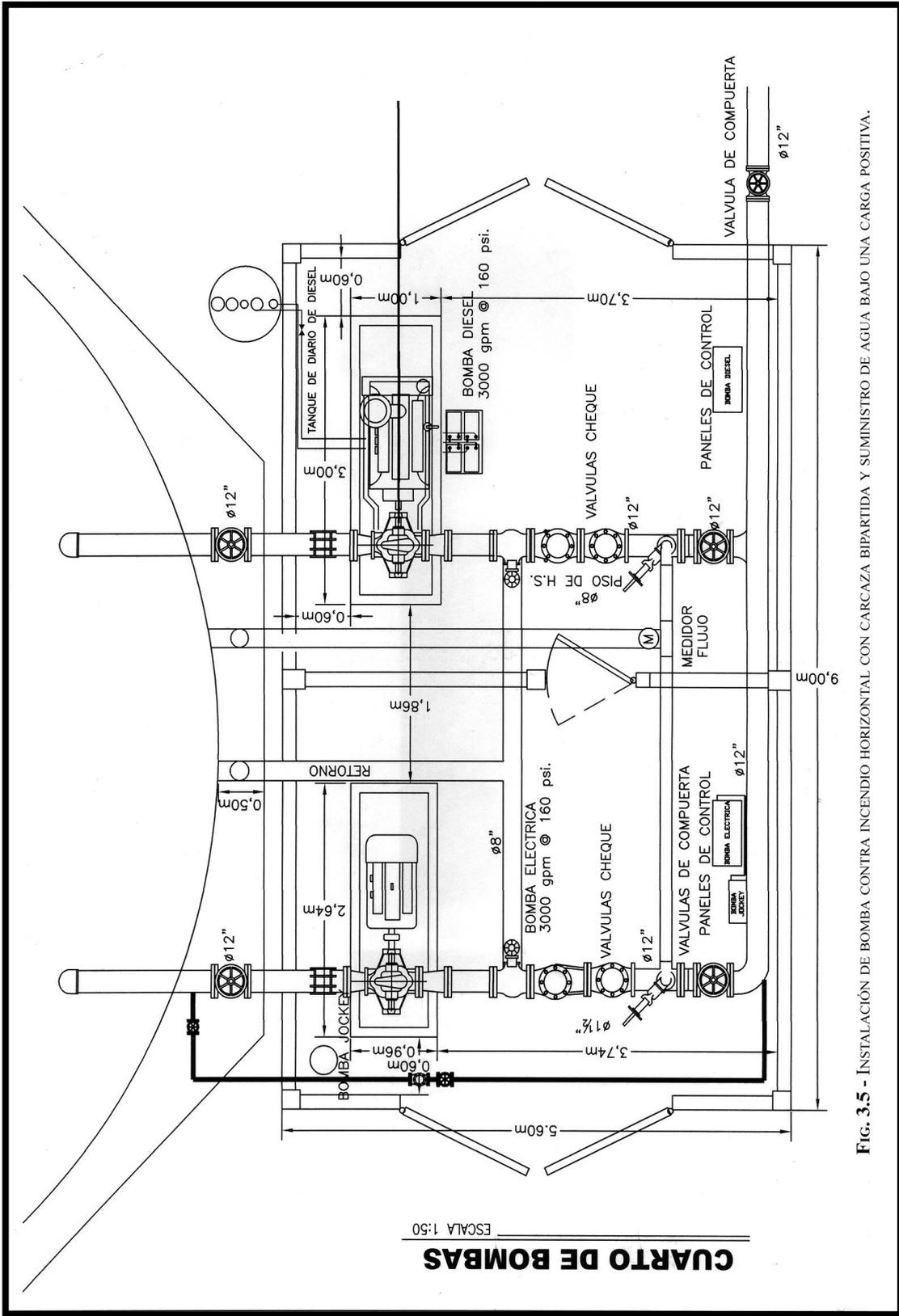


**FIGURA 1.6.**  
**CROQUIS DE LAS INSTALACIONES DE LA CENTRAL TERMICA Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE INCENDIOS**

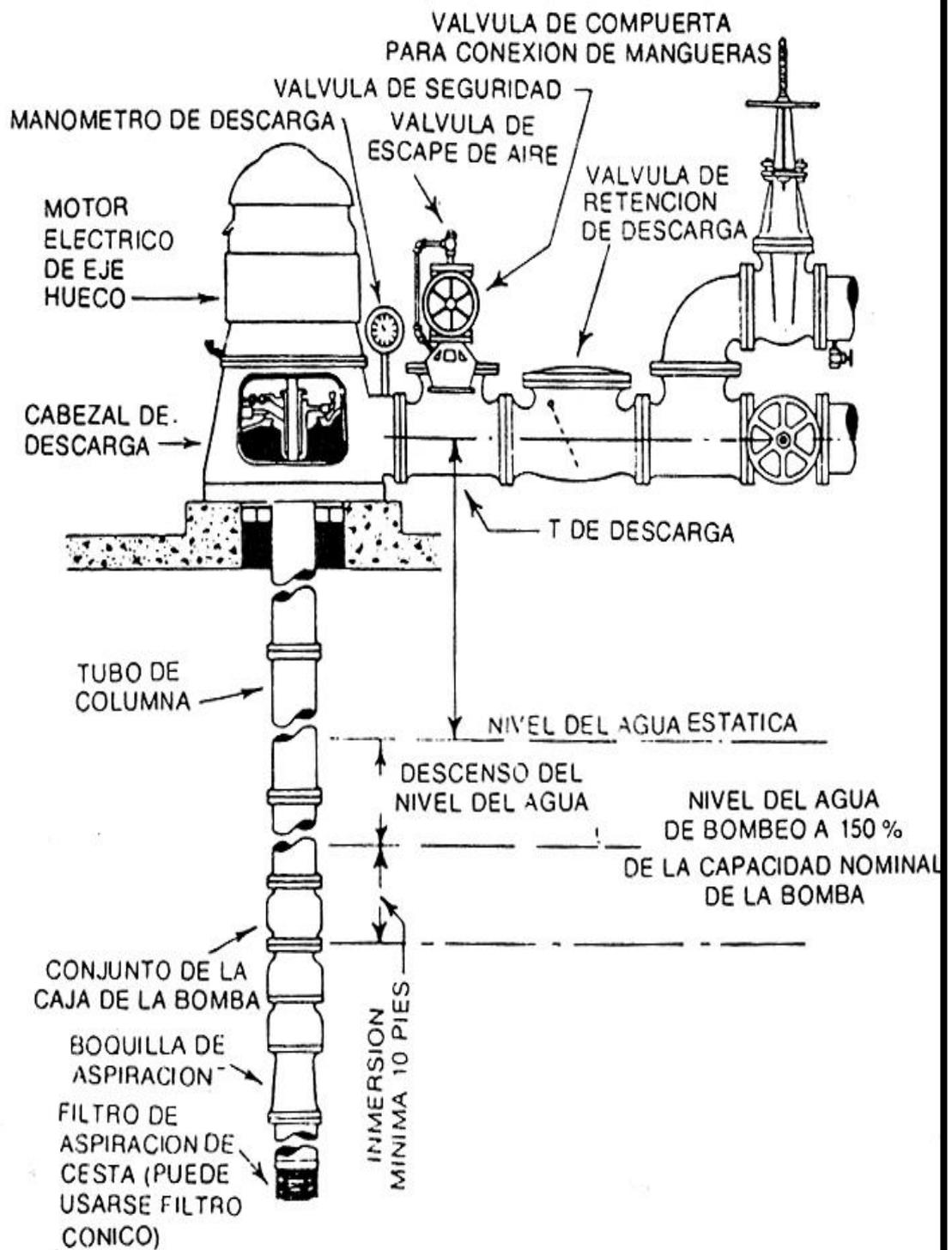
## PROTECCION

	Conducciones públicas principales de abastecimiento de agua en las calles de la ciudad		Indicador de paso de agua (tipo paleta)		Hidrante público (se identifican como D.H., T.H. o Q.H. según tengan dos, tres o cuatro tomas)		Bomba giratoria contra incendios (dos conexiones para mangueras)
	Conducciones de agua particulares enterradas o en superficie		Válvula de apertura rápida		Hidrante privado, no protegido contra heladas con una sola conexión para mangueras		Bomba centrífuga contra incendios
	Tuberías de agua enterradas debajo de los edificios		Válvula seca (se indica la dimensión)		Hidrante privado, a prueba de heladas, dos conexiones para mangueras (una con válvula)		Salida de incendios
	Tubería de aspiración		Válvula seca con acelerador o extractor de aire		Hidrante privado, no protegido contra heladas, conexión para autobomba		Edificio del servicio de incendios
	Válvula de aspiración y filtro		Pozo de válvula		Hidrante privado, protegido contra heladas con tres conexiones para manguera y una para autobomba		Puesto de estación central
	Válvula enterrada con llave de apertura		Contador de agua (se indica la desviación si existiese)		Hidrante en caseta, con una salida y 100 pies (30 m) de manguera conectada		Puesto móvil de reloj
	Válvula de compuerta normal		Conexión para el servicio contra incendios		Conducción vertical o toma de agua fija (se indica el diámetro)		Edificio provisto de rociadores automáticos
	Válvula estérica		Conducción ascendente para rociadores (se indica la dimensión)		Puesto de alarma contra incendios		Rociadores abiertos (se indica la planta en que se encuentran)
	Válvula indicadora		Lanza monitora		Aljibe para incendios (se indica la capacidad)		Instalación parcial de rociadores automáticos
	Válvula con poste indicador		Sirena de alarma, con campana		Depósito de agua elevado (se indica la capacidad y la altura)		Edificio o sector del mismo carente de rociadores
	Válvula de retención (la flecha indica la dirección de la corriente)		Hidrante de pared		Depósito para rociadores (se indica la altura, la capacidad y el tipo de construcción)		Depósito de presión (se indican la capacidad y la situación)
	Válvula de alarma				Bomba de vapor contra incendios (tres conexiones para mangueras)		Designación del tipo de detectores empleados en los sistemas de detección; por ejemplo, de humos, termo velocímetros o termostáticos

**FIG. 1.7 - ABREVIATURAS MÁS COMUNES EN SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE INCENDIOS**



**Fig. 3.5 -** INSTALACION DE BOMBA CONTRA INCENDIO HORIZONTAL CON CARCAZA BIPARTIDA Y SUMINISTRO DE AGUA BAJO UNA CARGA POSITIVA.



**FIG. 3.6 - INSTALACIÓN DE UNA BOMBA VERTICAL DE TURBINA**



SP135



SU135



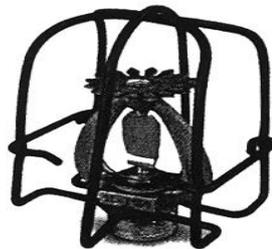
SPC155



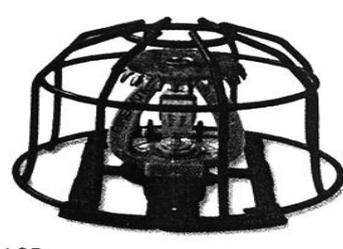
SP160U, SP160P



SP160PC, SP160UC

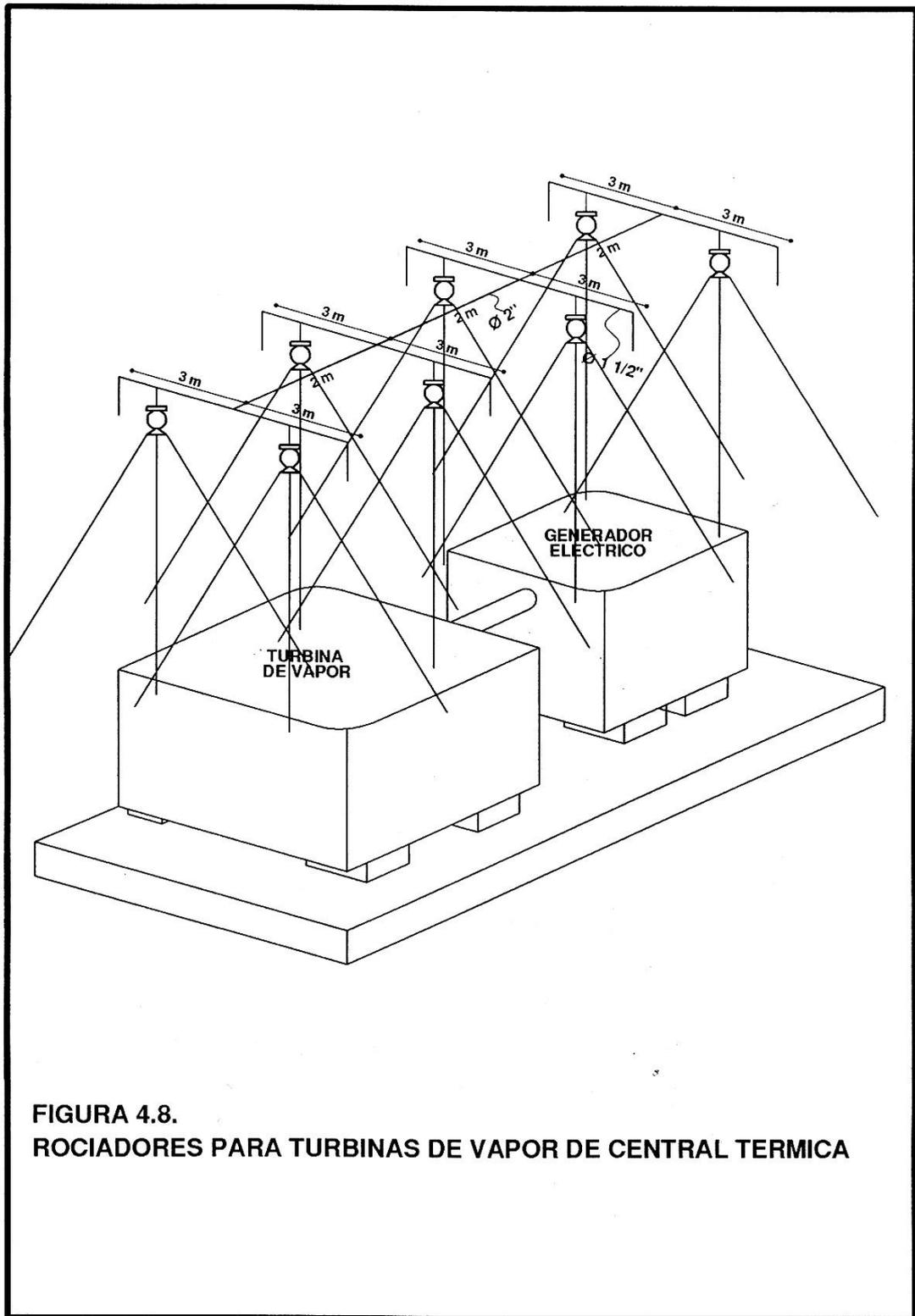


SPC1

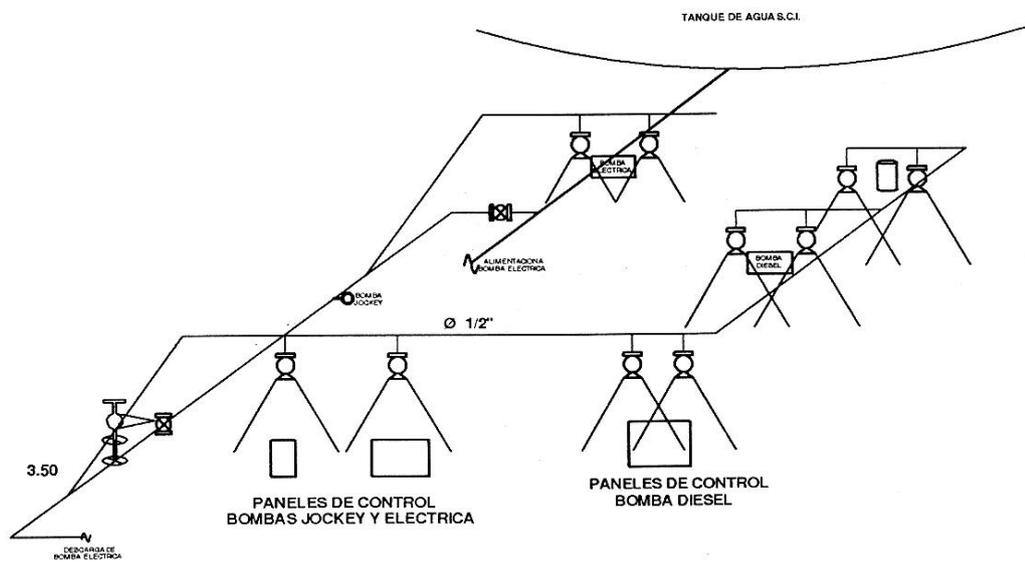


SPCAGE

**FIG. 4.1 - ACCESORIOS DE FUNCIONAMIENTO DE TIPOS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS.**



**FIGURA 4.8.**  
**ROCIADORES PARA TURBINAS DE VAPOR DE CENTRAL TERMICA**



**FIGURA 4.9.**  
**ROCIADORES PARA CUARTO DE BOMBAS, CONTROLES ELECTRICOS Y ELECTRONICOS DE OPERACION DE EQUIPOS DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS**

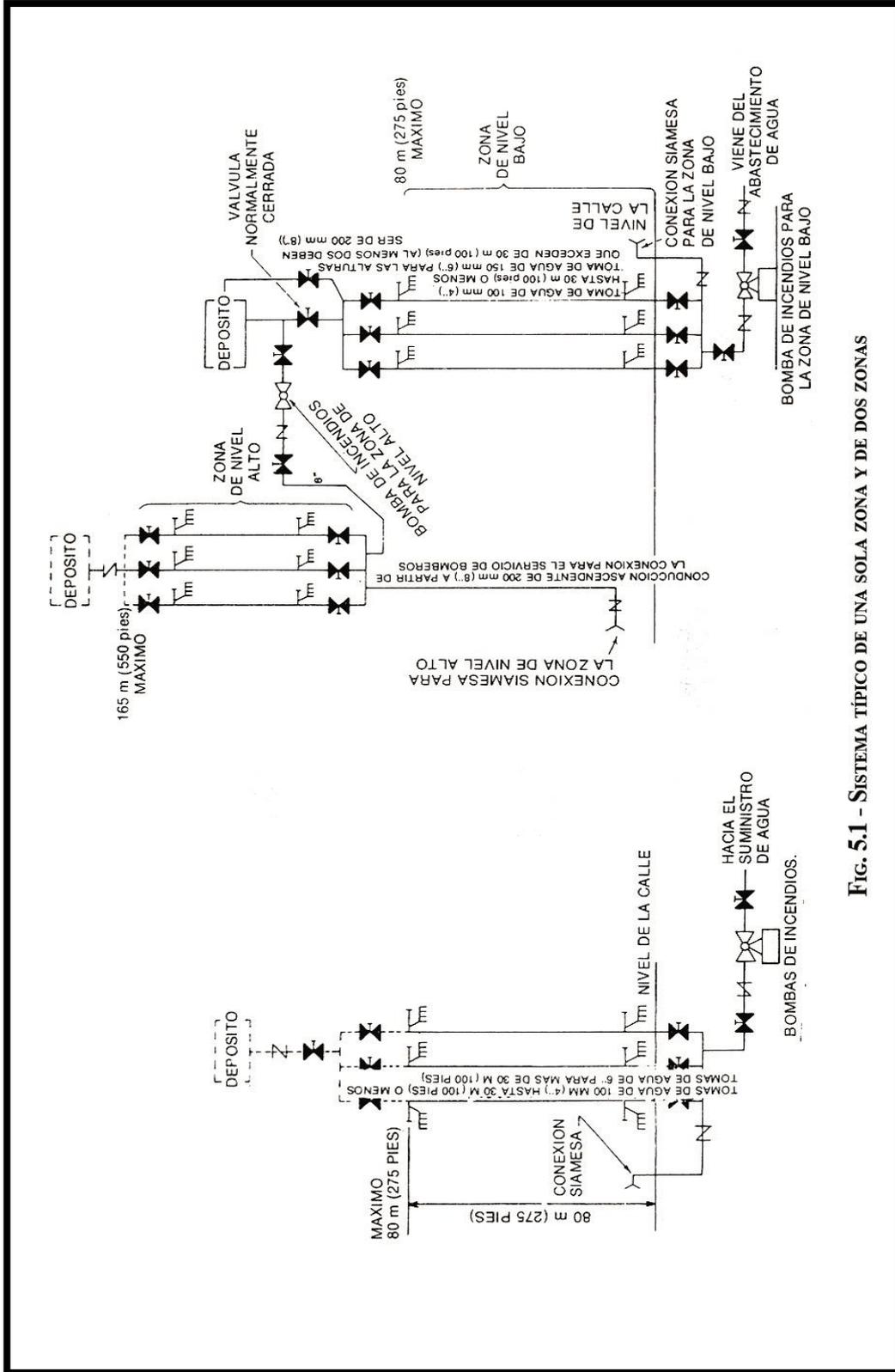


Fig. 5.1 - SISTEMA TÍPICO DE UNA SOLA ZONA Y DE DOS ZONAS

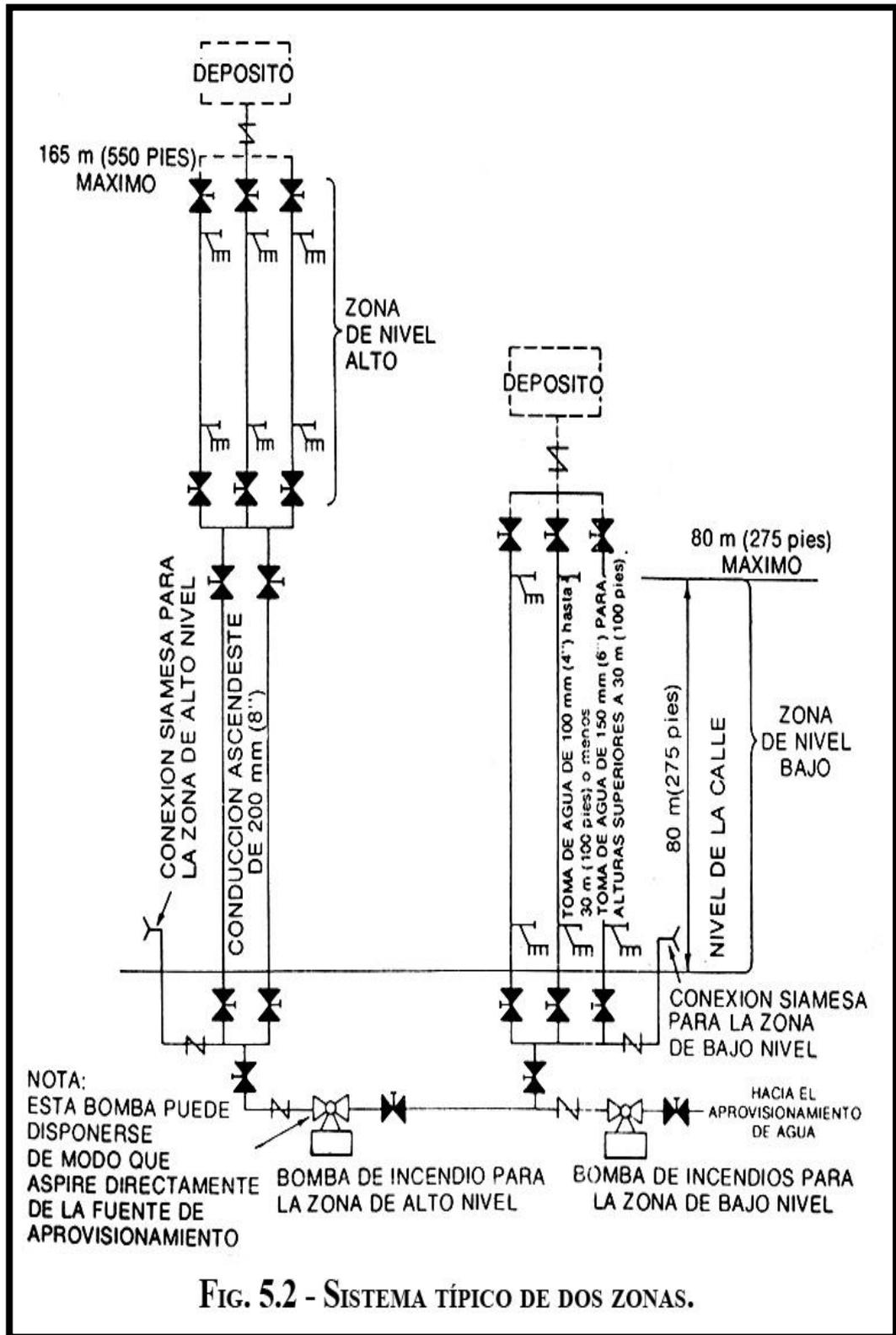
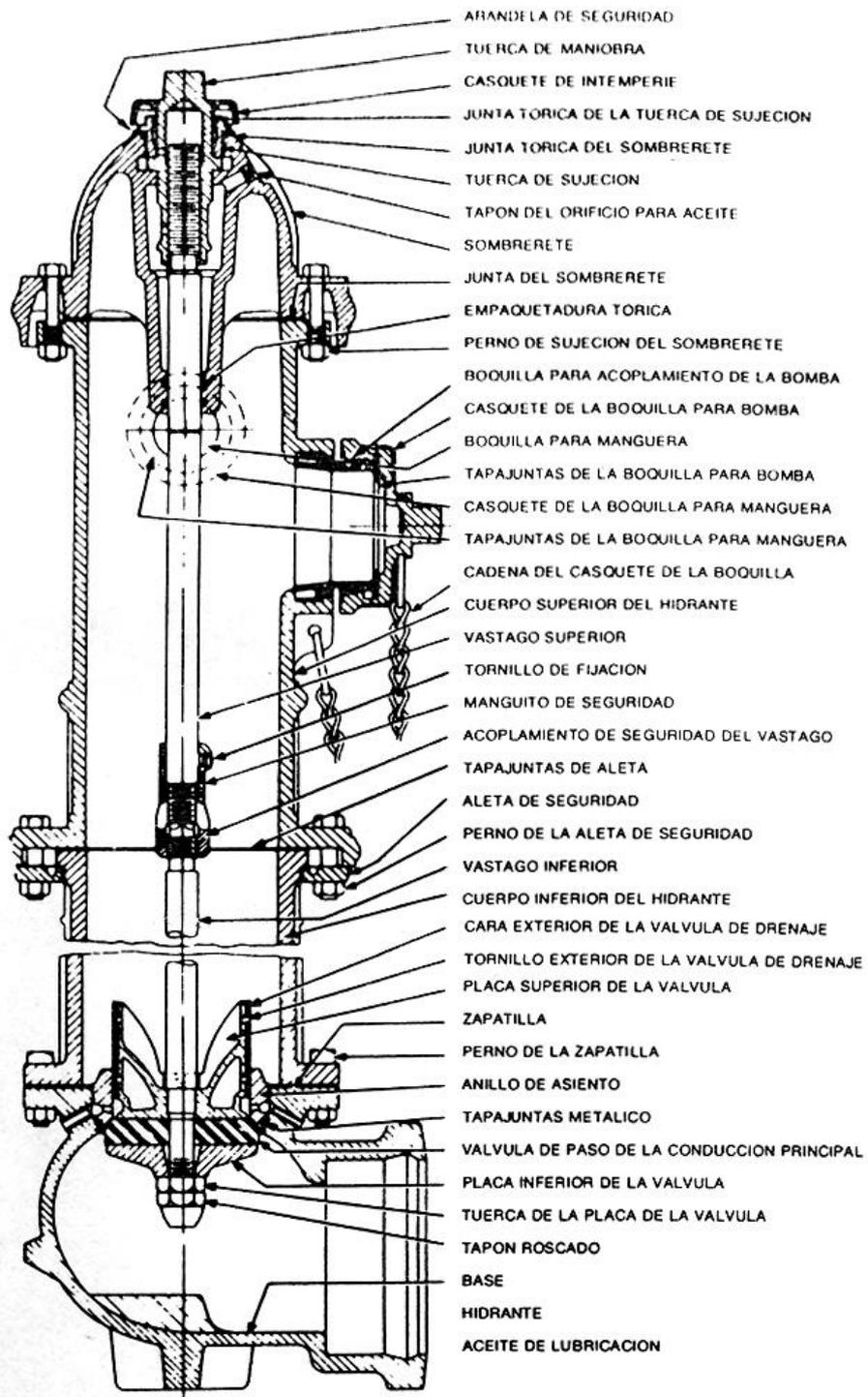
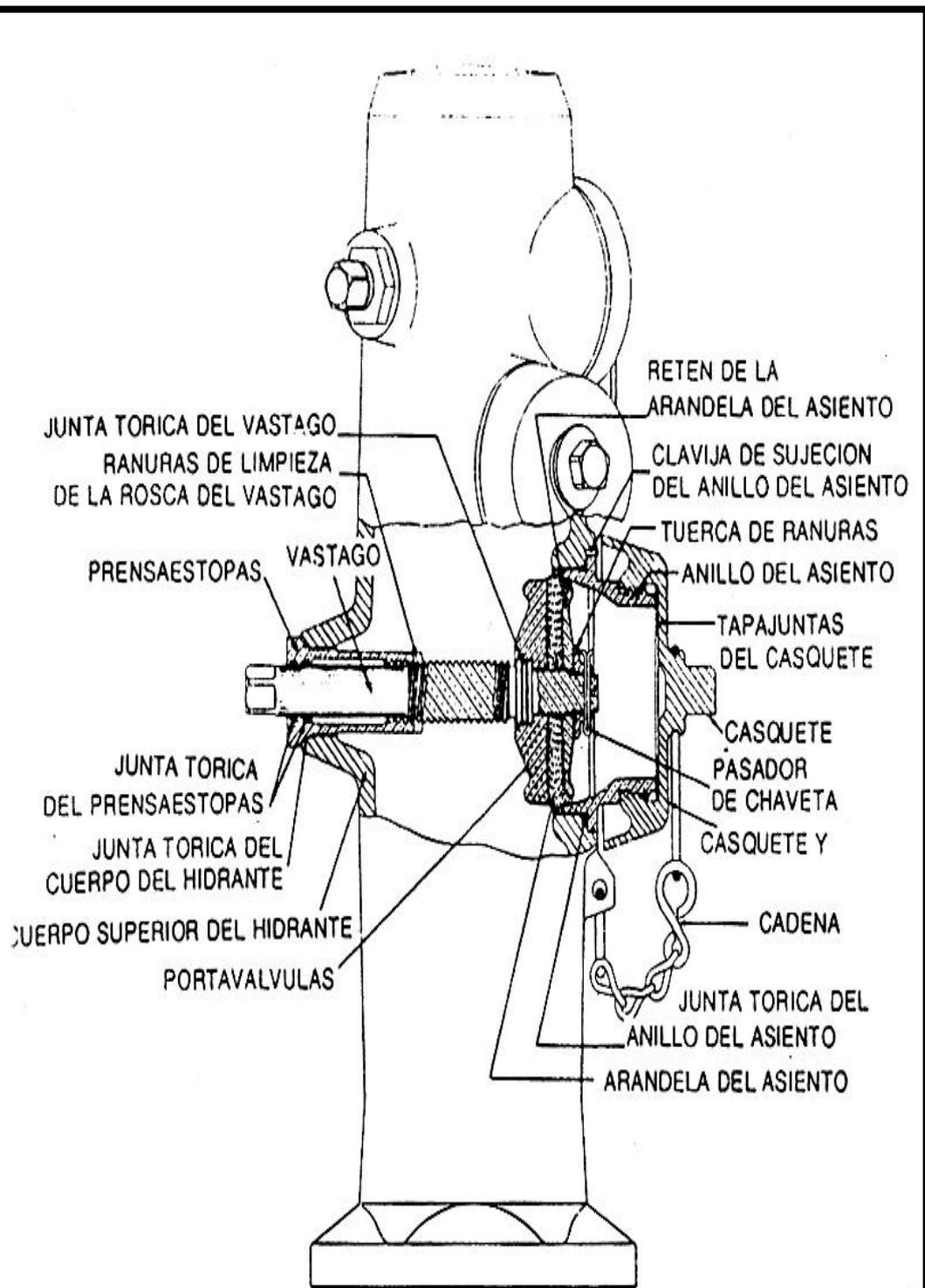


FIG. 5.2 - SISTEMA TÍPICO DE DOS ZONAS.



**FIG. 5.3 - HIDRANTE TIPO SECO O HIDRANTE A PRUEBA DE HELADAS.**



**FIG. 5.4 - HIDRANTE HUMEDO CON VÁLVULA DE COMPRESIÓN EN CADA SALIDA.**

Combustibles



sólidos

1. Agua

Líquidos



inflamables

Equipo



eléctrico

2. Anhidrido carbónico, polvo,  
bromoclorodifluorometano y bromotrifluorometano

Combustibles



sólidos

Líquidos



inflamables

Equipo



eléctrico

3. Polvo polivalente

Líquidos



inflamables

Equipo



eléctrico



Capacidad

4. Polvo polivalente (cantidad de agente  
insuficiente para la clasificación A)

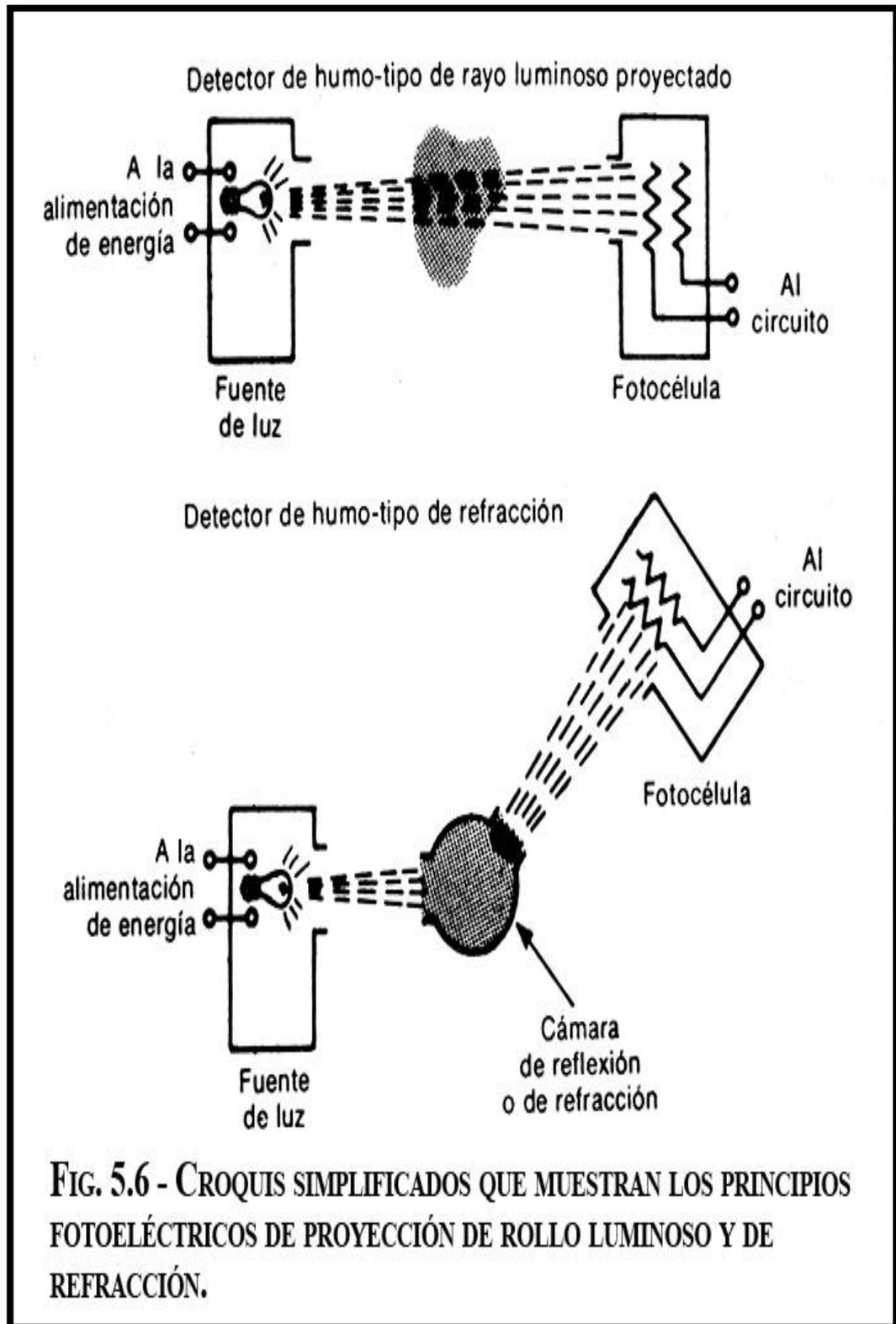
Fuegos

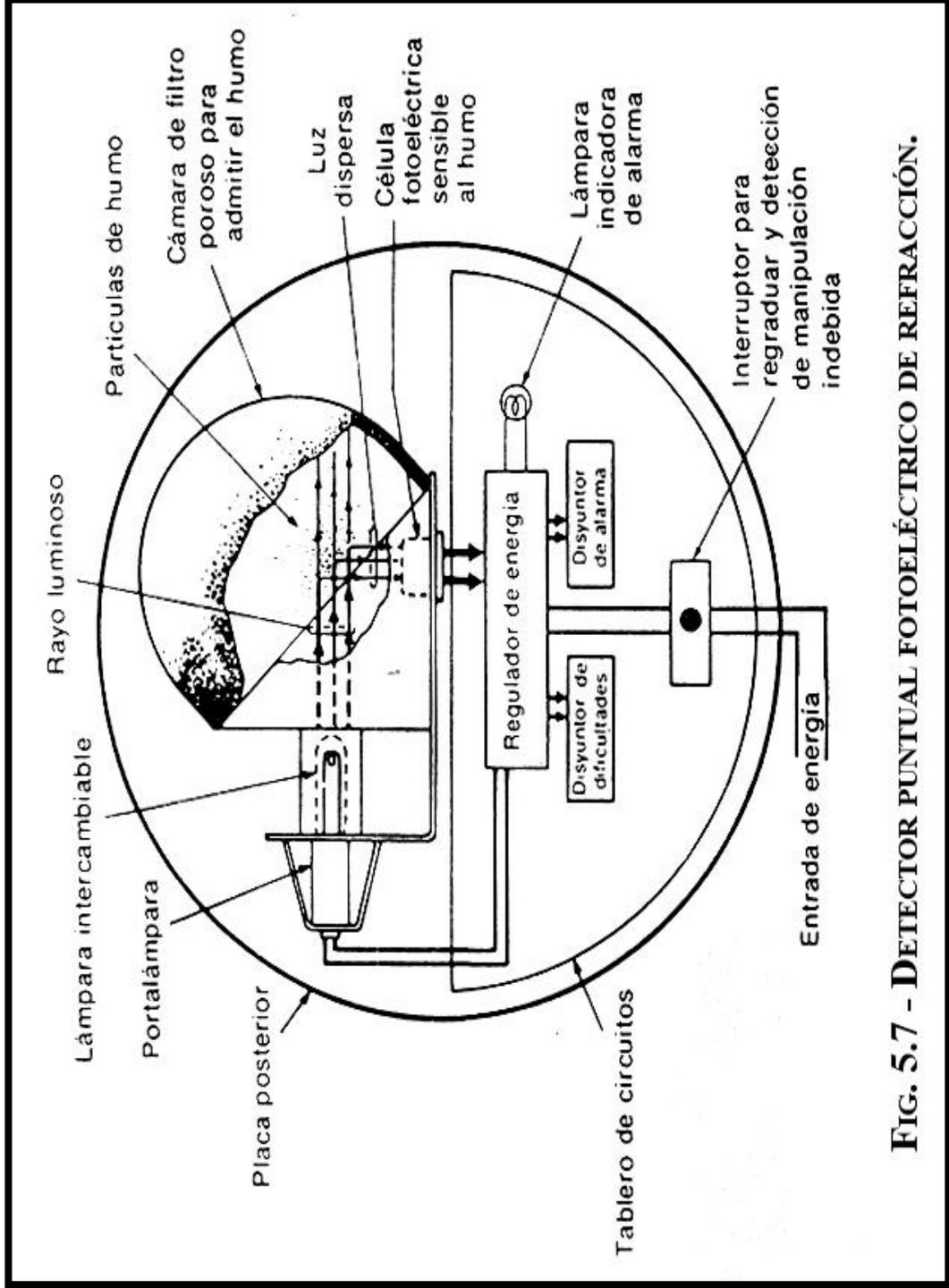


de metales

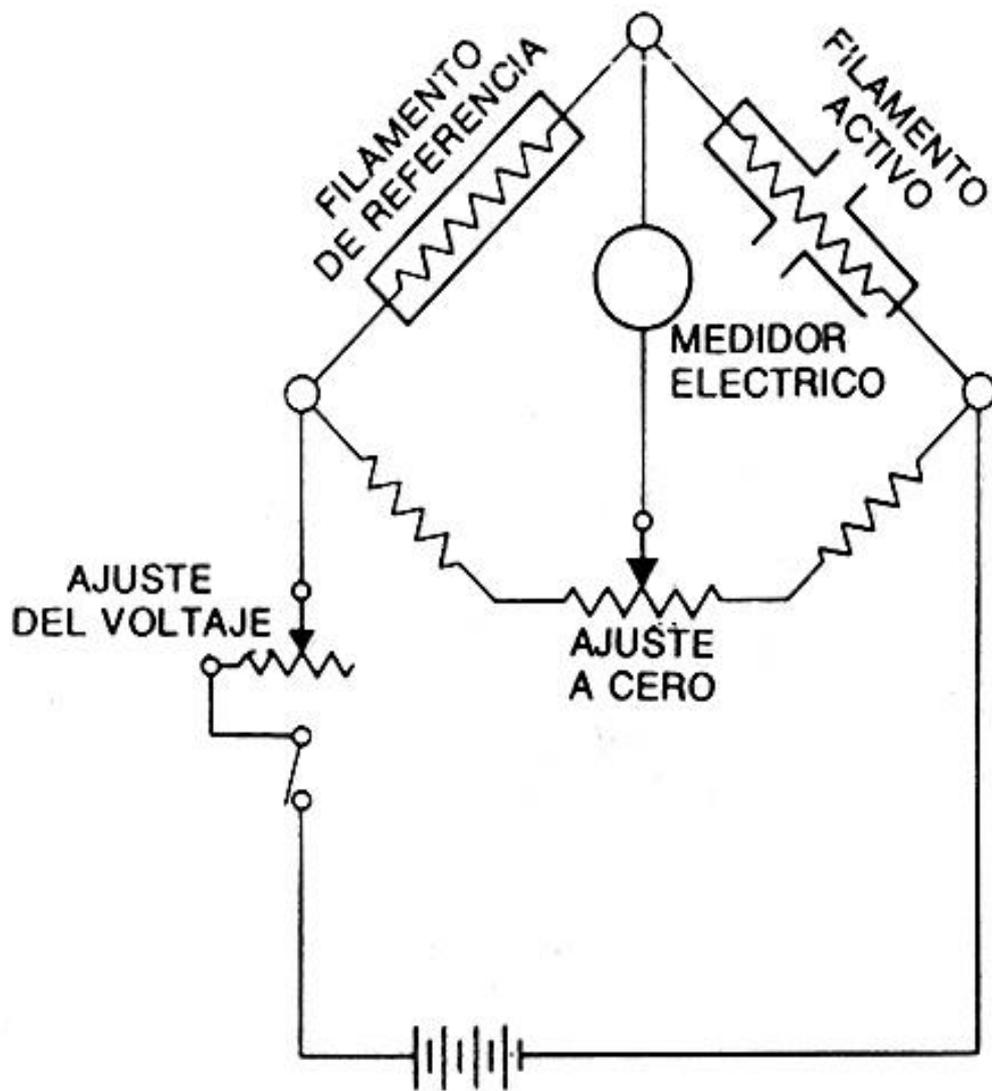
5. Polvos especiales

**FIG. 5.5 - COMBINACIONES TÍPICAS DE SÍMBOLOS PARA LAS DISTINTAS CLASES DE EXTINTORES.**

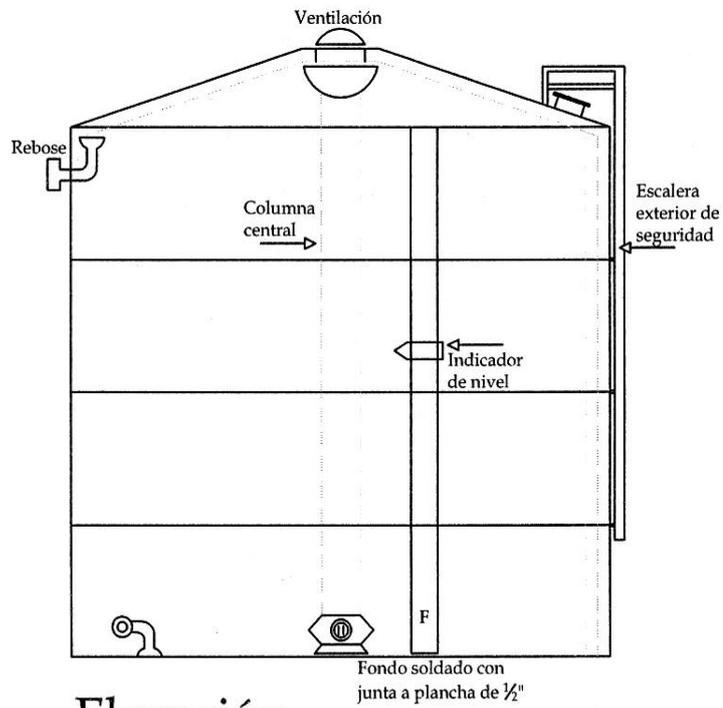




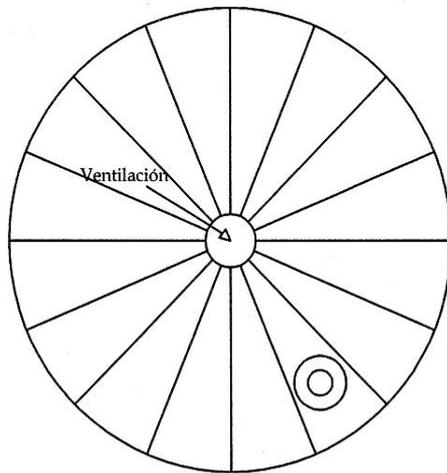
**FIG. 5.7 - DETECTOR PUNTUAL FOTOELÉCTRICO DE REFRACCIÓN.**



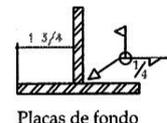
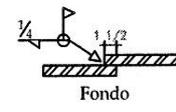
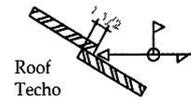
**FIG. 5.10 - CIRCUITO DE PUENTE DE WHEATSTONE EN EL QUE EL FILAMENTO ACTIVO ES UN ALAMBRE DE PLATINO DONDE SUCEDE LA COMBUSTIÓN CATALÍTICA CUANDO PASA POR EL UNA MUESTRA DE LA ATMÓSFERA QUE SE ESTA PROBANDO.**



Elevación

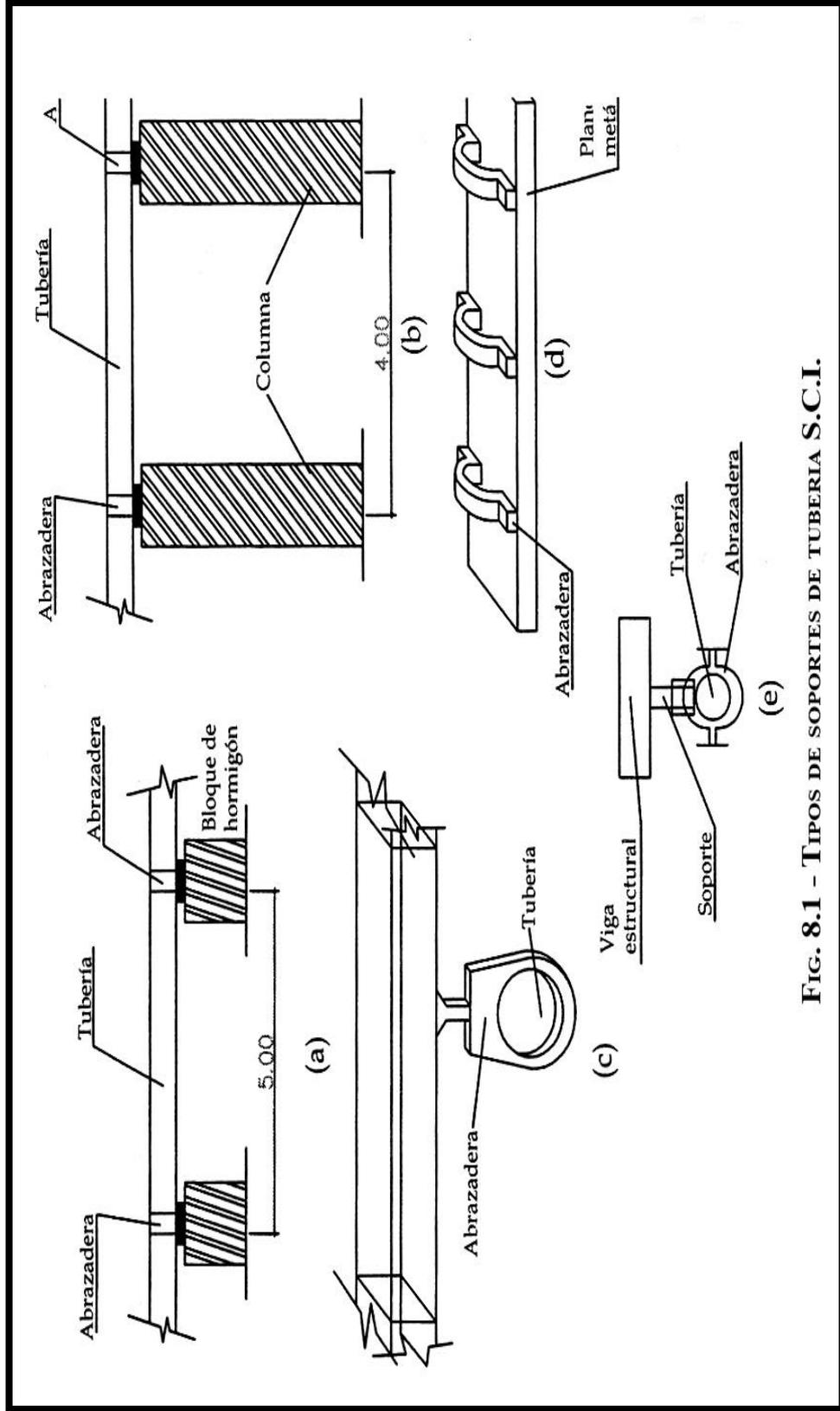


Plano de Techo

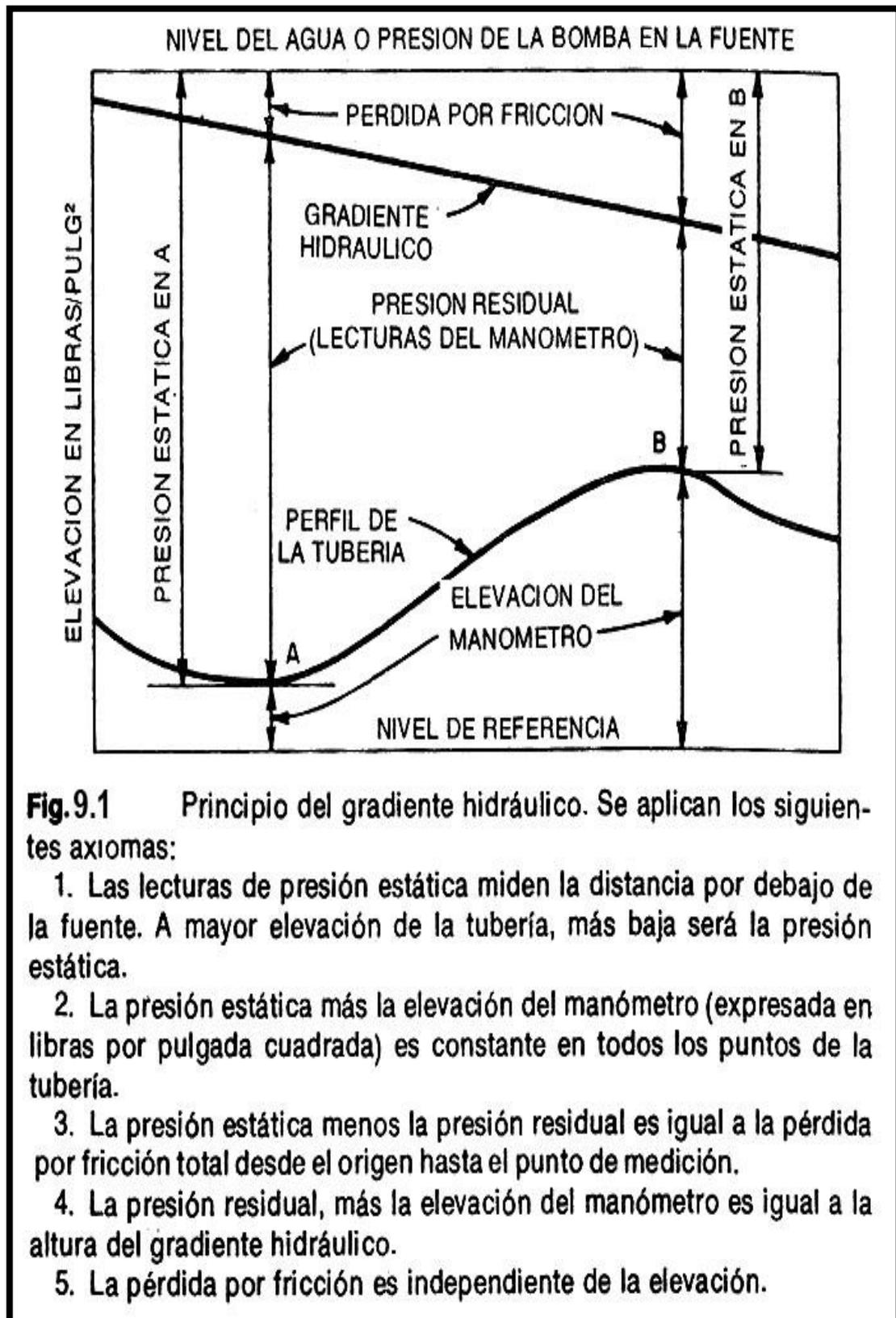


Detalle de soldadura

FIG. 7.1 - TANQUE DE SUCCIÓN DE ACERO SOLDADO

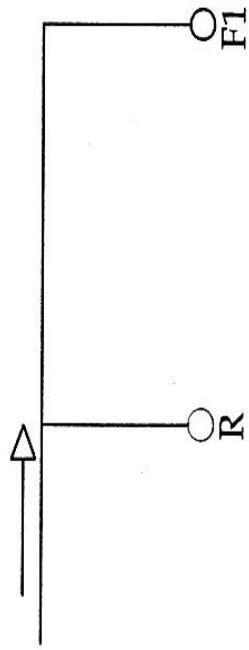


**FIG. 8.1 - TIPOS DE SOPORTES DE TUBERIA S.C.I.**

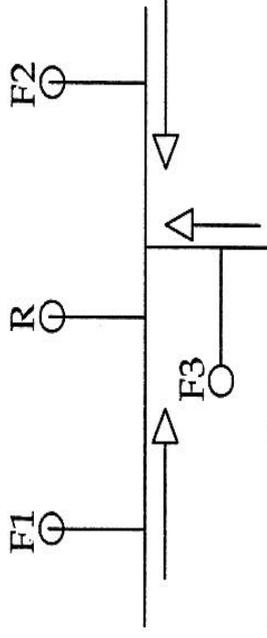


**Fig.9.1** Principio del gradiente hidráulico. Se aplican los siguientes axiomas:

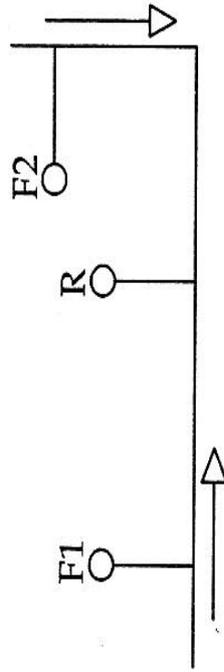
1. Las lecturas de presión estática miden la distancia por debajo de la fuente. A mayor elevación de la tubería, más baja será la presión estática.
2. La presión estática más la elevación del manómetro (expresada en libras por pulgada cuadrada) es constante en todos los puntos de la tubería.
3. La presión estática menos la presión residual es igual a la pérdida por fricción total desde el origen hasta el punto de medición.
4. La presión residual, más la elevación del manómetro es igual a la altura del gradiente hidráulico.
5. La pérdida por fricción es independiente de la elevación.



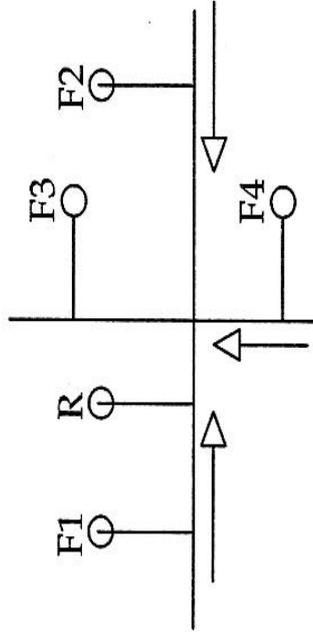
Un hidrante circula flujo



Uno o tres hidrantes circulan flujo



Uno o dos hidrantes circulan flujo



Uno o cuatro hidrantes circulan flujo

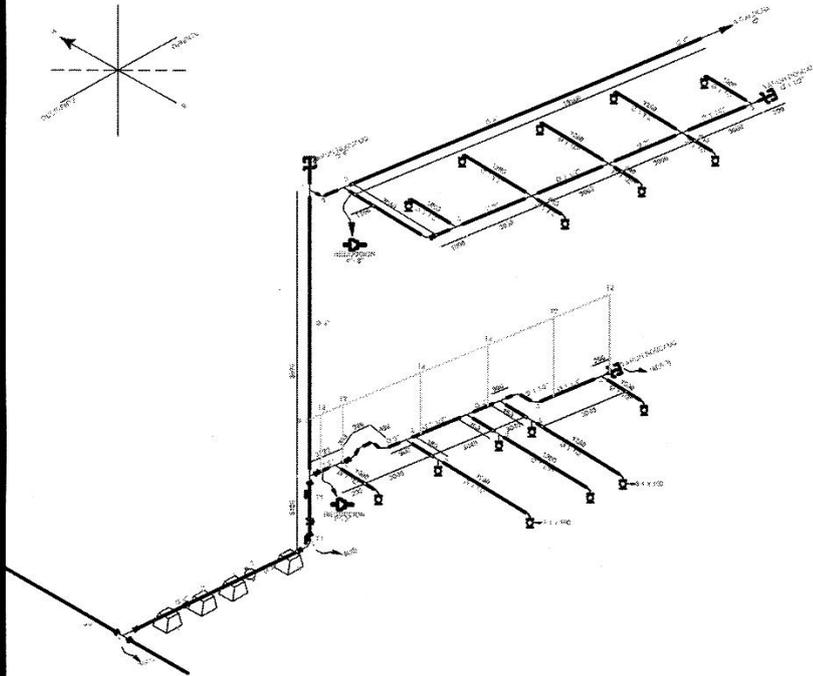
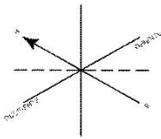
Nota: Flecha indica dirección de flujo

R= Hidrante residual

F= Hidrante que circula flujo

FIG. 9.2 - ESQUEMA DE PRUEBA SUGERIDA PARA HIDRANTES.

**ISOMETRIA AREA DE QUEMADORES  
PISOS 1 - PISOS 2  
CALDERA 3  
SC1**

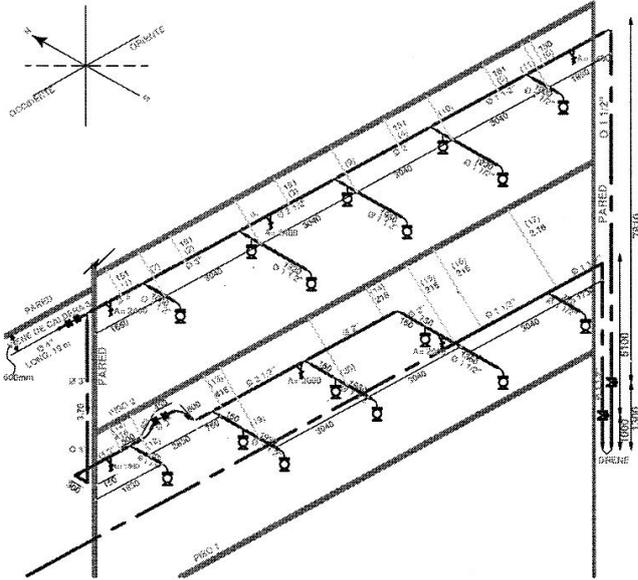


SIMBOLOGIA Y ACCESORIOS	
	TUBO 1/2"
	TUBO 3/4"
	TUBO 1"
	TUBO 1 1/2"
	TUBO 2"
	TUBO 2 1/2"
	TUBO 3"
	TEE 1/2"
	TEE 3/4" NEGRO ROSCABLE
	TEE 1" NEGRO ROSCABLE
	TEE 1 1/2" NEGRO ROSCABLE
	TEE 2" NEGRO ROSCABLE
	TEE 2 1/2" NEGRO ROSCABLE
	TEE 3" NEGRO ROSCABLE
	TEE CRUZ 1/2"
	TEE CRUZ 1"
	TEE CRUZ 1 1/2"
	TEE CRUZ 2"
	TEE CRUZ 2 1/2"
	TEE CRUZ 3"
	COBDO 1/2" x 90
	COBDO 3/4" x 90
	COBDO 1" x 90
	COBDO 1 1/2" x 90
	COBDO 2" x 90
	COBDO 2 1/2" x 90
	COBDO 3" x 90
	REDUCTOR 2" - 1 1/2" ROSCABLE
	REDUCTOR 1 1/2" - 1" ROSCABLE
	REDUCTOR 1" - 3/4" ROSCABLE
	REDUCTOR 3/4" - 1/2" ROSCABLE
	REDUCTOR 1 1/2" - 1" ROSCABLE
	REDUCTOR 1" - 3/4" ROSCABLE
	FLANJE 1 1/2" x 1 1/2"
	FLANJE 2" x 2"
	FLANJE 2 1/2" x 2 1/2"
	FLANJE 3" x 3"
	VALVULA CONTROL QUEMADORA
	QUEMADORES
	TAPON ROSCADO 1 1/2"
	SOPORTES
	BASE DE CONCRETO
	SOPORTE TIPO 1
	SOPORTE TIPO 2
	SOLDADURA
	ROSCADA

<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE	
		DIBUJO	25 / 07 /09	L. CORDERO
PROYECTO: <b>SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA</b>		REVISO	24 / 11 /09	ING. MANUEL HELGUERO
		APROBADO	05 / 12 /09	ING. MANUEL HELGUERO
		ESCALA:	PLANO Nº:	
CONTIENE: <b>ISOMETRIA AREA DE QUEMADORES PISOS 1 -2 CALDERA # 3 SCI</b>		<b>S/E</b>	<b>2</b>	



## ISOMETRIA AREA DE QUEMADORES CALDERA # 2 SCI - CTGZ



SIMBOLOGIA Y ACCESORIOS	
	TUBO NEGRO CEDULA 40 - Ø1/2"
	TUBO NEGRO CEDULA 40 - Ø3/4"
	TUBO NEGRO CEDULA 40 - Ø2 2 1/4"
	TUBO NEGRO CEDULA 40 - Ø2 1/2"
	TUBO NEGRO CEDULA 40 - Ø2 1/2"
	TUBO NEGRO CEDULA 40 - Ø2 1/2"
	TEE Ø3" NEGRO
	TEE Ø3" NEGRO ROSCABLE
	TEE Ø2 1/2" NEGRO ROSCABLE
	TEE Ø2" NEGRO ROSCABLE
	TEE Ø1 1/2" NEGRO ROSCABLE
	CODO NEGRO Ø3"
	CODO NEGRO Ø2" x 40
	CODO Ø1 1/2" NEGRO C/CELUA 40
	CODO NEGRO Ø3/4" x 40
	REDUCTOR NEGRO 4" - 3"
	REDUCTOR NEGRO 2" - 1 1/2" ROSCABLE
	REDUCTOR NEGRO 3" - 2 1/2" ROSCABLE
	REDUCTOR NEGRO 3" - 1 1/2" ROSCABLE
	REDUCTOR NEGRO 2 1/2" - 2" ROSCABLE
	REDUCTOR NEGRO 2" - 1 1/2" ROSCABLE
	BUSHING DE 1 1/2" - 3/4" NEGRO
	NEPLO NEGRO ROSCABLE DE 3/4" x 1/2"
	VALVULA CONTROL Ø 1 1/2" BRIDADA
	ROCIADORES
SOPORTES	
	TIPO COLGANTE
	TIPO PARED 1
	TIPO PARED 2
	SOLDADURA
	ROSCADA

### FIMCP - ESPOL

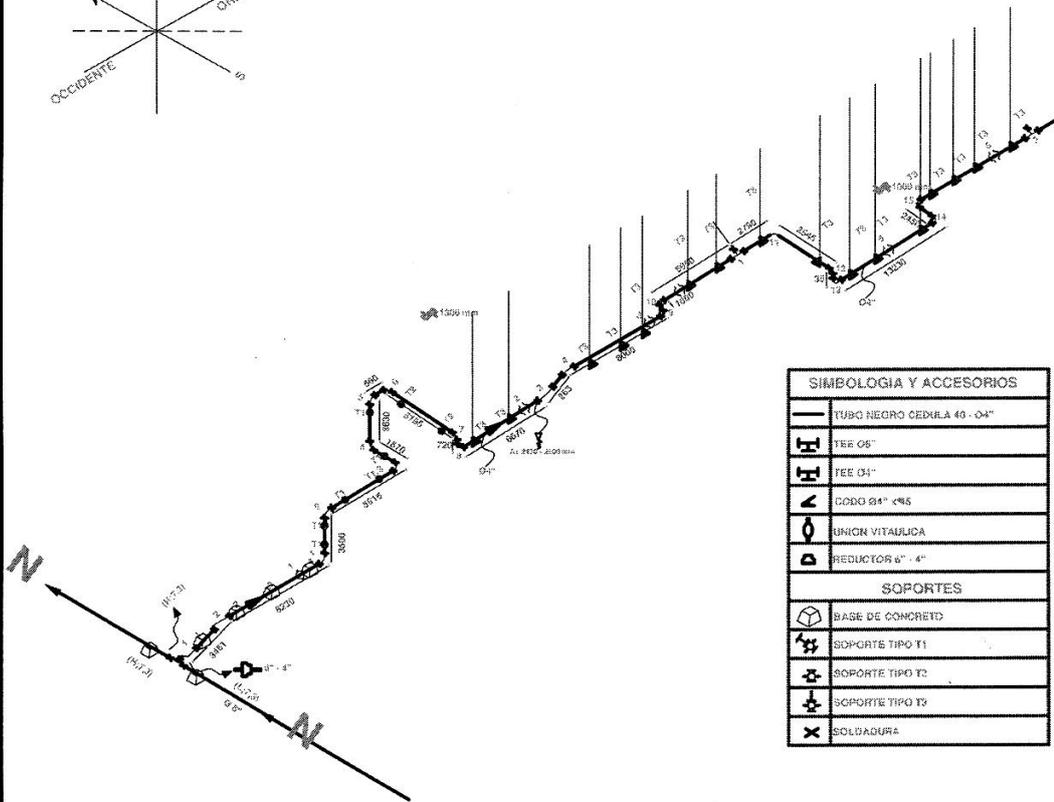
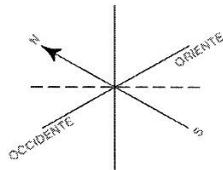
PROYECTO: **SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA**



CONTIENE:  
**ISOMETRIA AREA DE QUEMADORES  
CALDERA # 2 SCI**

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 / 07 / 09	L. CEDERO
REVISO	24 / 11 / 09	ING. MANUEL HEL GUERO
APROBADO	05 / 12 / 09	ING. MANUEL HEL GUERO
ESCALA:	PLANO Nº:	
<b>S/E</b>	<b>3</b>	

RESERVARIO DE ACEITES  
 LINEA PRINCIPAL  
 SC1 - CTGZ



SIMBOLOGIA Y ACCESORIOS	
	TUBO NEGRO CEDULA 40 - 04"
	TEE 06"
	TEE 03 1/2"
	CODO 04" x 90°
	UNION VITADILDA
	REDUCTOR 6" - 4"
SOPORTES	
	BASE DE CONCRETO
	SOPORTE TIPO T1
	SOPORTE TIPO T2
	SOPORTE TIPO T3
	SOLDADURA

**FIMCP - ESPOL**

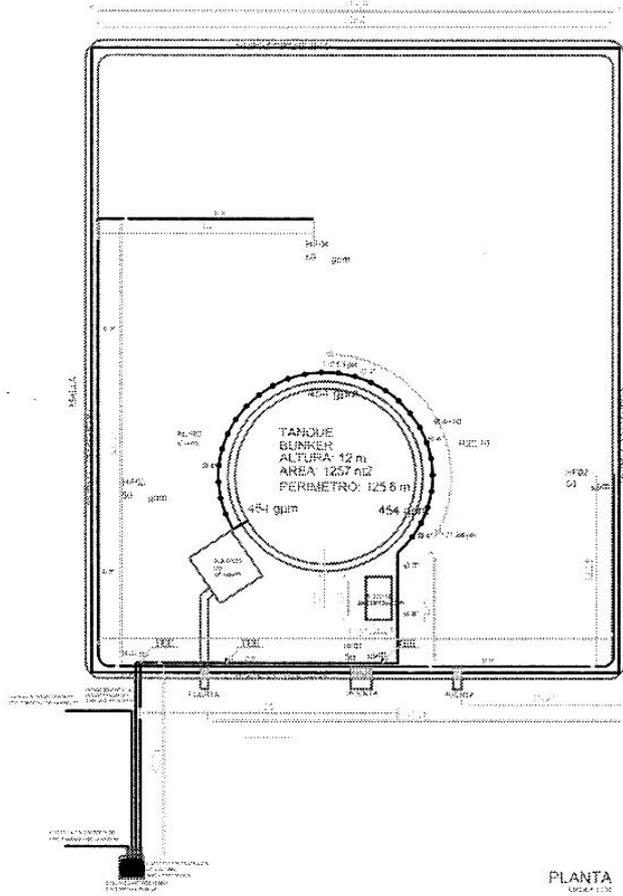
PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
 PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA



CONTIENE:  
 RESERVARIO DE ACEITES DE LAS TURBINAS  
 LINEA PRINCIPAL SCI

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 / 07 /09	L. CORDERO
REVISO	24 / 11 /09	ING. MANUEL HELGUERO
APROBADO	05 / 12 /09	ING. MANUEL HELGUERO
ESCALA:	PLANO N°:	
<b>S/E</b>	<b>4</b>	

# TANQUE BUNKER PLANTA



## FIMCP - ESPOL

PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA

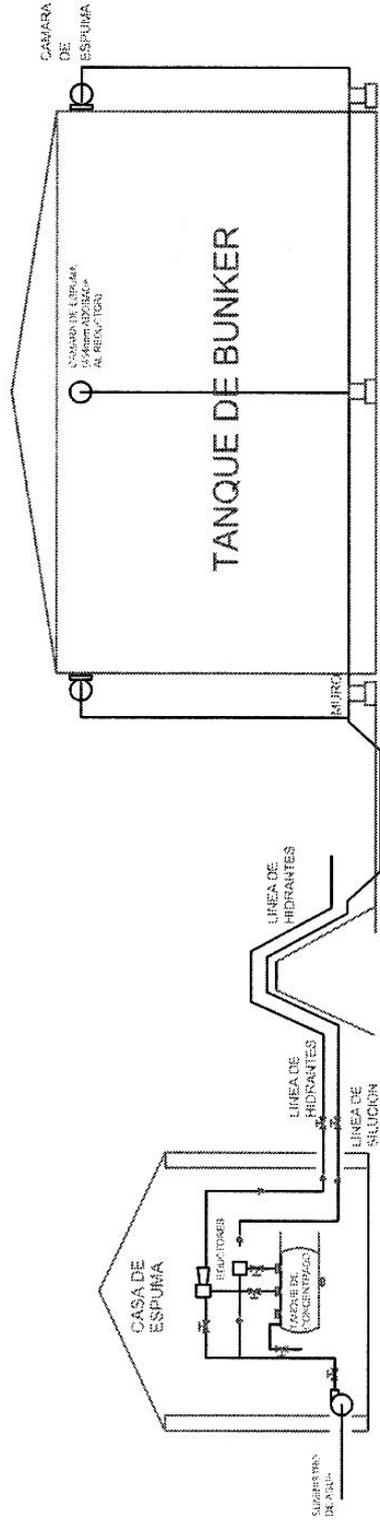


CONTIENE:  
PLANTA DE SISTEMA DE PREVENCIÓN  
DE ESPUMA DE TANQUES BUNKER  
VISTA EN SUPERIOR

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 / 07 / 09	L. GARDINO
REVISO	24 / 11 / 08	ING. MAHARIS BELLOQUEO
APROBADO	05 / 12 / 08	ING. MAHARIS BELLOQUEO
ESCALA:	PLANO Nº:	
S/E	5A	



# ESQUEMA GENERAL



## SIMBOLOGIA

	MONITOR
	TUBERIA PRINCIPAL DE ACERO SCH #40
	VALVULA DE CONTROL
	TOMA DE AGUA DE 1 1/2"

## FIMCP - ESPOL

PROYECTOR:  
SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA



CORTIERE:  
ESQUEMA GENERAL DE SISTEMA DE PREVENCIÓN  
DE ESPUMA DE TANQUES BUNKER  
VISTA EN SUPERIOR

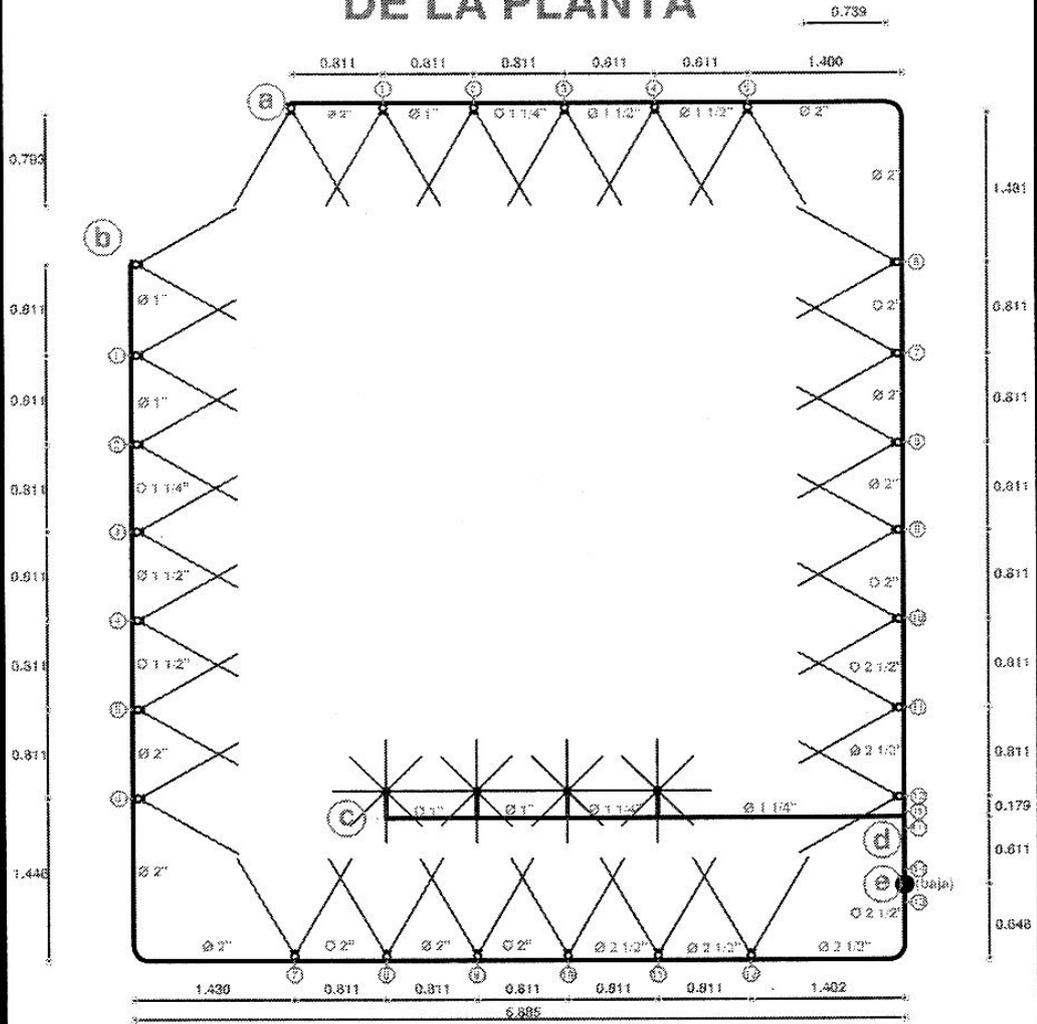
S/E

50

DIBUJO	FECHA	NOMBRE
	26 / 07 / 09	L. CUEVAS
REVISO	24 / 11 / 09	ING. ROBERTO HERNANDEZ
APROBADO	06 / 12 / 09	ING. RAFAEL HERNANDEZ

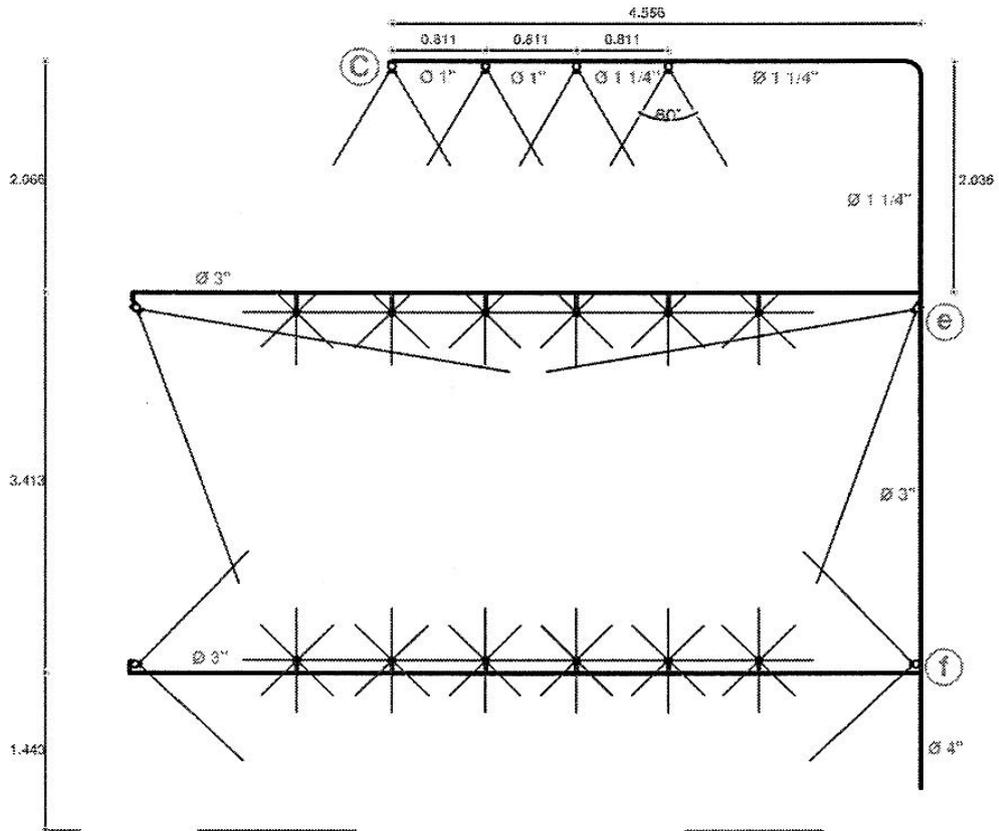
ESCALA:  
PLANO Nº:

# TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE LA PLANTA



<b>FIMCP - ESPOL</b>			FECHA	NOMBRE
PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA		DIBUJO	25 / 07 / 09	L. GARCIA
		REVISO	24 / 11 / 09	ING. MANUEL BELLOQUEZ
		APROBADO	05 / 12 / 09	ING. MANUEL BELLOQUEZ
	CONTIENE:	TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE LA PLANTA VISTA EN SUPERIOR		ESCALA:
		<b>S/E</b>	<b>6A</b>	PLANO Nº:

# TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE LA PLANTA



## FIMCP - ESPOL

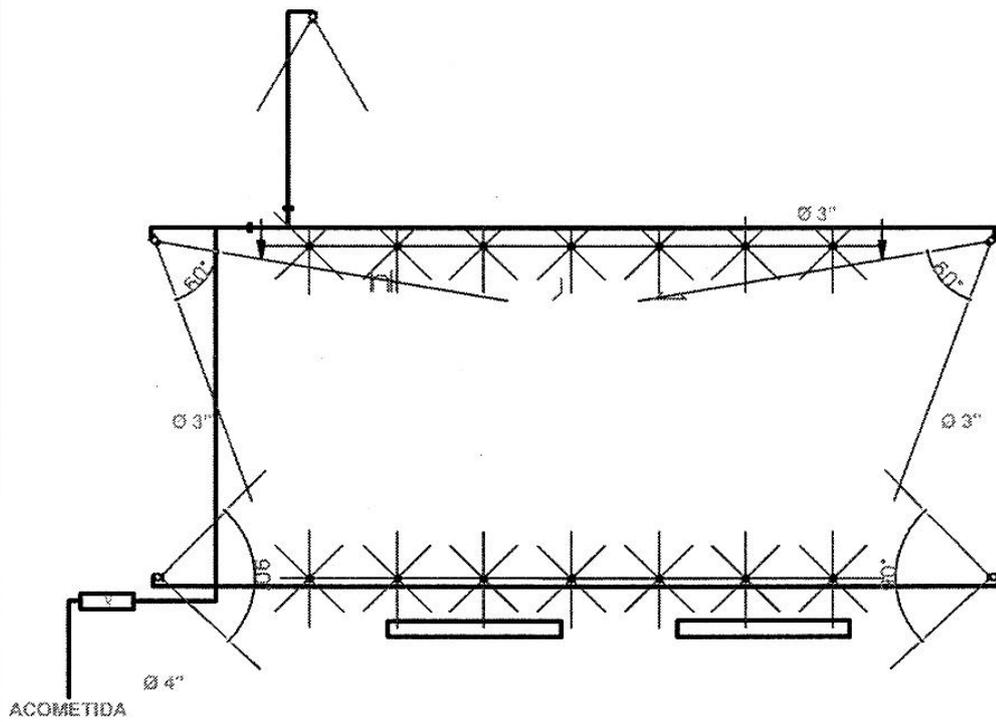
PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA



CONTIENE:  
TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE LA PLANTA

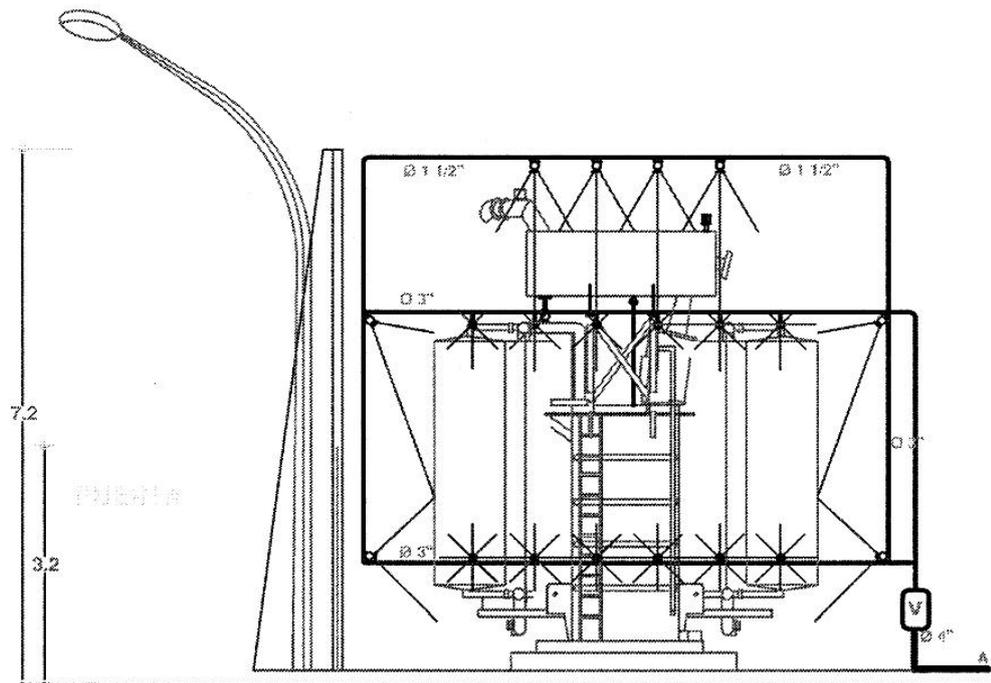
	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 : 07 : 08	L. DIBERIO
REVISO	24 : 11 : 09	ING. MANUEL BELTRACI
APROBADO	05 : 12 : 09	ING. MANUEL BELTRACI
ESCALA:	PLANO N°:	
S/E	6B	

# TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE LA PLANTA



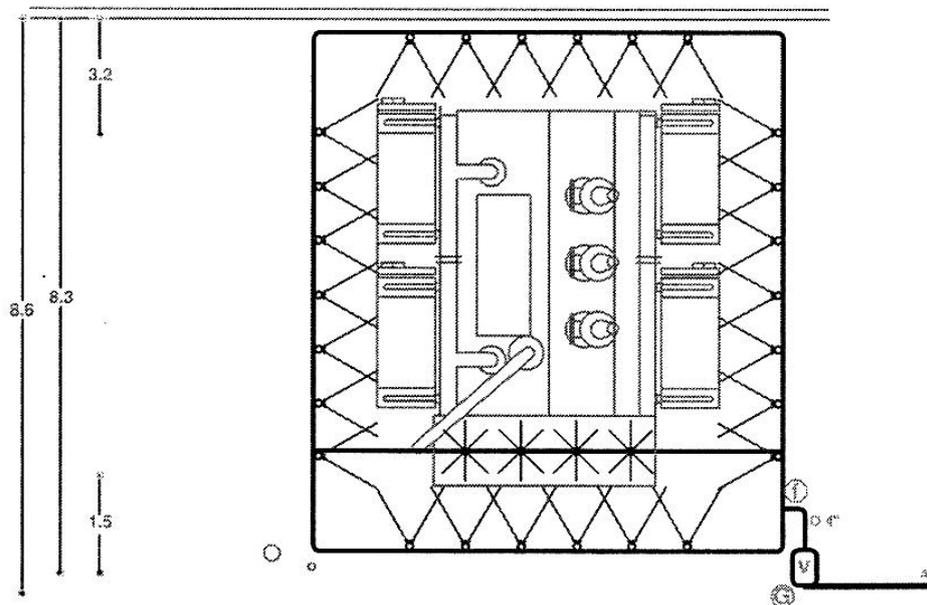
<b>FIMCP - ESPOL</b>			FECHA	NOMBRE
PROYECTO: <b>SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA</b>			25 / 07 / 99	L. CERRON
			24 / 11 / 00	HPE MARIEL HELGADO
			03 / 12 / 00	HPE MARIEL HELGADO
 CONTIENE: <b>TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE LA PLANTA</b>	ESCALA:		PLANO N°:	
	<b>S/E</b>		<b>6C</b>	

# TRANSFORMADOR PRINCIPAL UNIDAD 2



<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: <b>SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA</b>		DIBUJO	25 / 07 / 09     L. CENEIRO
		REVISO	24 / 11 / 09     JES. MANUEL HELLOING
		APROBADO	05 / 12 / 09     JES. MANUEL HELLOING
	CONTIENE:	ESCALA:	PLANO N°:
	<b>TRANSFORMADOR PRINCIPAL UNIDAD 2 VISTA LATERAL</b>	<b>S/E</b>	<b>7A</b>

# BANCOS DE TRANSFORMADORES



## FIMCP - ESPOL

PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA

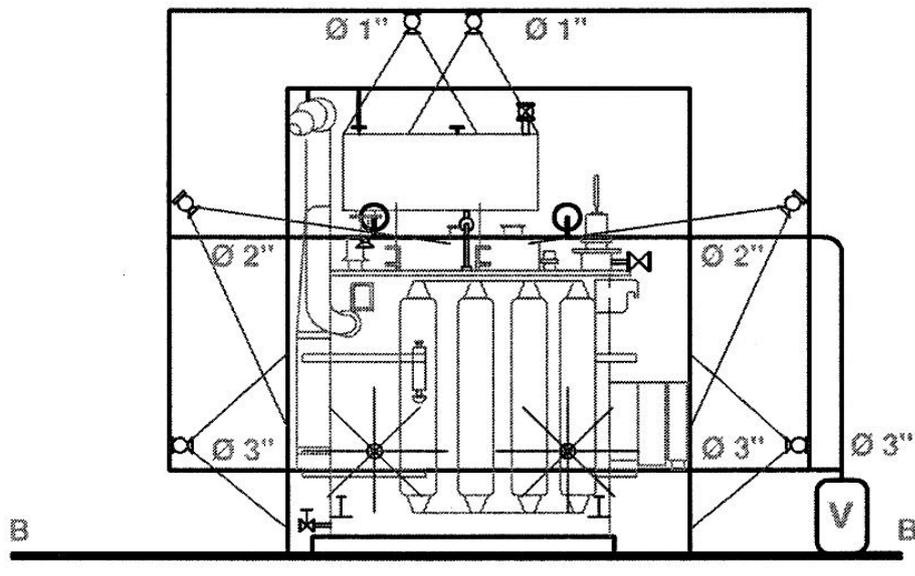


CONTIENE:

TRANSFORMADOR PRINCIPAL UNIDAD 2  
VISTA EN SUPERIOR

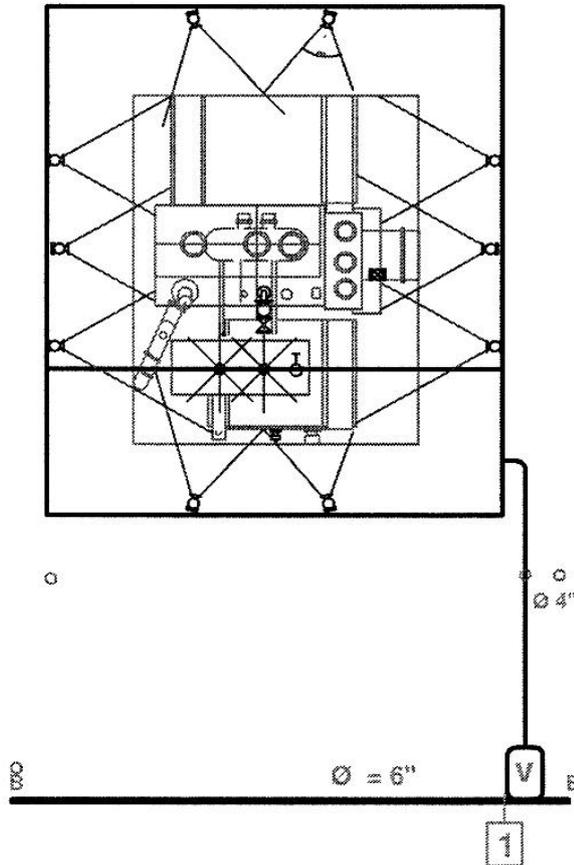
	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	28 / 07 / 08	L. CIDRERO
REVISO	24 / 11 / 08	DES MARQUEL HIGUERO
APROBADO	09 / 12 / 09	DES MARQUEL HIGUERO
ESCALA:	PLANO N°:	
S/E	7B	

# TRANSFORMADOR AUXILIAR DE PLANTA



<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA		DIBUJO	C. GERIBO
		REVISO	ING. MANUEL HILGADO
		APROBADO	ING. MANUEL HILGADO
	CONTIENE:	ESCALA:	PLANO N°:
	TRANSFORMADOR AUXILIAR DE PLANTA VISTA LATERAL	<b>S/E</b>	<b>8A</b>

# BANCOS DE TRANSFORMADORES



## FIMCP - ESPOL

PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA



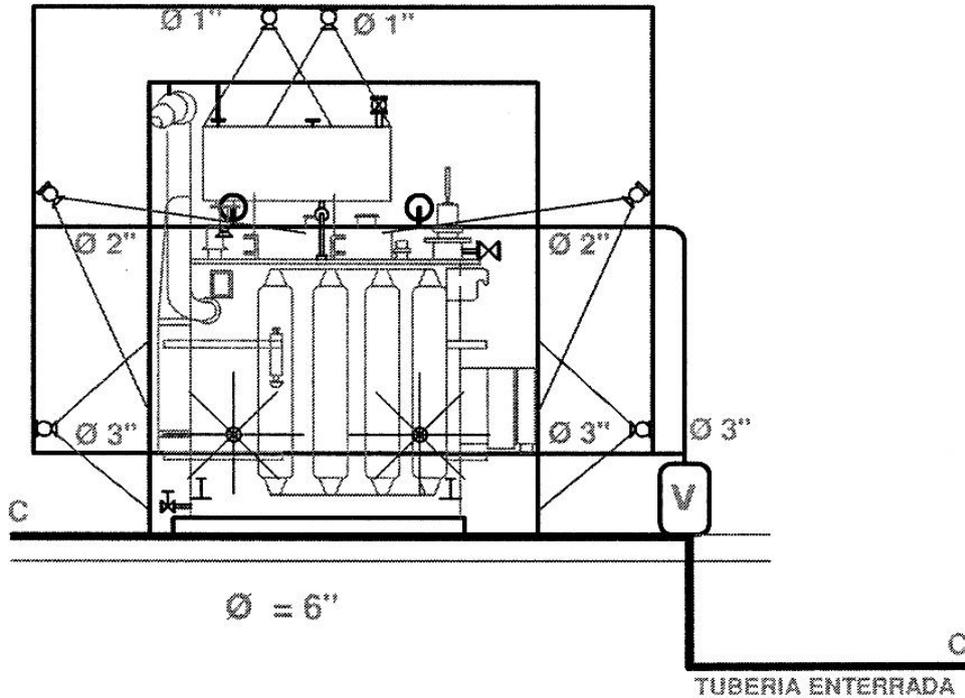
CONTIENE:

TRANSFORMADOR AUXILIAR DE PLANTA  
VISTA EN SUPERIOR

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 / 07 / 09	L. CHIRINO
REVISO	24 / 11 / 09	ING. DAVID SOLÍS
APROBADO	05 / 12 / 09	ING. DAVID SOLÍS

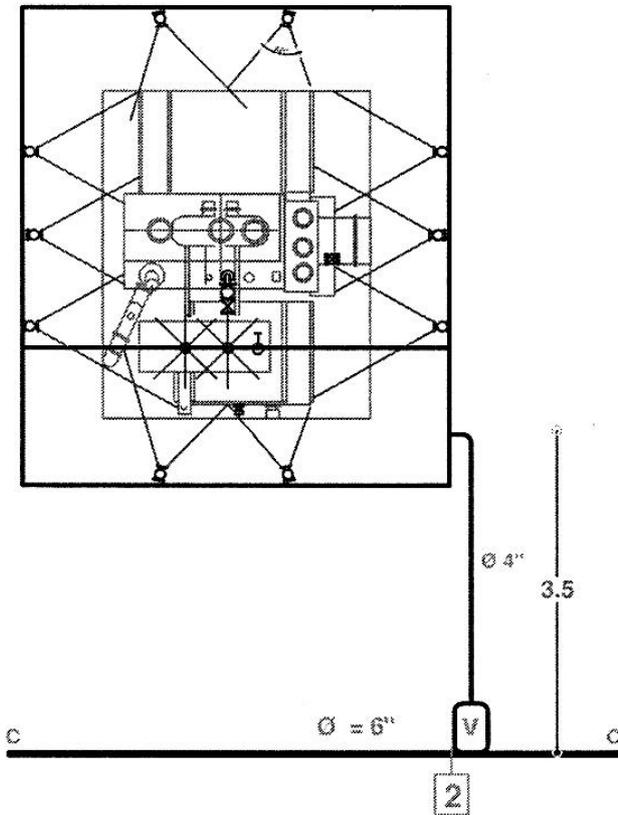
ESCALA:	PLANO N°:
S/E	8B

# TRANSFORMADOR AUXILIAR UNIDAD 2



<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: <b>SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA</b>		DIBUJO	23 / 07 / 08 A. OSORIO
		REVISO	24 / 11 / 08 ING. MANUEL BELGOSTO
		APROBADO	05 / 12 / 09 ING. MANUEL BELGOSTO
	CONTIENE:	ESCALA:	PLANO N°:
	<b>TRANSFORMADOR AUXILIAR UNIDAD 2 VISTA LATERAL</b>	<b>S/E</b>	<b>9A</b>

# BANCOS DE TRANSFORMADORES



**FIMCP - ESPOL**

PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA



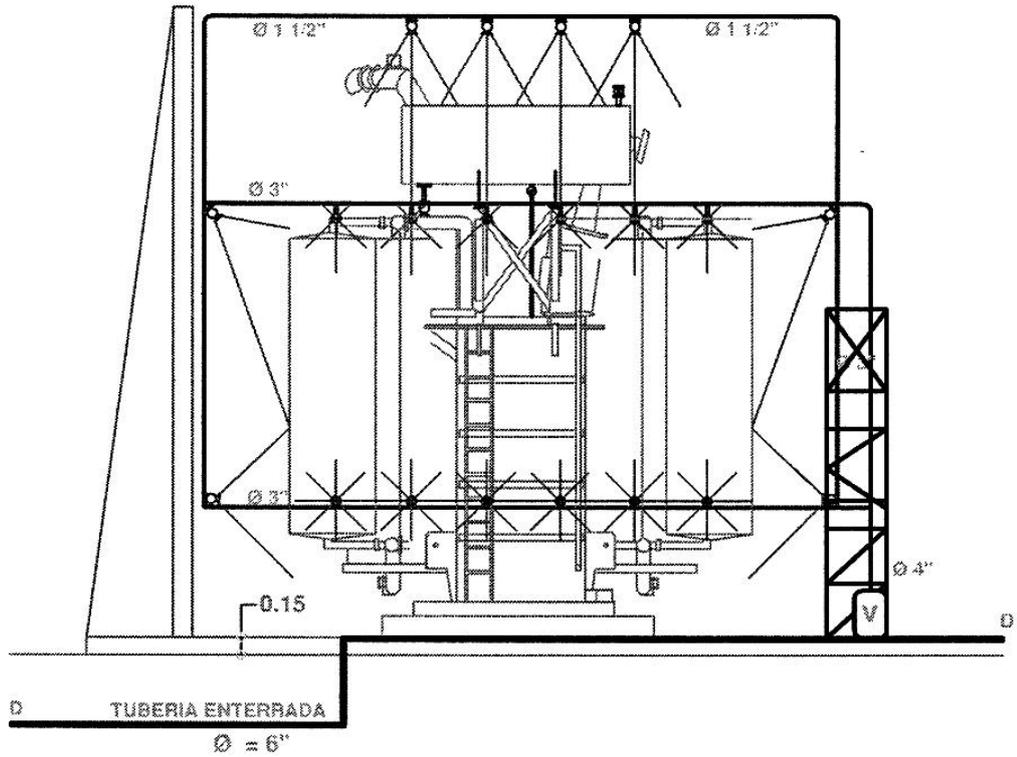
CONTIENE:

TRANSFORMADOR AUXILIAR UNIDAD 2  
VISTA EN SUPERIOR

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 / 07 / 89	L. CERRON
REVISO	24 / 11 / 89	ING. RAFAEL DELGADO
APROBADO	05 / 12 / 89	ING. RAFAEL DELGADO

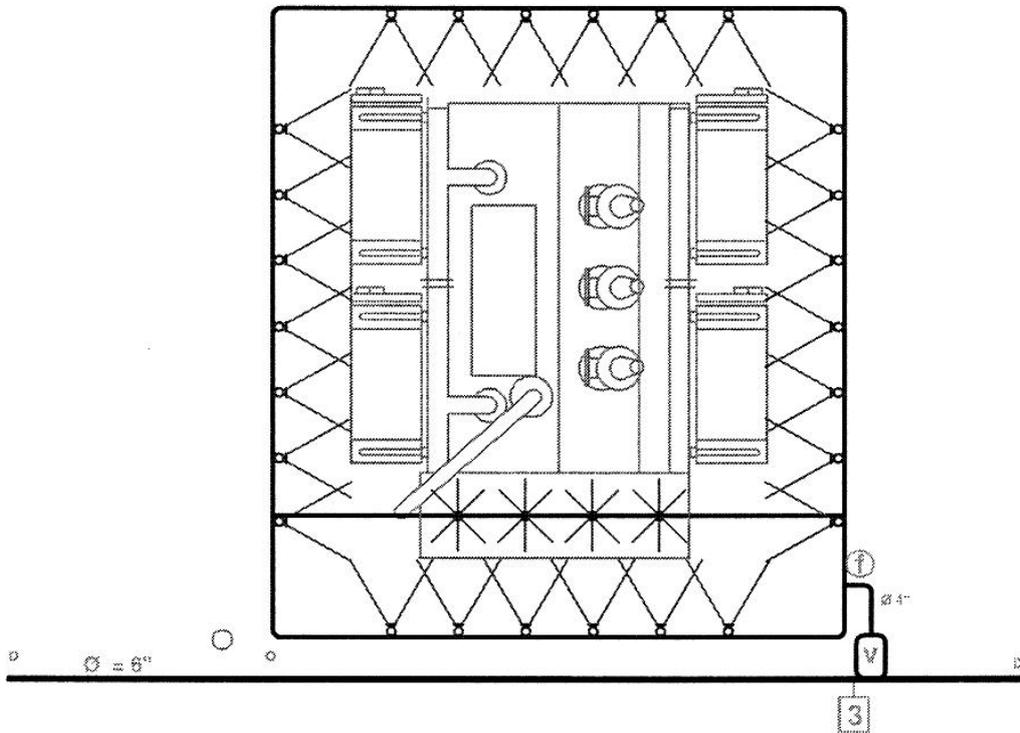
ESCALA:	PLANO N°:
S/E	9B

# TRANSFORMADOR PRINCIPAL UNIDAD 3



<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA		DIBUJO	L. CHIRRE
		REVISO	REF. MARQUEL DEL CORREDO
		APROBADO	REF. MARQUEL DEL CORREDO
	CONTIENE:	ESCALA:	PLANO N°:
	TRANSFORMADOR PRINCIPAL UNIDAD 3 VISTA LATERAL	<b>S/E</b>	<b>10A</b>

# BANCOS DE TRANSFORMADORES



## FIMCP - ESPOL

PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA



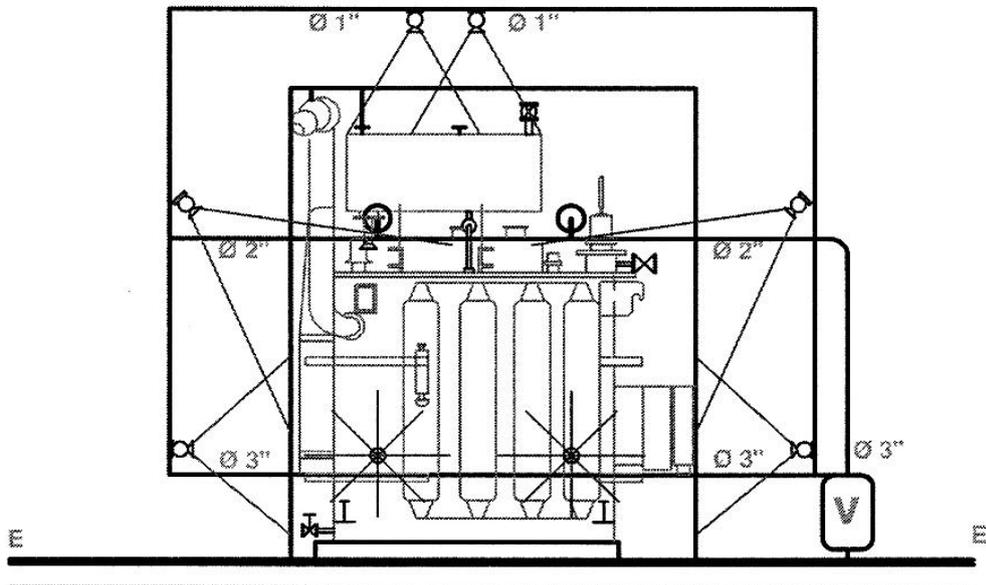
CONTIENE:

TRANSFORMADOR PRINCIPAL UNIDAD 3  
VISTA EN SUPERIOR

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 / 07 -09	L. CORDARO
REVISO	24 / 11 -09	ING. MARCELO HAZ GUARCO
APROBADO	05 / 12 -09	ING. MARCELO HAZ GUARCO

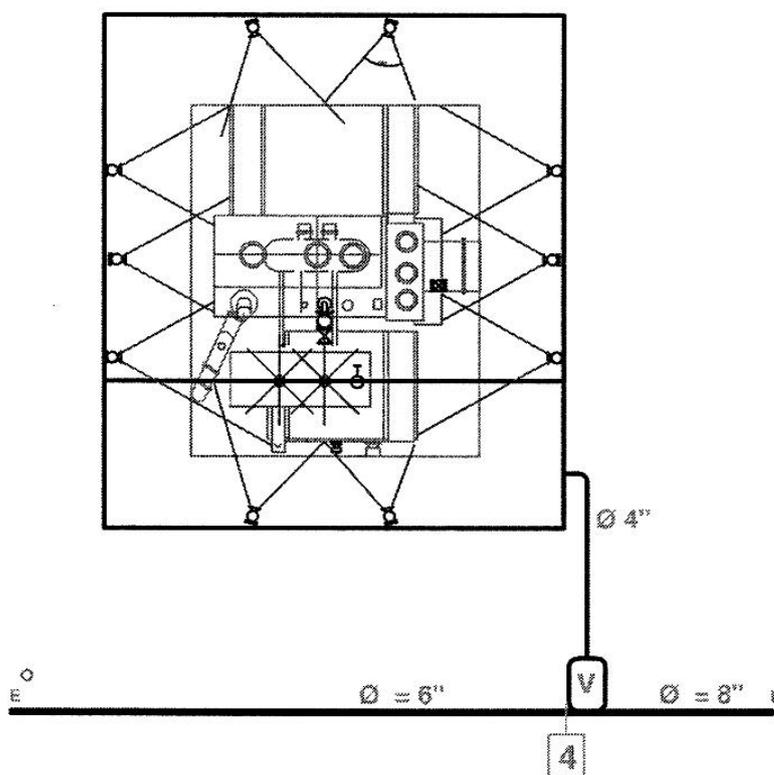
ESCALA:	PLANO N°:
<b>S/E</b>	<b>10B</b>

# TRANSFORMADOR AUXILIAR UNIDAD 3



<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: <b>SISTEMA CONTRA INCENDIOS PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA</b>		DIBUJO	L. OSORIO
		REVISO	EPO MANUEL HELGREN
		APROBADO	EPO MANUEL HELGREN
	CONTIENE:	ESCALA:	PLANO Nº:
	<b>TRANSFORMADOR AUXILIAR UNIDAD 3 VISTA LATERAL</b>	<b>S/E</b>	<b>11A</b>

# BANCOS DE TRANSFORMADORES



## FIMCP - ESPOL

PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIOS  
PLANTA DE GENERACION TERMICA ELECTRICA



CONTIENE:  
TRANSFORMADOR AUXILIAR UNIDAD 3  
VISTA EN SUPERIOR

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	25 / 07 / 09	L. CARRERO
REVISO	24 / 11 / 09	ING. MARCELA HILARIO
APROBADO	05 / 12 / 09	ING. MARCELA HILARIO

ESCALA:	PLANO N°:
S/E	11B

**PERMISO DE TRABAJO EN CALIENTE**

**LADO 1**

Fecha: .....

Edificio: .....

Departamento: .....Piso:.....

Trabajo ejecutado por.....

.....

Precauciones especiales:.....

.....

¿Requiere supervisión?

.....

La ubicación donde esté trabajo se va hacer, ha sido examinado, conoce precauciones necesarias a tomarse, y el permiso es otorgado (Ver Lado 2)

Permiso Expira \_\_\_\_\_

Firma\_\_\_\_\_

Permiso de autorización Individual (PAI)

Tiempo de arranque \_\_\_\_\_ terminado\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Chequeo Final

Áreas de trabajo y todas las áreas adyacentes a la cual chispas y calor pueden extenderse (incluyendo pisos arriba o abajo y el lado opuesto de la pared deben inspeccionarse 30 minutos después que el trabajo fue concluido

Firma\_\_\_\_\_

Permiso de autorización Individual (PAI)

**PERMISO DE TRABAJO EN CALIENTE  
LADO 2  
ATENCIÓN**

Antes de autorizar algún trabajo en caliente, el PAI debe inspeccionar el área de trabajo y confirmar que las prevenciones que se han tomado, para prevenir el fuego están de acuerdo con la NFPA 51B.

**PRECAUCIONES**

- Rociadores en servicio
- Equipo de trabajo en caliente bien reparado

**DENTRO DE LOS 35 PIES DE TRABAJO**

- Pisos barridos y limpios de combustibles
- Pisos de combustibles húmedos, cubiertos con capas de arena, metal u otras placas
- Todas las paredes y pisos abiertos, cubiertos
- Sus paredes cubiertos en la parte inferior del trabajo para coleccionar chispas.

**TRABAJOS SOBRES PAREDES O TECHOS**

- Construcciones no combustibles y cubiertas inflamables
- Mover combustibles alejánlos del lado opuesto de la pared

**TRABAJOS EN RECIPIENTES CERRADOS  
(TANQUES, CONTENEDORES, DUCTOS, DUCTOS COLECTORES, ETC.)**

- Limpiar los recipientes de todo combustible
- Purgar los recipientes de vapores inflamables

**SUPERVISAR FUEGO**

- Estar prevenidos durante y 30 minutos después de la operación
- Proveer extintores cargados y operables
- Entrenado en uso de los equipos y alarmas de incendio

**CHEQUEO FINAL**

- Realizar después de 30 minutos de terminado la operación, por lo menos el chequeo recomendado

Firma \_\_\_\_\_  
Permiso de autorización Individual (PAI)

**TABLA 18  
RESUMEN DE BOMBAS CONTRA INCENDIO**

Nominación de la bomba		Tamaños mínimos de tuberías (Nominal)						
Gpm	L/min.	Succión Pulgs. <sup>1, 2</sup>	Descarga Pulgs. <sup>1</sup>	Válvula de Alivio Pulgs.	Válvula de alivio Descarga (pulgs.)	Aparato Medidor Pulgs.	Número y tamaño de válvulas de mangueras Pulgs.	Cabezal de suministro a mangueras Pulgs.
25	95	1	1	¾	1	1 ¼	1.1 ½	1
50	189	1 ½	1 ¼	1 1/4	1 ½	2	1.1 ½	1 ½
100	379	2	2	1 ½	2	2 ½	1.2 ½	2 ½
159	568	2 ½	2 ½	2	2 ½	3	1.2 ½	2 ½
200	757	3	3	2	2 ½	3	1.2 ½	2 ½
250	946	3 ½	3	2	2 ½	3 ½	1.2 ½	3
300	1136	4	4	2 ½	3 ½	3 ½	1.2 ½	3
400	1514	4	4	3	5	4	2.2 ½	4
450	1703	5	5	3	5	4	2.2 ½	4
500	1892	5	5	3	5	5	2.2 ½	4
750	2839	6	6	4	6	5	3.2 ½	6
1000	3785	6	6	4	8	6	4.2 ½	6
1250	4731	8	8	6	8	6	6.2 ½	8
1500	5677	8	8	6	8	8	6.2 ½	8
2000	7570	10	10	6	10	8	6.2 ½	8
2500	9462	10	10	6	10	8	8.2 ½	10
3000	11355	12	12	8	12	8	12.2 ½	10
3500	13247	12	12	8	12	10	12.2 ½	12
4000	15140	14	12	8	14	10	16.2 ½	12
4500	17032	16	14	8	14	10	20.2 ½	12
5000	18925	16	14	8	14	10	20.2 ½	12

Nota. 1. El diámetro actual de la brida de la bomba se permite que sea diferente al diámetro de la tubería.

Nota. 2. Aplica únicamente a aquella sección de la tubería de succión especificada en el párrafo anterior.

N°	DESCRIPCION DE EQUIPOS	PROTECCION S.C.I.
1	TRANSFORMADOR PRINCIPAL	ROCIADORES
2	TRANSFORMADOR AUXILIAR	ROCIADORES
3	TRANSFORMADOR	ROCIADORES
4	CALDERA #3	ROCIADORES
5	CALDERA #2	ROCIADORES / EXTINTOR
6	TURBINA	ROCIADORES / EXTINTOR
7	TURBINA	ROCIADORES / EXTINTOR
8	CONDENSADOR	EXTINTORES
9	ENFRIADORES ACEITE	ROCIADORES
10	ACONDICIONADOR ACEITE	ROCIADORES
11	COMPRESORES AIRE	EXTINTORES
12	UNIDAD ALIMENTADORA DE QUIMICO	GABINETES / EXTINTORES
13	CALENTADOR DE ALTA PRESION	GABINETES / EXTINTORES
14	BOMBA DE AGUA DE ALIM. DE CALDERA	EXTINTORES
15	BOMBA DE AGUA DE ALIM. DE CALDERA	EXTINTORES
16	HEATER ( CALENTADORES )	GABINETES / EXTINTORES
17	HEATER ( CALENTADORES )	GABINETES / EXTINTORES
18	BOMBA DE AGUA DE ENFRIADOR CERRADO	EXTINTORES
19	BOMBA DE AGUA DE ENFRIADOR CERRADO	EXTINTORES
20	TANQUE CALENTADOR	GABINETES / EXTINTORES
21	BOMBAS DE TANQUE CALENTADOR	EXTINTORES
22	BOMBAS DE TANQUE CALENTADOR	EXTINTORES
23	BOMBA DE VACIO	EXTINTORES
24	INTERCAM. DE CALOR DE AGUA DE ENFRIAM.	
25	INTERCAM. DE CALOR DE AGUA DE ENFRIAM.	
26	TUBERIA DE SALIDA DE AGUA DE ENFRIAM.	
27	FILTRO	
28	MANIFLOD	GABINETES / EXTINTORES
29	VALVULA DE CIERRE	
30	PANEL DE CONTROL DE GAS	EXTINTORES
31	UN. DE SUMINISTRO DE ACEITE DE SELLO	GABINETES / EXTINTORES
32	ACONDICIONADOR DE ACEITE	ROCIADORES
33	ENFRIADORES DE ACEITE	ROCIADORES
34	BOMBAS DE CONDENSADO	EXTINTORES
35	BOMBAS DE CONDENSADO	EXTINTORES
36	COMPRESORES DE AIRE	EXTINTORES
37	COMPRESORES DE AIRE	EXTINTORES
38	COMPRESORES DE AIRE	EXTINTORES
39	COMPRESORES DE AIRE	EXTINTORES
40	RECIPIENTE DE AIRE	
41	RECIPIENTE DE AIRE	
42	RECIPIENTE DE AIRE	
43	RECIPIENTE DE AIRE	
44	SECADORES DE AIRE	
45	SECADORES DE AIRE	
46	CALENTADOR DE ACEITE	GABINETES / EXTINTORES
47	BOMB. DE TRANSFERENCIA DE CONDENSADO	EXTINTORES
48	BOMB. DE TRANSFERENCIA DE CONDENSADO	EXTINTORES
49	TANQUE DE ALMACENAMIENTO CONDENSADO	
50	UNIDAD DESMINEALIZADORA	
51	BOMBAS DE AGUA CIUDAD	EXTINTORES
52	BOMBAS DE AGUA CIUDAD	EXTINTORES
53	TANQ. DE ALMACENAMIENTO AGUA DE CIUDAD	
54	CHIMENEAS	
55	CHIMENEAS	
56	FILTRO	
A	ESCALEPAS	GABINETES / EXTINTORES

**TABLA 5**  
**UBICACION DE AREAS A PROTEGER Y SISTEMA DE PROTECCION**

**TABLA 31**

**LÍQUIDOS ESTABLES (presión de operación 2.5 psig ó menos)**

Tipo de Tanque	Protección	Mínima Distancia (pie)	Mínima Distancia (pie)
Techo flotante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos en peligros por medio de flujos de agua fría de depósitos de bombeo/brigada privada.</li> <li>- Protección de elementos en peligro</li> <li>- Ninguno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desde la línea de propiedad que es ó puede estar sobre, incluyendo el lado opuesto de esa vía pública o almacón.</li> <li>- ½ veces diámetro del tanque</li> <li>- Diámetro del Tanque, pero no exceder 175 pies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lado más cerca de alguna vía pública ó edificio importante sobre la misma propiedad y almacón.</li> <li>- 1/6 veces diámetro del tanque</li> <li>- 1/6 veces diámetro del tanque</li> </ul>
Tanque vertical con junta techo frágil – almacón	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espuma o NFPA 69 para tanques que no exceden 150 pie de diámetro</li> <li>- Protección de elementos en peligro</li> <li>- Ninguna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ½ veces diámetro del tanque</li> <li>- Diámetro del tanque</li> <li>- Dos veces al centro del tanque, pero no exceder 350 pies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1/6 veces diámetro del tanque</li> <li>- 1/3 veces diámetro del tanque</li> <li>- 1/3 veces diámetro del tanque</li> </ul>
Tanques horizontales y verticales con ventilación de emergencia de alivio y presión máxima 2.5 psig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de espuma o NFPA 69 (Norma de Prevención de explosiones)</li> <li>- Protección de elementos en peligro</li> <li>- Ninguna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ½ veces tabla 32</li> <li>- Tabla 32</li> <li>- Dos veces Tabla 32</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ½ veces tabla 32</li> <li>- Tabla 32</li> <li>- Tabla 32</li> </ul>

**TABLA 32**  
**TABLA PARA USO EN TABLAS 31; 33; Y 34**

<b>Capacidad de Tanque</b>	<b>Mínima distancia desde línea de propiedad que es ó puede estar sobre, incluyendo el lado opuesto de la vía pública</b>	<b>Mínima distancia desde el lado más cercano de la vía pública o de un edificio importante más cercano sobre la misma propiedad</b>
Galones	Pies	Pies
275 o menos	5	5
276 a 750	10	5
751 a 12000	15	5
12001 a 30000	20	5
30001 a 50000	30	10
50001 a 100000	50	15
100001 a 500000	80	25
500001 a 1'000000	100	35
1'000000 a 2'000000	135	45

**TABLA 34**  
**LÍQUIDOS CALIENTES**

<b>Tipo de Tanque</b>	<b>Protección</b>	<b>Mínima Distancia Pies</b>	<b>Mínima Distancia Pies</b>
<p style="text-align: center;">Techo flotante Ver TABLA 6.3.1.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Protección por medio de flujo de agua fría por el Dpto. de Bomberos o Institución privada del usuario</li> <li>2. Ninguna</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ½ veces diámetro del tanque</li> <li>2. Diámetro del tranque</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ½ veces diámetro del tanque</li> <li>2. 1/6 veces diámetro del tanque</li> </ol>
<p style="text-align: center;">Techo fijo</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prevención por espuma o NFPA 69</li> <li>2. Protección por medio de flujo de agua fría por el Dpto. de Bomberos o Institución privada del usuario.</li> <li>3. Ninguna</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diámetro del tranque.</li> <li>2. Diámetro del tranque.</li> <li>3. Cuatro veces diámetro del tanque pero que no exceda 350 pies</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1/3 veces diámetro del tanque.</li> <li>2. 2/3 veces diámetro del tanque</li> <li>3. 2/3 veces diámetro del tanque.</li> </ol>

**TABLA 35**  
**LOCALIZACIÓN E INSTALACIÓN DE TANQUES PARA LÍQUIDOS INESTABLES**

<b>Tipo de Tanque</b>	<b>Protección</b>	<b>Mínima Distancia Pies</b>	<b>Mínima Distancia Pies</b>
Tanques horizontales o verticales con ventilación de emergencia de alivio y presión $\leq 2.5$ psig	1. La protección puede ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulverización de agua</li> <li>- NFPA 69</li> <li>- Aislamiento</li> <li>- Refrigeración</li> <li>- Barricada</li> </ul> 2. Ninguna	1. TABLA 30. pero no mayor ni igual $2.5 \geq$ pies $2 \frac{1}{2}$ veces TABLA 30 pero no $\geq 50$ pies  2. 5 veces TABLA 30 pero $\geq 100$ pies	1. No $\leq 25$ pies No $\leq 50$ pies  2. No $\leq 50$ pies
Tanques horizontales o verticales con ventilación de emergencia de alivio y presión $> 2.5$ psig	1. Sistema de espuma o NFPA 69. 2. Protección de elementos en peligro 3. Ninguna	1. 2 veces TABLA 30. pero no $\geq a 50$ pies 2. 4 veces TABLA 30 pero no $\geq a 100$ pies 3. 8 veces TABLA 30 pero no $\geq a 150$ pies	1. No $\leq 50$ pies 2. No $\leq 100$ pies 3. No $\leq 150$ pies

**TABLA 36****UBICACIÓN DE TANQUES PARA LÍQUIDOS ESTABLES**

<b>Capacidad de Tanque</b>	<b>Mínima distancia desde línea de propiedad que es ó puede estar sobre, incluyendo el lado opuesto de la vía pública</b>	<b>Mínima distancia desde el lado más cercano de la vía pública o de un edificio importante más cercano sobre la misma propiedad</b>
Galones	Pies	Pies
12000 o menos	5	5
12001 a 30000	10	5
30001 a 50000	10	10
50001 a 100000	15	10
100001 a más	15	15

**TABLA 37****MÍNIMA DISTANCIA (ARMAZÓN – ARMAZÓN)**

<b>Diámetro de Tanque</b>	<b>Tanque techo flotante</b>	<b>Líquido Clase I ó Clase II</b>	<b>Líquido Clase III A</b>
Tanque ≤ 150 pies de diámetros	1/6 suma de diámetro de tanques adyacente pero ≥ a 3 pies	1/6 suma de diámetro de tanques adyacente pero ≥ a 3 pies	1/6 suma de diámetro de tanques adyacente pero ≥ a 3 pies
Tanques ≥ 150 pies de diámetro	1/6 de suma de diámetro adyacente	¼ de suma de diámetro de tanques adyacente	1/6 suma de diámetro de tanques adyacente
Tanques que cumplen para drenaje y corrosión	¼ de suma de diámetro de tanques adyacente	1/3 de suma de diámetro de tanques adyacente	¼ de suma de diámetro de tanques adyacente



**TABLA 42**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS**  
**DE TANQUE O RESERVORIO DE AGUA**

Id	Rubro	Duración	Comienzo	Fin	1er mes					2do mes					3er mes				4to mes																			
					01	07	14	21	28	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28																
A	<b>Tanque</b>	104 días	1	104																																		
1	Prueba de suelo	6 días	1	6																																		
2	Preparación de Armadura para pilote	11 días	7	17																																		
3	Barrenado y fundición de pilotes	20 días	18	7																																		
4	Preparación de hierro para loza	6 días	8	13																																		
5	Armado y fundición de loza	6 días	14	19																																		
B	<b>Preparación de tanque</b>	22 días	20	11																																		
6	Corte y rolado	17 días	20	6																																		
7	Samblasting	5 días	7	11																																		
C	<b>Montaje de tanque acabados</b>	27 días	12	8																																		
8	Transporte de material	5 días	12	16																																		
9	Armado	17 días	17	3																																		
10	Pintura y acabado	5 días	4	8																																		
D	<b>Pruebas</b>	6 días	9	14																																		

**TABLA 45**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS EXTERIORES Y ANEXOS**

Id	Rubro	Duración	Comienza	Fin	1er mes					2do mes				3er mes				4to mes					
					01	07	14	21	28	05	12	19	26	03	10	17	24	01	08	15	22	29	
	<b>Construcción Tuberías Exteriores</b>	113 días	1	113	[Barra azul que cubre todo el periodo]																		
A	<b>Adquisición De Material</b>	45 días	1	45	[Barra azul que cubre del día 1 al 45]																		
1	Orden De Compra	3 días	1	3	[Barra roja del día 1 al 3]																		
2	Permiso Importación	17 días	4	20	[Barra verde del día 4 al 20]																		
3	Transporte Importación	15 días	21	5	[Barra azul del día 21 al 5 del mes siguiente]																		
4	Desaduanización	6 días	6	11	[Barra amarilla del día 6 al 11]																		
5	Transporte A Sitio Y Almacenamiento	4 días	12	15	[Barra morada del día 12 al 15]																		
B	<b>Preparación De Montaje De Tubería</b>	25 días	16	10	[Barra azul del día 16 al 10 del mes siguiente]																		
6	Replanteo Elaboración de Planos	5 días	16	20	[Barra rosa del día 16 al 20]																		
7	Construcción De Soportes De Hormigón	16 días	21	6	[Barra naranja del día 21 al 6 del mes siguiente]																		
8	Preparación De Tuberías	4 días	7	10	[Barra verde del día 7 al 10]																		
C	<b>Montaje De Tubería</b>	43 días	11	43	[Barra azul del día 11 al 43]																		
9	Excavación	10 días	11	20	[Barra gris del día 11 al 20]																		
10	Instalación De Tubería 4" Y 6"	15 días	21	5	[Barra verde del día 21 al 5 del mes siguiente]																		
11	Instalación De Tuberías 8", 10", 12"	15 días	6	20	[Barra naranja del día 6 al 20]																		
D	<b>Pruebas</b>	3 Días	21	23	[Barra azul del día 21 al 23]																		

**TABLA 46**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS ROCIADORES ÁREA QUEMADORES CALDERAS 2 Y 3**

Id	Rubro	Duración	Comienzo	Fin	1er mes					2do. mes				3re. mes				4to. mes						
					01	07	14	21	28	05	12	19	26	03	10	17	24	01	08	15	22	29		
	Construcción De Sistema Automáticos Rociadores	61 días	1	61																				
E	Adquisición De Material	29 días	1	29																				
12	Orden De Compra	2 días	1	2																				
13	Permiso Importación	11 días	3	13																				
14	Transporte	10 días	14	23																				
15	Desaduanización	6 días	24	29																				
F	Preparación De Montaje Tubería	32 días	1	32																				
16	Replanteo Elaboración De Planos	4 días	29	3																				
17	Construcción de Soportes de Hormigón	1 día	4	4																				
18	Construcción De Soportaría Metálica	5 días	5	9																				
19	Preparación De Tuberías	3 días	10	12																				
20	Instalación De Soportaría Metálica	5 días	13	17																				
21	Instalación De Tuberías 3/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3"	5 días	18	22																				
22	Instalación De Tuberías De 4"	3 días	23	25																				
23	Pruebas	6 días	26	1																				



**TABLA 48**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**LÍNEA DE GABINETES A TURBINAS 1 Y 2**

Id	Rubro	Duración (días)	Comienzo (días)	Fin (días)	1er mes				2do. mes				3re. mes				4to. mes							
					07	14	21	28	05	12	19	26	03	10	17	24	01	08	15	22	29			
L	Construcción de línea a gabinetes turbinas 1 y 2	58	1	58	[Barra de actividad que cubre del día 1 al día 58]																			
51	Adquisición de materiales	29	1	29	[Barra de actividad que cubre del día 1 al día 29]																			
52	Orden de compra	1	1	1	[Barra de actividad que cubre el día 1]																			
53	Permiso de importación	12	2	13	[Barra de actividad que cubre del día 2 al día 13]																			
54	Transporte de importación	11	14	24					[Barra de actividad que cubre del día 14 al día 24]															
55	Desaduanización	4	25	28									[Barra de actividad que cubre del día 25 al día 28]											
56	Transporte a sitio y almacenamiento	1	29	29													[Barra de actividad que cubre el día 29]							
LL	Preparación de montaje de tuberías	29	30	28					[Barra de actividad que cubre del día 30 al día 28]															
57	Replanteo elaboración de planos (Ingeniera de detalle)	11	30	10					[Barra de actividad que cubre del día 30 al día 10]															
58	Construcción de soportes de metalicos	2	11	12									[Barra de actividad que cubre del día 11 al día 12]											
59	Instalación de soportes metalicos	2	13	14													[Barra de actividad que cubre del día 13 al día 14]							
60	Preparación de tuberías	3	15	17													[Barra de actividad que cubre del día 15 al día 17]							
61	Instalación de tuberías	4	18	21													[Barra de actividad que cubre del día 18 al día 21]							
62	Pruebas	6	22	27													[Barra de actividad que cubre del día 22 al día 27]							

**TABLA 49**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**LÍNEA DE ENFRIAMIENTO ACEITE TURBINAS 1 Y 2**

Id	Rubro	Duración (días)	Comienzo (días)	Fin días	1er mes				2do. mes				3re. mes				4to. mes									
					07	14	21	28	05	12	19	26	03	10	17	24	01	08	15	22	29					
M	Línea a enfriadores de aceite de turbinas 1 y 2.	51	1	51	[Barra verde que cubre toda la duración del proyecto]																					
62	Adquisición de materiales	29	1	29	[Barra amarilla]																					
63	Orden de compra	1	1	1	[Barra azul]																					
64	Permiso de importación	13	2	14	[Barra morada]																					
65	Transporte de importación	10	15	24					[Barra naranja]																	
66	Desaduanización	4	25	28					[Barra azul]																	
67	Transporte a sitio y almacenamiento	1	29	29					[Barra roja]																	
N	Preparación de montaje de tuberías	22	30	21					[Barra verde]																	
68	Replanteo elaboración de planos (Ingeniera de detalle)	4	30	3					[Barra naranja]																	
69	Construcción de soportes de hormigón	1	4	4					[Barra azul]																	
70	Construcción de soportería metálica	2	5	6					[Barra rosa]																	
71	Instalación de soporte ría metálica	1	7	7					[Barra verde]																	
72	Preparación de tuberías	3	8	10					[Barra azul]																	
73	Instalación de tuberías	5	11	15					[Barra naranja]																	
74	Pruebas	6	16	21					[Barra verde]																	

**TABLA 50**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA**  
**INSTALACIÓN DE LÍNEAS GABINETES TALLERES Y OFICINAS**

Id	Rubro	Duración (días)	Comienzo (días)	Fin (días)	1º Mes				2º Mes				3º Mes				4º Mes						
					07	14	21	28	05	12	19	26	03	10	17	24	01	08	15	22	29		
O	Líneas a gabinetes talleres y oficinas	56	1	56	[Barra de Gantt: 1 día a 56 días]																		
75	Adquisición de materiales	29	1	29	[Barra de Gantt: 1 día a 29 días]																		
76	Orden de compra	1	1	1	[Barra de Gantt: 1 día a 1 día]																		
77	Permiso de importación	13	2	14	[Barra de Gantt: 2 días a 14 días]																		
78	Transporte de importación	10	15	24	[Barra de Gantt: 15 días a 24 días]																		
79	Desaduanización	4	25	28	[Barra de Gantt: 25 días a 28 días]																		
80	Transporte a sitio y almacenamiento	1	29	29	[Barra de Gantt: 29 días a 29 días]																		
P	Preparación de montaje de tuberías	27	30	26	[Barra de Gantt: 30 días a 26 días]																		
81	Replanteo elaboración de planos (Ingeniera de detalle)	7	30	6	[Barra de Gantt: 30 días a 6 días]																		
82	Construcción de soportes de hormigón	3	7	9	[Barra de Gantt: 7 días a 9 días]																		
83	Construcción de soportería metálica	2	10	11	[Barra de Gantt: 10 días a 11 días]																		
84	Instalación de soporte ría metálica	1	12	12	[Barra de Gantt: 12 días a 12 días]																		
85	Preparación de tuberías	3	13	15	[Barra de Gantt: 13 días a 15 días]																		
86	Instalación de tuberías	5	16	20	[Barra de Gantt: 16 días a 20 días]																		
87	Pruebas	6	21	26	[Barra de Gantt: 21 días a 26 días]																		

**TABLA 51**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO CENTRAL TÉRMICA - INSTALACIÓN DE ALARMAS S.C.I.**

d	Rubro	Duración (días)	Comienzo (días)	Fin (días)	1º Mes				2º Mes				3º Mes				4º Mes						
					07	14	21	28	05	12	19	26	03	10	17	24	01	08	15	22	29		
Q	Alarmas	48	1	48	[Barra naranja que cubre los días 07 al 26]																		
88	Adquisición de materiales	29	1	29	[Barra azul que cubre los días 07 al 26]																		
89	Orden de compra	1	1	1	[Barra roja vertical en día 07]																		
90	Permiso de importación	12	2	13	[Barra verde que cubre los días 07 al 13]																		
91	Transporte de importación	10	14	23	[Barra amarilla que cubre los días 14 al 23]																		
92	Desaduanización	5	24	28	[Barra rosa que cubre los días 24 al 28]																		
93	Transporte a sitio y almacenamiento	1	29	29	[Barra verde vertical en día 29]																		
R	Preparación de montaje de tuberías y líneas	19	30	18	[Barra naranja que cubre los días 05 al 23]																		
94	Replanteo elaboración de planos (Ingeniera de detalle)	4	30	3	[Barra azul oscuro que cubre los días 05 al 08]																		
95	Construcción de controles eléctricos	3	4	6	[Barra roja que cubre los días 05 al 07]																		
96	Construcción de soportería metálica	2	7	8	[Barra verde que cubre los días 08 al 09]																		
97	Instalación de soporte ría metálica	1	9	9	[Barra azul que cubre los días 09 al 10]																		
98	Preparación de líneas	3	10	12	[Barra púrpura que cubre los días 10 al 12]																		
99	Instalación de líneas	3	13	15	[Barra amarilla que cubre los días 13 al 15]																		
100	Pruebas	3	16	18	[Barra naranja que cubre los días 16 al 18]																		

**TABLA 64**  
**SUMARIO DE INSPECCIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS DE INCENDIO**

Componentes	Inspección /Visual	Chequeo	Cambio	Limpieza	Prueba	Frecuencia
<b>Bomba</b>						
Lubricación de cojinetes de la bomba			X			Anualmente
Chequeo del eje y fuego axial		X				Anualmente
Chequeo de exactitud de manómetros de presión y sensores		X	X			Anualmente cambiar o re calibrar en caso del 5% de re calibración
Chequeo desalineamiento de acople de la bomba		X		X		Anualmente
Malla del pozo húmedo de succión		X				Después de cada operación de la bomba
<b>Transmisión mecánica</b>						
1. Lubricar acoples			X			Anualmente
2. Lubricar engranajes recto-conductor			X			Anualmente
<b>Sistema eléctrico</b>						
1. Uso del switch de aislamiento y breaker del circuito					X	Mensualmente
2. Breaker del circuito					X	Anualmente
3. operación de arranque manual (eléctrico)					X	Semestralmente

4. Inspección y operación por medio de arranque manual de emergencia (Sin fuerza)	X				X	Anualmente
5. Apretar conexiones eléctricas que las necesitan		X				Anualmente
6. Lubricar partes mecánicas móviles (excluyendo arrancadores y relay)		X				Anualmente
7. Calibrar presión del conjunto de switches		X	X			Anualmente
8. Engrasar rodamiento del motor						Anualmente
<b>D. Sistema Motor diesel</b>						
<b>1. Combustible Diesel</b>						
a. Nivel del tanque	X	X			X	Semanalmente
b. Switch del flotador del tanque	X				X	Semanalmente
c. Operación de válvula solenoide	X					Semanalmente
d. Colador, filtro y basuras			X			Trimestralmente
e. Agua y materias extrañas en tanques			X			Anualmente
f. Sistemas de agua		X	X			Semanalmente
g. Mangueras flexibles y conectores	X					Semanalmente
h. Ventilación del tanque y tubería de rebose obstruida		X			X	Anualmente
i. Tuberías	X					Anualmente
<b>2. Sistema de lubricación</b>						
a. Nivel de aceite	X	X				Semanalmente
b. Cambio de aceite			X			50 horas/ anualmente
c. Filtro de aceite			X			50 horas/ Anualmente
d. Calentador de aceite lubricante		X				Semanalmente
e. Respiradero del cigüeñal	X		X	X		Trimestralmente
<b>3. Sistema de enfriamiento</b>						
a. Nivel	X	X				Semanalmente
b. Nivel anticongelante					X	Semestralmente
c. Anticongelante			X			Anualmente

d. Agua de enfriamiento adecuada para intercambiador de calor		X				Semanalmente
e. Varilla de intercambiador de calor				X		Anualmente
f. Bomba de agua (s)	X					Semanalmente
g. Condición de manguera flexible y conexiones	X	X				Semanalmente
h. Chaqueta de agua caliente		X				Semanalmente
i. Inspección del ducto de trabajo, limpieza de ventoleras (aire de combustión)	X	X	X			Anualmente
j. Filtro colador (agua)				X		Trimestralmente
<b>4. Sistemas de Escape</b>						
a. Fugas	X	X				Semanalmente
b. Drenaje de trampas de condensado		X				Semanalmente
c. Aislamiento y riesgo de incendio	X					Trimestralmente
d. Presión de retorno excesiva					X	Anualmente
e. Colgantes y soportes de sistemas de escape	X					Anualmente
f. Sección flexible del escape	X					Semestralmente
<b>5. Baterías</b>						
a. Nivel electrolítico		X				Semestralmente
b. Limpieza de terminales y apretar	X	X				Trimestralmente
c. Remoción de corrosión, limpieza y secada de caja exterior	X		X			Mensualmente
d. Gravedad específico o cambio de estado					X	Mensualmente
e. Cargador y razón de carga	X					Mensualmente
f. Ecuilibrador de carga		X				Mensualmente
<b>6. Sistema Eléctrico</b>						
a. Inspección General	X					Semanalmente
b. Apretar control y conexiones de cables de fuerza		X				Anualmente
c. Desgaste de cables sujetos a movimiento	X	X			X	Semestralmente
d. Operación de seguridad y alarmas		X				Trimestralmente
e. Cajas parrillas y gabinetes				X		Semestralmente
f. Circuitos de breakeres y fusibles	X	X				Mensualmente

g. Circuitos de breakers y fusibles			X			Cada 2 años
-------------------------------------	--	--	---	--	--	-------------

## **APÉNDICE A**

### **CÁLCULOS DE INGENIERÍA DE UN PROYECTO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO DE UNA CENTRAL TÉRMICA.**

En este apartado se trata de recopilar todos los cálculos, de los diferentes parámetros que intervienen en el flujo de agua usada como medio de extinción de cualquier riesgo de incendio, en los proyectos de “Sistemas Contra Incendio Privados y Públicos”.

Por tratarse de valores que se relacionan unos con otros, se lo trata en este apéndice a fin de facilitar su análisis y comprensión.

## **Selección de Bomba para Instalación Hidráulica**

### **Sistema Contra Incendio de Electroguayas**

**Ing. Gonzalo Cevallos**

Para proceder a elegir una bomba que garantice la capacidad de suministro de agua para el sistema contra incendio instalado en la central térmica (Ing. Gonzalo Cevallos), se va a hacerlo en base a criterios de las normas NFPA y de ingeniería como:

- Cantidad de hidrantes
- Número de bocas tomas fijas
- Tamaño del circuito y subdivisión del sistema a fin de cubrir todas las áreas de riesgos.
- Altura de los puntos más lejanos

Considerar 2(dos) circuitos, en los que se procederá a calcular pérdidas primarias y secundarias, así como presiones y todos los parámetros que garanticen un sistema eficiente de control de riesgo de incendio.

Si el caudal recomendado por hidrante es de 500gpm.

Para el caso de los gabinetes o tomas fijos de  $\text{Ø}2 \frac{1}{2}$ ", se aplica 500gpm para el primero y 250gpm (a partir del segundo gabinete).

Para el caso de los gabinetes o tomas de  $\text{Ø}1 \frac{1}{2}$ ", se recomienda 100gpm para cada uno.

#### **Circuito I**

En este existen 4 hidrantes de 2 bocas de 2 ½", que necesitan:

$$\text{Caudal: } 4 \times 500 = 2000 \text{ gpm}$$

Además al tener 2 tomas fijas de 2 ½", cuya necesidad de operaciones es:

$$\text{Caudal: } 500 \text{ gpm} + 250 \text{ gpm} = 750 \text{ gpm}$$

Si existen 7 tomas de 1 ½", se necesitara de acuerdo a lo recomendado un:

$$\text{Caudal: } 7 \times 100 \text{ gpm} = 700 \text{ gpm}$$

### **Circuito II**

En este circuito operan:

2 hidrantes de 2 bocas de 2 ½", que necesitan:

$$\text{Caudal: } 500 \text{ gpm} \times 2 = 1000 \text{ gpm}$$

5 tomas fijas de 2 ½" cuya necesidad de flujo es:

$$\text{Caudal: } 500 \text{ gpm} + 4(250 \text{ gpm}) = 1500 \text{ gpm}$$

Promediando el caudal para los 2 circuitos, se necesita aproximadamente 3000gpm, con la salvedad que algún riesgo de presentarse será independiente en cada circuito. Además existe otra recomendación para edificios contiguos de 2500gpm como mínimo (manual de la NFPA).

Respecto a la presión se dice aplicar el rango necesario para trabajo de las tomas fijas y sus mangueras, altura del punto más alto del edificio y que está

entre  $65 \frac{\text{lbs}}{\text{pulgs}^2}$  a  $160 \frac{\text{lbs}}{\text{pulgs}^2}$ . Por lo tanto se elegirá una bomba que cumpla

con ese rango de presión y mucho más, un 150% de capacidad.

La potencia necesaria al 100% de sus necesidades y eficiencia del 75% es:

$$HP = \frac{5.83QP}{10000E} = \frac{5.83 \times 3000 \times 160}{10000 \times 0.75} = 373$$

Con los datos técnicos de:

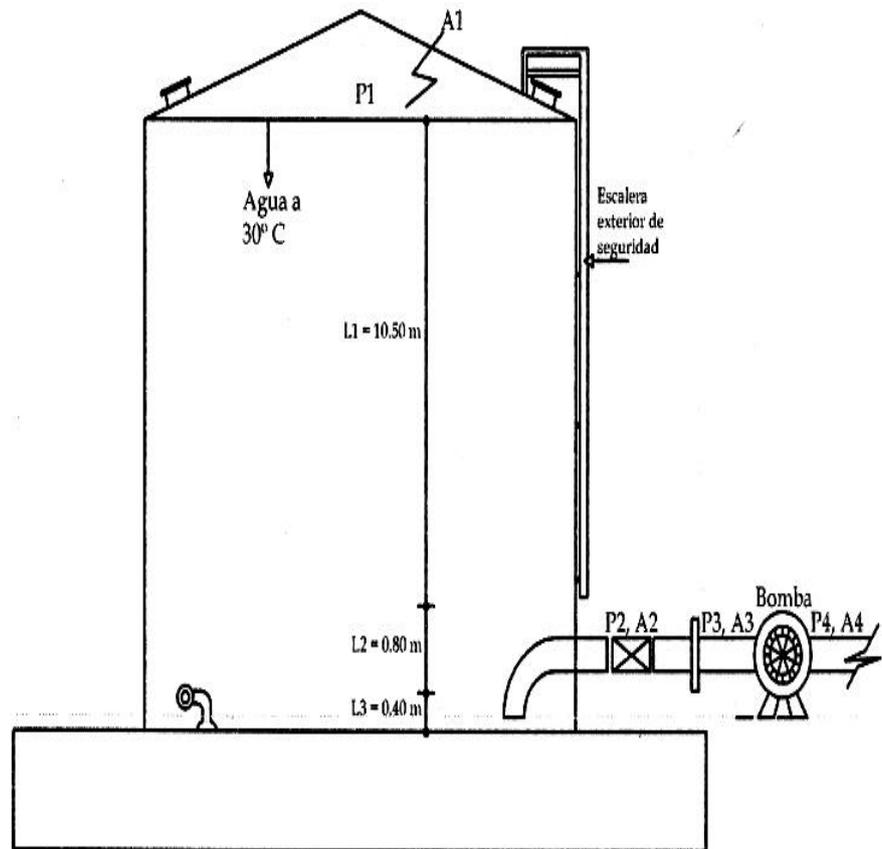
$$Q = 3000 \text{ gpm}$$

$$P = 160 \text{ psi}$$

$$HP = 373$$

Se procedió a seleccionar y recomendar importar según curvas normalizadas de la ITT Industrias, una bomba para sistema contra incendio 12x821F, con rango de presión de 123-199 aprobada por la UL & FM, al 100%. (ver curva Fig. 3.8).

## CÁLCULOS HIDRAULICOS PRIMARIOS



TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA S.C.I CENTRAL ELÉCTRICA 1400 M<sup>3</sup>

### DATOS TÉCNICOS:

$A1 \gg A2$

$A2 = 12'' = 1'$

$$A3 = 12'' = 1'$$

$$A4 = 8'' = 0.667'$$

$$Z1 = 10.50\text{mts.} = 34.44'$$

$$Z2 = 0$$

$$\gamma = 62.16 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^3}$$

$$\gamma = \rho g$$

$$\rho_s = 0.6216 \frac{\text{lbs}}{\text{pulgs.}^2}$$

$$\mu = 0.80$$

$$\rho = 1.938 \frac{\text{lbs-sg}^2}{\text{pies}^4}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$\varepsilon = 0.003-0.03$$

$$g = 32.2 \text{ pies/sg}^2$$

$$d = \text{pulg.}$$

$$D = \text{pies}$$

$$V_1 = 0$$

$$V_3 = V_2$$

$$A_2 = A_3$$

$$K_{2-3} = 2.87$$

$$30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\text{NPSH} = P_a + l_1 - (V_p + h_f)$$

$$\text{NPSH} = P_1 + l_1 - (V_P + H_F)$$

$$\text{NPSH} = 34.44 - 2.87 + 34.00 - 1.44 = 64.13'$$

$$\text{NPSH} = 19.55 \text{mts.}$$

Aplicando Bernoulli por tramos:

**De 1 a 2**

$$gZ_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = gZ_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2}$$

$$p_2 = \rho g (Z_1 - Z_2) + \frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} - \frac{V_2^2}{2}$$

$$p_2 = \rho g (Z_1 - Z_2) + p_1 - \rho \frac{V_2^2}{2}$$

$$p_2 = \gamma (34.44 - 0) + p_1 - \gamma \frac{v_2^2}{2g}$$

$$p_2 = 62.16 \times 34.44 + p_1 - \frac{62.16}{2 \times 32.2} V_2^2$$

$$p_2 = 2140.80 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} + p_1 - 0.965 V_2^2$$

$$p_2 = 2140.80 + 2116.80 - 0.965 V_2^2$$

$$p_2 = 4257.60 - 0.965 V_2^2$$

**De 1 a 3**

$$gZ_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = gZ_2 + \frac{p_3}{\rho} + \frac{V_3^2}{2} + gh_f$$

$$\frac{p_1}{\rho} + g(Z_1 - Z_2) - \frac{V_3^2}{2} = \frac{p_3}{\rho} + gh_f$$

$$\frac{p_3}{\rho} = g(Z_1 - Z_2) - \frac{V_3^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} - gh_f$$

$$\frac{p_3}{\rho} = g(Z_1 - Z_2) - \frac{V_3^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} - \frac{V_3^2}{2} \left( K + f \frac{L}{D} \right)$$

$$p_3 = p_1 + \rho g (Z_1 - Z_2) - \frac{V_3^2}{2} \left( 1 + K + f \frac{L}{D} \right) \rho$$

$$P_3 = P_1 + \rho g (34.44) - \frac{V_3^2}{2} \left( 1 + K + f \frac{L}{D} \right) \rho$$

Para tramos cortos se considera lo siguiente:

Si  $L=3\text{mts} = 9.84\text{pies}$       $D=12''$  (1').

Para  $L$  entre  $10D$  a  $30D$

$$L = 0.8 Re^{0.25} D$$

$$\frac{L}{0.8D} = Re^{0.25} = Re^{\frac{1}{4}} = \sqrt[4]{Re}$$

$$Re = \left( \frac{L}{0.8D} \right)^4$$

$$Re = \left( \frac{9.84}{0.8D} \right)^4 = (12.30)^4 = 22888.66 = 23 \times 10^3$$

Además si la rugosidad ( $k$ ) es:

$$k = \frac{\varepsilon}{D} = 0.0038 \text{ (Para el acero).}$$

Con los valores de  $Re$  y  $k$  se procede a buscar el factor de fricción ( $f$ ), que es igual a 0.0235, además de:

$$f \frac{L}{D} = 0.0235 \frac{9.84}{1} = 0.23$$

Como en este tramo de tubería se tiene algunos accesorios: 1 entrada abrupta, 1 reducción de 14"-12", 1 codo de 14"x90°, 1 válvula de compuerta de 12", 3mts de tubería de  $\varnothing 12''$  que producen pérdidas secundaria que sumadas producen un  $K=2.87$

Para la entrada abrupta  $K_1 = 1$  (Crane Co. N. York)

$$\text{Para la reducción } K_1 = \frac{0.5(1-\beta^2)\sqrt{\sin\frac{\theta}{2}}}{\beta^4} = \frac{0.5(1-0.91^2)\sqrt{\sin 90^\circ}}{0.91^4} =$$

$$\frac{0.5 \times 0.072 \times 1}{0.686} = 0.052$$

Para el codo de  $90^\circ \times 14''$   $K_1 = 30f_T = 30 \times 0.013 = 0.39$

Para la válvula de compuerta de  $12''$   $K_1 = 8f_T = 8 \times 0.013 = 0.104$

Para los 3mts de tubería:

$$L_e = \frac{KD}{f} = \frac{1.546 \times 1}{0.0238} = 65.78 \text{ pies}$$

$$L = 9.84 \text{ pies}$$

Si  $V = 8.49 \text{ pies/s}$

$$h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2gD} \right) V^2 = 0.0235 \times 8.49^2 \left( \frac{9.84+65.78}{2 \times 32.2 \times 1} \right) = 0.0235 \times 1.18 \times 72 =$$

$$h_f = 1.99$$

$$P_3 = P_1 + 62.16 \times 34.44 - \frac{V_3^2}{2} (1 + 1.55 + 0.23) 1.938$$

$$P_3 = P_1 + 2140.79 - \frac{V_3^2}{2} (2.78) 1.938$$

$$P_3 = 14.7 \times 144 + 2140.79 - V_3^2 \times 2.69$$

$$P_3 = 425760 - V_3^2 \times 2.69 \quad \text{Ecu. (2)}$$

**De 2-3**

Si:  $V_2 = V_3$  y  $Z_2 = Z_3$

Aplicando "Bernoulli" se tiene:

$$P_2 - P_3 = \rho gh_f = \rho g f \left( \frac{L + L_e}{2gD} \right) V_2^2 = \rho f \left( \frac{9.84 + 65.79}{1 \times 2} \right) V_2^2$$

$$4257.60 - 0.965V_2^2 - 4257.60 + 2.70V_2^2 = 1.938 \times 0.0235 \times 37.82 \times V_2^2$$

$$1.725V_2^2 = 1.723V_2^2 \quad V_2 = V_3$$

Si  $Q = A \cdot V$  de donde  $V = \frac{Q}{A} = \frac{3000 \text{ gpm}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{3000 \times 0.1333}{0.785 \times 1^2}$

$$V = 509.43 \frac{\text{pies}}{\text{min}} = 8.49 \frac{\text{pies}}{\text{sgs}}$$

Reemplazando en ecuación. (1)

$$P_2 = 4257.60 - 0.965 \times \left( 8.49 \frac{\text{pies}}{\text{sgs}} \right)^2$$

$$P_2 = 4257.60 - 0.965 \times 72.08 = 4188.04 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} = 29.08 \text{ psi}$$

Reemplazando en ecuación. (2)

$$P_3 = 4257.60 - 2.69 \times \left( 8.49 \frac{\text{pies}}{\text{sgs}} \right)^2$$

$$P_3 = 4257.60 - 2.69 \times 72.08 = 4063.70 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} = 28.22 \text{ psi}$$

**1-4**

$$V_4 = \frac{Q}{A} = \frac{3000 \times 0.133}{0.784 \left( \frac{8}{12} \right)^2} = \frac{399}{0.35} = \frac{1140}{60} = 19 \frac{\text{pies}}{\text{sg}}$$

$$\frac{P_1}{\rho} + Z_1 g + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_4}{\rho} + Z_4 g + \frac{V_4^2}{2} + gh_f - gH$$

$$\rho g H = \frac{373 \text{HP} \times 550 \frac{\text{pies} \cdot \text{lbs}}{\text{sg}}}{\frac{3000 \times 0.133 \text{pies}^3}{60 \text{sg}}} = \frac{205150 \text{ lbs}}{6.65 \text{ pies}^2}$$

$$\rho g H = 30849.62 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} = \frac{30849.62}{144} = 214.23 \text{psi}$$

$$\frac{14.7 \times 144}{\rho} + 34.44 \times 32.20 + 0 = \frac{P_4}{\rho} + 0 + \frac{19^2}{2} + (1.55 + 0.23) \frac{8.49^2}{2} - gH$$

$$\frac{2116.80 \text{ lbs}}{\rho \text{ pies}^2} + 1108.97 \frac{\text{pies}^2}{\text{sg}} = \frac{P_4}{\rho} + 180.50 \frac{\text{pies}^2}{\text{sg}^2} + 65.15 \frac{\text{pies}^2}{\text{sg}^2} - gH$$

$$P_4 = 2116.80 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} + \rho (1108.97 - 180.50 - 65.15) \frac{\text{pies}^2}{\text{sg}^2} + \rho g H$$

$$P_4 = 2116.80 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} + 1.938 \times 843.32 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} + 30849.62 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2}$$

$$P_4 = 2116.80 + 1634.35 + 30849.62 = 34600.77 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2}$$

$$P_4 = 240 \text{psi}$$

$$\text{Si } A_4 V_4 = A_B V_B$$

$$D_4^2 V_4 = D_B^2 V_B \quad \left(\frac{8}{12}\right)^2 \left(19 \frac{\text{pies}}{\text{sg}}\right) = \left(\frac{12}{12}\right)^2 V_B$$

$$V_B = 8.44 \frac{\text{pies}}{\text{sg}}$$

$$\frac{P_4}{\rho} + Z_4 g + \frac{V_4^2}{2} = \frac{P_B}{\rho} + Z_B g + \frac{V_B^2}{2} + gh_f \quad Z_4 = Z_B$$

$$\frac{P_B}{\rho} = \frac{P_4}{\rho} + \frac{V_4^2 - V_B^2}{2} - gh_f$$

$$P_B = P_4 + \rho \left( \frac{19^2 - 8.44^2}{2} \right) - \rho g f \left( \frac{L + L_e}{2gD} \right) V_B^2$$

$$P_B = 240psi + 1.938 \times 144.88 - 1.938 \times 0.013(123.33 + 3259.23) \frac{19^2}{2 \times 1}$$

$$P_B = 240psi + 280.77 \frac{lbs}{pies^2} - 15263.80 \frac{lbs}{pies^2} = 240psi - \frac{14983}{144} psi$$

$$P_B = 240 - 104 = 136psi$$

## Cálculos de altura piezométrica del Sistema Contra Incendio

### Central Térmica de Electroguayas Ing. Gonzalo Cevallos

Con los valores obtenidos en los cálculos anteriores para los diferentes parámetros que se necesitan para proceder a realizar los cálculos de altura piezométrica del presente anexo o apéndice, se tiene:

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f_{1-2}} - H_{Bomba}$$

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + 0 = 2 \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + 0 + 0 = 2 \left( \frac{8.44^2}{2 \times 32.2} \right) + 67.37 = 2.21 + 67.37 = 69.58 \text{ pies}$$

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = \frac{69.58}{3.28} + \frac{1.10}{3.28} = 21.21 + 0.34 = 21.55 \text{ mts.}$$

### Bernoulli de 1-G

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_G^2}{2g} + Z_G + \frac{P_G}{\gamma} + \frac{V_G^2}{2g} + h_{f_{1-G}} - H_{Bomba}$$

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + 0 = \frac{V_G^2}{2g} + Z_G + \frac{P_G}{\gamma} + \frac{V_G^2}{2g} + h_{f_{1-G}} - H_{Bomba}$$

$$Z_G + \frac{P_G}{\gamma} = H_1 + \frac{P_1}{\gamma} - 2 \left( \frac{V_G^2}{2g} \right) - h_{f_{1-G}} + H_{Bomba}$$

$$Z_G + \frac{P_G}{\gamma} = 34.44 + 34.05 - \left( \frac{8.44^2}{32.2} \right) - 299.77 + 495.18$$

$$Z_G + \frac{P_G}{\gamma} = 34.44 + 34.05 - 2.21 - 299.77 + 495.18$$

$$Z_G + \frac{P_G}{\gamma} = 261.69 \text{ pies} = 79.78 \text{ mts}$$

$$Z_G + \frac{P_G}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = 79.78\text{mts} + \frac{1.10}{3.28}\text{pies} = 80.12\text{mts}$$

### Bernoulli 1-I

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_I^2}{2g} + Z_I + \frac{P_I}{\gamma} + K \frac{V_I^2}{2g} + h_{f_{1-I}} - H_{Bomba} \quad K=8f_T + 50f_T$$

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + 0 = 2 \frac{V_I^2}{2g} + Z_I + \frac{P_I}{\gamma} + h_{f_{1-I}} - H_{Bomba} \quad K=58f_T = 58 \times 0.017$$

$$\frac{P_I}{\gamma} + Z_I = H_1 + \frac{P_1}{\gamma} - 2.21 - 258.72 + 495.18 = \quad K=0.986=1$$

$$\frac{P_I}{\gamma} + Z_I = H_1 + \frac{P_1}{\gamma} - 2.21 - 258.72 + 495.18 = 34.44 + 34.05 - 2.21 - 258.72 + 495.18$$

$$\frac{P_I}{\gamma} + Z_I = 563.67 - 260.93 = 302.74\text{pies} = 92.30\text{mts}$$

$$\frac{P_I}{\gamma} + Z_I + \frac{V_I^2}{2g} = 92.30\text{mts} + \frac{1.10}{3.28} = 92.64\text{mts}$$

### Bernoulli 1-II

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_{II}^2}{2g} + Z_{II} + \frac{P_{II}}{\gamma} + K \frac{V_{II}^2}{2g} + h_{f_{1-II}} - H_{Bomba} \quad K=1$$

$$Z_{II} + \frac{P_{II}}{\gamma} = H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_{II}^2}{2g} - h_{f_{1-II}} + H_{Bomba} = 34.44 + 34.05 - 2.21 - 277.93 + 495.18$$

$$\frac{P_{II}}{\gamma} + Z_{II} = 563.67 - 280.14 = 283.53\text{pies} = 86.44\text{mts}$$

$$\frac{P_{II}}{\gamma} + Z_{II} + \frac{V_{II}^2}{2g} = 86.44\text{mts} + \frac{1.10}{3.28} = 86.78\text{mts}$$

### Bernoulli 1-III

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_{III}^2}{2g} + Z_{III} + \frac{P_{III}}{\gamma} + K \frac{V_{III}^2}{2g} + h_{f_{1-III}} - H_{Bomba} \quad K=1$$

$$Z_{III} + \frac{P_{III}}{\gamma} = H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_{III}^2}{2g} - h_{f_{1-III}} + H_{Bomba} = 34.44 + 34.05 - 2.21 - 303.34 + 495.18$$

$$\frac{P_{III}}{\gamma} + Z_{III} = 563.67 - 305.55 = 258.12 \text{ pies} = 78.70 \text{ mts}$$

$$\frac{P_{III}}{\gamma} + Z_{III} + \frac{V_{III}^2}{2g} = 78.70 \text{ mts} + \frac{1.10}{3.28} = 79.04 \text{ mts}$$

### Bernoulli 1-IV

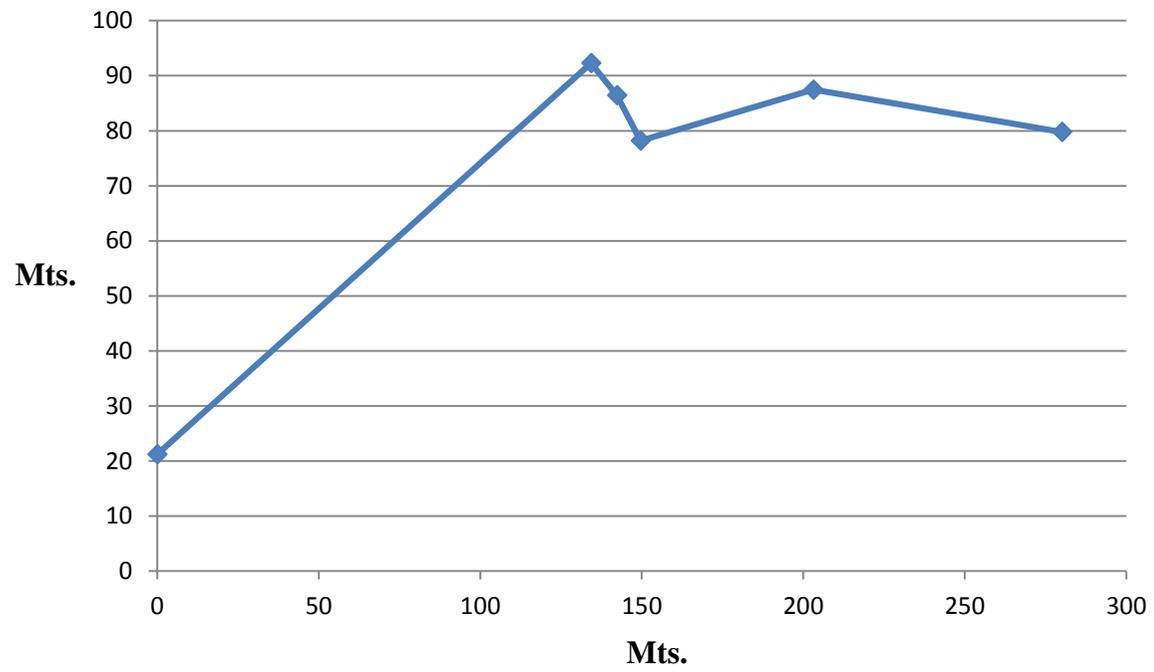
$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_{IV}^2}{2g} + Z_{IV} + \frac{P_{IV}}{\gamma} + K \frac{V_{IV}^2}{2g} + h_{f_{1-IV}} - H_{Bomba} \quad K=1$$

$$Z_{IV} + \frac{P_{IV}}{\gamma} = H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_{IV}^2}{2g} - h_{f_{1-IV}} + H_{Bomba} = 34.44 + 34.05 - 2.21 - 274.56 + 495.18$$

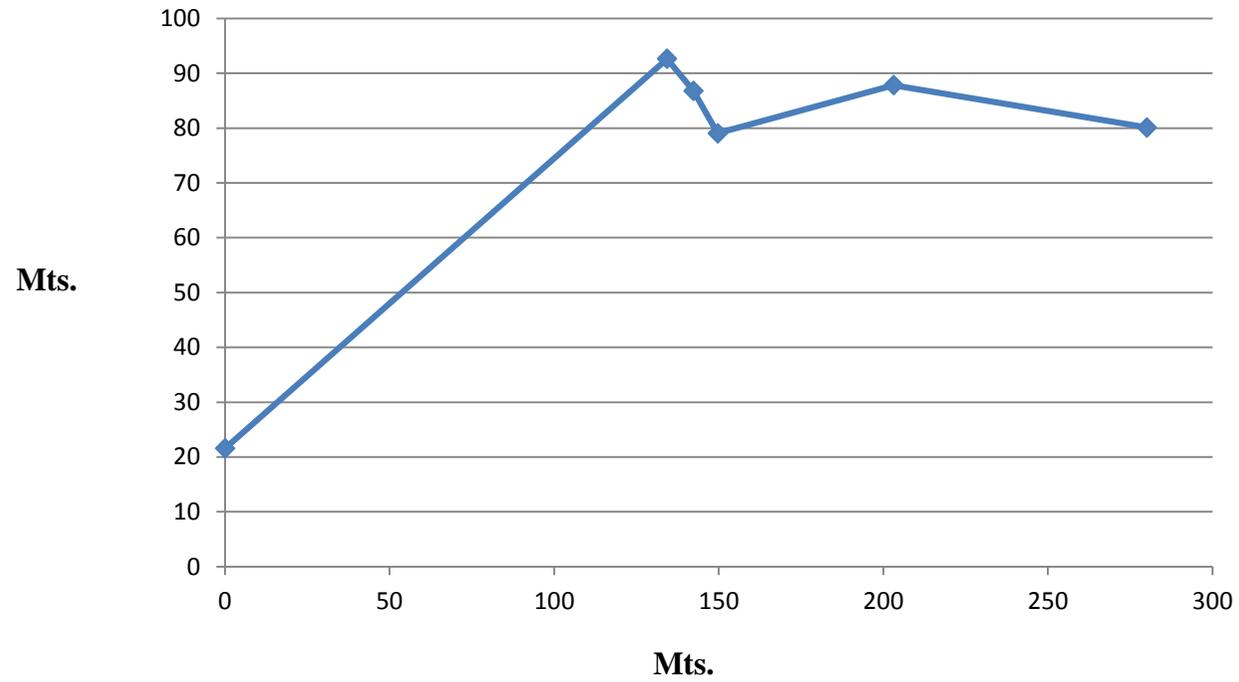
$$\frac{P_{IV}}{\gamma} + Z_{IV} = 563.67 - 276.77 = 286.90 \text{ pies} = 87.47 \text{ mts}$$

$$\frac{P_{IV}}{\gamma} + Z_{IV} + \frac{V_{IV}^2}{2g} = 87.47 \text{ mts} + \frac{1.10}{3.28} = 87.81 \text{ mts}$$

**DIAGRAMA DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO**  
**CENTRAL TÈRMICA**



**DIAGRAMA DE ALTURAS TOTALES**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO**  
**CENTRAL TÈRMICA**



**RED EXTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA "GONZALO CEVALLOS"  
ELECTROGUAYAS  
ACCESORIOS SUBESTACIÓN TRANSFORMADORES**

SECCIÓN		TRANSFORMADOR PRINCIPAL 1	TRANSFORMADOR PRINCIPAL 2	TRANSFORMADO R PRINCIPAL 3	TRANSFORMADORES AUXILIARES 1,2,3
MEDIDA TUBERIA		4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"
ACCESORIOS	FORMULA				
CODOS DE 45°	$K=16f_T$	-----	----	----	----
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	1(4"), 4(3"), 2(2 1/2"), 4(2") 1(1 1/4"), 5(1"),	2(4"), 9(3"), 2(1 1/2")	2(4"), 9(3"), 2(1 1/2")	12(3"), 15(2"), 6(1") 6(4")
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$ $\beta = \frac{d_1}{d_2}$	11(1"-3/4"), 9(1 1/4"- 3/4") 8(1 1/2"-3/4"), 20(2"-3/4") 8(2 1/2"-3/4"), 6(1 1/4"-1") 4(1 1/4"-1 1/2"), 4(1 1/2"-2") 2(2 1/2"-2"), 3(3"-1 1/4")	11(1"-3/4"), 9(1 1/4"- 3/4") 8(1 1/2"-3/4"), 20(2"- 3/4") 8(2 1/2"-3/4"), 6(1 1/4"- 1") 4(1 1/4"-1 1/2"), 4(1 1/2"- 2")	11(1"-3/4"), 9(1 1/4"- 3/4") 8(1 1/2"-3/4"), 20(2"- 3/4") 8(2 1/2"-3/4"), 6(1 1/4"- 1") 4(1 1/4"-1 1/2"), 4(1 1/2"-2"), 4(2 1/2"-	36(3"-3/4"), 36(2"-3/4") 6(2"-1"), 6(3"-2") 6(3"-1"), 6(1 1/2"-1"), 6(1"-3/4")

		-----	4(2 ½"-2"),3(3"-1 ¼"), 2(2"-1 ½"), 4(2½"-1 ½"),4(1 ½- 1"),	2"),3(3"-1 ¼"),2(2"- 1½"),4(2 ½"-1"),4(1 ½"-1"),	
TE	K=20f <sub>T</sub> (lineal) K=60f <sub>T</sub> (ramal)	4(3"),9(2 ½"),9(2"), 5(1¼),9(1") 1 Cruz(3")	4(3"),9(2 ½"),9(2"), 5(1¼),9(1") 1 Cruz(3")	4(3"),9(2 ½"),9(2"), 5(1¼),9(1") 1 Cruz(3")	6(1"),66(2"),6(3"),
VALVULAS COMPUERTA	K=8f <sub>T</sub>	1(4")	1(4")	1(4")	3(4")
VALVULA INUNDACIÓN	K=55f <sub>T</sub>	1(4")	1(4")	1(4")	3(4")
VALVULA CHEQUE	K=50f <sub>T</sub>	-----	----	-----	----
VALVULA MARIPOSA	K = 45f <sub>T</sub> (2"-8") K = 35f <sub>T</sub> (10-14) K=25f <sub>T</sub> (> 4")	-----	----	-----	----
VALVULA GLOBO	K = 340f <sub>T</sub>	-----	-----	----	-----
HIDRANTES	2.31 $\frac{\text{LBS}}{\text{PULG}^2}$ (2 salidas)	-----	----	-----	----
BOCA TOMA DE 1 ½"		-----	-----	-----	----

BOCA TOMA DE 2 ½"	$55 \frac{\text{Lbs}}{\text{pulg}^2}$	-----	----	----	-----
LONGITUD DE TUBERÌA	$h = f \frac{LV^2}{D^2g}$	1 ½"2.5m(8.20pies) 2" 12.00m(39.36pies) 3"32.5m(106.60pies) 4"9.45m(31.00pies) 2 ½"7m(22.96pies) 1"8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	1 ½"9.50m(31.16pies) 4"9.45m(31.00pies) 3" 32.50m(106.60pies) 2 ½"7m(22.96pies) 2 "12m(39,36pies) 1"8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	1½"9.50m(31.16pies) s) 4"9.45m(31.00pies) 3"32.50m(106.60pies) s2 ½"7m(22.96pies) 2"12m(39.36pies) 1"8m(26.24pies) 1 ¼"8m(26.24pies)	4"24m(78.72pies) 3" 123m(403.44pies) 1 ½" 18m(59pies) 2"96m(315pies) 4" 40m(131.20pies) 2 ½" 21m(69pies) 1 1/4"24m(78.72pies) 6" 36m (118pies) 1"18m(59pies)
BRIDAS		2(4")	2(4")	2(4")	6(4")
MANGUERAS REVESTIDAS 2 ½"		----	----	-----	----
ROCIADORES ¾ ABIERTOS	K=1.9	56	56	56	66

**RED EXTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA “ING. GONZALO CEVALLOS”  
ELECTROGUAYAS  
ACCESORIOS DE CIRCUITO I**

SECCIÓN		AB	BB'	BC	CD	DE	EF	FG	EH
MEDIDA TUBERIA		12"	4"	4"	6"	10"	8"	4"	8"
ACCESORIOS	FORMULA								
CODOS DE 45°	$K=16f_T$	----	----	----	----	----	-----	----	----
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	4	1(6")	1	----	----	----	2	1(6")
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$ $\beta = \frac{d_1}{d_2}$	1(8"-12") 1(4"-12")	1(6"-12") -----	--- 1(6"-12")	2(4"-6") 1(6"-10")	1(4"-6") 1(8"-10")	2(6"-8") ----	1(6"-4") ----	1 (6"-8")
TE	$K=20f_T$ (lineal) $K=60f_T$ (ramal)	1 1	----	----	2(6"),1(10")	1(Te x)	1(6") 1	-----	----
VALVULAS COMPUERTA	$K=8f_T$	4	1(6")	1(6")	2(4")	1(10") 1(4")	----	1(6")	1(6")
VALVULA ANGULARES	$K=55f_T$	----	----	-----	-----	----	-----	----	----
VALVULA CHEQUE	$K=50f_T$	2	----	-----	----	----	----	----	---

VALVULA MARIPOSA	$K = 45f_T$ (2"-8")	1	-----	----	----	----	----	----	----
	$K = 35f_T$ (10-14) $K=25f_T$ (> 4")	1	----	----	----	----	----	----	----
VALVULA GLOBO	$K = 340f_T$	----	----	----	----	----	----	----	----
HIDRANTES	$2\frac{LBS}{PULG^2}$ (2 salidas)	----	1	----	1	----	----	1	1
BOCA TOMA DE 1 1/2"	----	----	-----	----	----	----	----	----	----
BOCA TOMA DE 2 1/2"	$55\frac{Lbs}{pulg^2}$	----	2	----	2	----	4	2	2
LONGITUD DE TUBERÌA	$h_{f=f\frac{LV^2}{D^2g}}$	37.60(123. 33')	40.10(131. 53')	40.10(131. 53")	72(236.16')	44(144.32')	76(249.30)	16(52.48')	4.4 (14.40' )
SIAMESAS	----	----	----	----	----	----	----	----	----
BRIDAS	----	8(12")	2(4")	----	2(4")	2(10")	4(4")	2	2
MANGUERAS REVESTIDAS 2 1/2"	----	----	2(2 1/2")	----	2(2 1/2")	----	4(2 1/2")	2	2

## Cálculos de pérdidas de secciones de circuito I

### Sección A-B

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.013 \left( \frac{123.33+2869.23}{2x32.2x1} \right) 19^2 = 0.013x46.47 x361 = 218.07$$

$$K=35.70 \quad K_{L=12} = \frac{0.013x123.33x12}{12} = 1.60 \quad K_T=35.70+1.60=37.30$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{37.30x1.00}{0.013} = 2869.23$$

### Sección B-C

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.017 \left( \frac{131.53+338.54}{2x32.2x0.33} \right) 8.44^2 = 0.017x22.12 x71.23 = 26.79$$

$$K=10.62 \quad K_{L=4} = \frac{0.017x131.53x12}{4.026} = 6.66 \quad K_T=10.62+6.66=17.28$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{17.28x0.33}{0.017} = 338.54$$

### Sección B-B'

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.017 \left( \frac{131.53+338.54}{2x32.2x0.33} \right) 8.44^2 = 0.017x22.12 x71.23 = 26.79$$

$$K=10.62 \quad K_{L=4} = \frac{0.017x131.53x12}{4.026} = 6.66 \quad K_T=10.62+6.66=17.28$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{17.28x0.33}{0.017} = 338.54$$

### Sección C-D

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.015 \left( \frac{236.16+421.33}{2x32.2x0.50} \right) 8.44^2 = 0.015x20.42 x71.23 = 21.82$$

$$K=5.64 \quad K_{L=6} = \frac{0.015x236.16 x12}{6.065} = 7 \quad K_T=5.64+7.00=12.64$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{12.64 \times 0.50}{0.015} = 421.33$$

### Sección D-E

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.014 \left( \frac{144.32+261.39}{2x32.2x0.833} \right) 8.44^2 = 0.014 \times 7.56 \times 71.23 = 7.54$$

$$K=1.97 \quad K_{L=10} = \frac{0.014 \times 144.32 \times 12}{10.02} = 2.42 \quad K_T = 1.97 + 2.42 = 4.39$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{4.39 \times 0.833}{0.014} = 261.21$$

### Sección E-F

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.014 \left( \frac{249.28+390.56}{2x32.2x0.666} \right) 8.44^2 = 0.014 \times 14.92 \times 71.23 = 14.90$$

$$K=2.96 \quad K_{L=8} = \frac{0.014 \times 249.28 \times 12}{7.981} = 5.25 \quad K_T = 2.96 + 5.25 = 8.21$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{8.21 \times 0.666}{0.014} = 390.56$$

### Sección F-G

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.017 \left( \frac{52.48+152.00}{2x32.2x0.333} \right) 8.44^2 = 0.017 \times 9.54 \times 71.23 = 11.55$$

$$K=5.10 \quad K_{L=4} = \frac{0.017 \times 52.48 \times 12}{4.026} = 2.66 \quad K_T = 5.10 + 2.66 = 7.76$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{7.76 \times 0.333}{0.017} = 152.00$$

### Sección E-H

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.014 \left( \frac{14.40+253.08}{2x32.2x0.666} \right) 8.44^2 = 0.014 \times 6.41 \times 71.23 = 6.39$$

$$K=5.02 \quad K_{L=8} = \frac{0.014 \times 14.40 \times 12}{7.981} = 0.30 \quad K_T = 5.02 + 0.30 = 5.32$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{5.32 \times 0.666}{0.014} = 253.08$$

**RED EXTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA "ING. GONZALO CEVALLOS"  
ELECTROGUAYAS  
ACCESORIOS CIRCUITO II**

SECCIÓN		DI	IL	IJ	JK	JLL
MEDIDA TUBERIA		12"	6"	6"	4"	6"
ACCESORIOS	FORMULA					
CODOS DE 45°	$K=16f_T$					
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	2 Ø 6"	2(6") 3(2 1/2")	3(6")	1(4") 1(2 1/2")	1(6") 1(2 1/2")
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$ $\beta = \frac{d_1}{d_2}$	3(6"-12") 1(10"-12")	3(2 1/2"-6")	-----	1(4"-6") 1(4"-2 1/2")	1(6"-2 1/2")
TE	$K=20f_T$ (lineal) $K=60f_T$ (ramal)	1	4	2	----	1
VALVULAS COMPUERTA	$K=8f_T$	1(12") 1(6")	1(6")	1(6")	----	----
VALVULA ANGULARES	$K=55f_T$	----	3(2 1/2")	----	1(2 1/2")	1(2 1/2")
VALVULA CHEQUE	$K=50f_T$	2	----	----	----	-----

VALVULA MARIPOSA	$K = 45f_T$ (2"-8") $K = 35f_T$ (10-14) $K=25f_T$ (> 4")	----	----	----	----	----
VALVULA GLOBO	$K = 340f_T$	----	----	----	----	----
HIDRANTES	$2\frac{LBS}{PULG^2}$ (2 salidas)	1	1	----	----	----
BOCA TOMA DE 1 1/2"		----	----	----	----	----
BOCA TOMA DE 2 1/2"	$55\frac{Lbs}{pulg^2}$	2	5	2	1	1
LONGITUD DE TUBERÌA	$h = f\frac{LV^2}{D^2g}$	170.50(559.24')	258.24(847')	322(1056.16')	73.30(240.42')	71(232.38')
SIAMESAS	15.2lbs/pulgs <sup>2</sup>	----	----	1	----	----
BRIDAS		2(4")	2(4") 6(2 1/2")	2(2 1/2")	2(2 1/2")	2(4")
MANGUERAS REVESTIDAS 2 1/2"	30 MTS	2	5	2	1	1

**RED EXTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA “ING. GONZALO CEVALLOS”  
ELECTROGUAYAS  
CIRCUITO II  
VALORES DE PÉRDIDAS DE RAMALES**

SECCIÓN		DI	IL	IJ	JK	JLL
MEDIDA TUBERIA		12”	6”	6”	4”	6”
ACCESORIOS	FORMULA					
CODOS DE 45°	$K=16f_T$	----	----	----	----	----
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	0.90	0.90 1.62	1.35	0.51 0.54	0.45 0.54
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$ $\beta = \frac{d_1}{d_2}$	15.64 0.30	40.74	----	1.28 1.73	12.05
TE	$K=20f_T$ (lineal) $K=60f_T$ (ramal)	0.78	3.60	1.80	----	0.90
VALVULAS COMPUERTA	$K=8f_T$	0.104 0.120	0.120	0.120	----	----

VALVULA ANGULARES	$K=55f_T$	----	2.97	----	0.99	0.99
VALVULA CHEQUE	$K=50f_T$	- 1.3	----	----	----	----
VALVULA MARIPOSA	$K = 45f_T$ (2"-8") $K = 35f_T$ (10-14) $K=25f_T$ (> 4")	----	----	----	----	----
VALVULA GLOBO	$K = 340f_T$	----	----	----	----	----
HIDRANTES	2.31 $\frac{LBS}{PULG^2}$ (2 salidas)	4.62	4.62	----	----	----
BOCA TOMA DE 1 ½"	15.10lbs/plgs <sup>2</sup>	---	---	---	----	----
BOCA TOMA DE 2 ½"	$55\frac{Lbs}{pulg^2}$	----	----	----	----	----
LONGITUD DE TUBERÌA	$K_L = \frac{fL12}{D}$	7.27	25.14	31.34	12.18	6.90
SIAMESAS	15.2lbs/pulgs <sup>2</sup>	----	----	----	----	----

BRIDAS	----	-----	----	-----	----	----
MANGUERAS REVESTIDAS 2 ½"	30 MTS	-----	----	-----	----	----
VALORES TOTALES	K	23.85	54.57	3.27	5.05	14.93
K <sub>T</sub>	K +K <sub>L</sub>	31.12	79.71	34.61	17.23	21.83

## Cálculos de pérdidas para secciones

### Circuito II

Para proceder se lo hace en condiciones similares que en el circuito I, es decir por tramos y utilizando el mismo sistema de formulas.

#### Sección D-I

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgx D} \right) V^2 = 0.013 \left( \frac{559.24+2393.85}{2x32.2x1} \right) 8.44^2 = 0.013x45.86x71.23=42.47$$

$$K=23.85 \quad K_{L=12} = \frac{0.013x559.24x12}{12} = 7.27 \quad K_T=23.85+7.27=31.12$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{31.12x1}{0.013} = 2393.85$$

#### Sección I-L

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgx D} \right) V^2 = 0.015 \left( \frac{847.00+2657.00}{2x32.2x0.50} \right) 8.44^2 = 0.015x108.82 x71.23=116.27$$

$$K=54.57 \quad K_{L=6} = \frac{0.015x847x12}{6.065} = 25.14 \quad K_T= 54.57+25.14 =79.71$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{79.71x0.50}{0.015} = 2657.00$$

#### Sección I-J

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgx D} \right) V^2 = 0.015 \left( \frac{1056.10+1153.67}{2x32.2x0.50} \right) 8.44^2 = 0.015x68.63 x71.23=73.33$$

$$K=3.27 \quad K_{L=6} = \frac{0.015x1056.10x12}{6.065} = 31.34 \quad K_T= 3.27+31.34 =34.61$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{34.61x0.50}{0.015} = 1153.67$$

**Sección J-K**

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.017 \left( \frac{240.42+337.50}{2x32.2x0.333} \right) 8.44^2 = 0.017x26.95 x71.23=32.63$$

$$K=5.05 \quad K_{L=4} = \frac{0.017x240.42x12}{4.026} = 12.18 \quad K_T = 5.05+12.18 =17.23$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{17.23x0.333}{0.017} = 337.50$$

**Sección J-LL**

$$\text{Si } h_f = f \left( \frac{L+L_e}{2xgxD} \right) V^2 = 0.015 \left( \frac{232.38+727.67}{2x32.2x0.50} \right) 8.44^2 = 0.015x29.82 x71.23=31.86$$

$$K=14.93 \quad K_{L=6} = \frac{0.015x232.38x12}{6.065} = 6.90 \quad K_T = 14.93 +6.90 =21.83$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f} = \frac{21.83x0.50}{0.015} = 727.67$$

## Cálculos de Presión de Secciones de Circuitos Exteriores I - II

Para proceder a calcular las presiones en los diferentes tramos o secciones de los circuitos externos 1 y 2 del proyecto de Sistema Contra Incendio de la Central Térmica modelo Electroguayas, se aplicará la formula siguiente:

$$P_N = P_{BOMBA} - h_{f_N}$$

$P_{Bomba}$  = Presión de la bomba en psi, en este caso 240psi.

$h_{f_n}$  = Total de pérdidas en la sección hasta llegar al punto a calcular

N=Punto del circuito a considerar.

### CIRCUITO 1

$$1.- \quad P_B = P_{BOMBA} - h_{f_{AB}}$$

$$P_B = 240 - 218.07 \times 0.43$$

$$P_B = 240 - 93.77 = 146.23 \text{psi}$$

$$2.- \quad P_C = P_{BOMBA} - h_{f_{AC}}$$

$$P_C = 240 - (218.07 + 26.79) \times 0.43$$

$$P_C = 240 - 244.86 \times 0.43$$

$$P_C = 240 - 105.29 = 134.71 \text{psi}$$

$$3.- \quad P_D = P_{BOMBA} - h_{f_{AD}}$$

$$P_D = 240 - (244.86 + 21.82) \times 0.43$$

$$P_D = 240 - 266.68 \times 0.43$$

$$P_D = 240 - 114.67 = 125.33\text{psi}$$

$$\mathbf{4.-} \quad P_E = P_{BOMBA} - h_{f_{AE}}$$

$$P_E = 240 - (266.68 + 7.54)0.43$$

$$P_E = 240 - 274.22 \times 0.43$$

$$P_E = 240 - 117.91 = 122.09\text{psi}$$

$$\mathbf{5.-} \quad P_F = P_{BOMBA} - h_{f_{AF}}$$

$$P_F = 240 - (274.22 + 14.90)0.43$$

$$P_E = 240 - 289.12 \times 0.43$$

$$P_E = 240 - 124.32 = 115.68\text{psi}$$

$$\mathbf{6.-} \quad P_G = P_{BOMBA} - h_{f_{AG}}$$

$$P_G = 240 - (289.12 + 11.55)0.43$$

$$P_G = 240 - 300.67 \times 0.43$$

$$P_G = 240 - 129.29 = 110.71\text{psi}$$

$$\mathbf{7.-} \quad P_H = P_{BOMBA} - h_{f_{AH}}$$

$$P_H = 240 - (274.22 + 6.18)0.43$$

$$P_H = 240 - 280.40 \times 0.43$$

$$P_H = 240 - 120.57 = 119.43\text{psi}$$

$$\mathbf{8.-} \quad P_{IV} = P_{BOMBA} - h_{f_{A-IV}}$$

$$P_{IV} = 240 - (274.22 + 1.13)0.43$$

$$P_{IV} = 240 - 275.35 \times 0.43$$

$$P_{IV} = 240 - 118.40 = 121.60\text{psi}$$

**CIRCUITO 2**

$$9.- \quad P_I = P_{BOMBA} - h_{f_{A-I}}$$

$$P_I = 240 - (266.68 + 42.47)0.43$$

$$P_I = 240 - 309.15 \times 0.43$$

$$P_I = 240 - 132.93 = 107.07 \text{psi}$$

$$10.- \quad P_L = P_{BOMBA} - h_{f_{A-L}}$$

$$P_L = 240 - (309.15 + 116.27)0.43$$

$$P_L = 240 - 425.42 \times 0.43$$

$$P_L = 240 - 182.93 = 57.07 \text{psi}$$

En razón de mejorar la presión se lo logra por otra trayectoria o by pass del circuito, en base a los valores siguientes:

Longitud del tramo:  $10+8.44+7.16+42.40+120.24=188.24\text{mts}=617.43\text{pies}$ .

Accesorios en el trayecto=1 te  $\varnothing 6''$ , 1 codo  $\varnothing 6''$ , 1 válvula de compuerta de  $\varnothing 6''$ , 1 válvula de compuerta de  $\varnothing 4''$ , 1 hidrante, 1 tomas de  $\varnothing 2 \frac{1}{2}''$ , 1 reducción de  $6''-4''$ , 1 reducción de  $6-2 \frac{1}{2}''$ , 1 válvula angular  $2 \frac{1}{2}''$ , 1 codo de  $2 \frac{1}{2}''$ , 1 te de  $\varnothing 12''$ , 1 reducción de  $12''-6''$ .

$$K=0.30+0.45+0.12+0.13+4.62+11.60+1.80+0.99+0.54+0.26+5.21=26.02$$

$$K_{L=6}=0.015 \times 617.43 \times 12 / 6.065 = 18.32$$

$$K_T = 26.02 + 18.32 = 44.34$$

$$L_e = \frac{K_T D}{f_T} = \frac{44.34 \times 0.50}{0.015} = 1478$$

$$h_{f_{A-L}} = f \left( \frac{L + L_e}{2gD} \right) V_{A-L}^2$$

$$h_{f_{A-L}} = 0.015 \left( \frac{617.43 + 1478}{2 \times 32.20 \times 0.50} \right) 19^2$$

$$h_{f_{A-L}} = 0.015 \times 65 \times 361 = 351.98 \text{ pies}$$

$$P_L = P_{BOMBA} - h_{f_{A-L}}$$

$$P_L = 240 - 351.98 \times 0.43$$

$$P_L = 240 - 151.35 = 88.65 \text{ psi}$$

Igualmente re-calcularé  $P_L$  a fin de lograr mejorar su valor en base a los parámetros siguientes:

Longitud:  $24.60 \text{ mts} + 77.60 \text{ mts} = 102.20 \text{ mts} = 335.22 \text{ pies}$

Accesorios en el trayecto: 1te Ø 6", 1válvula de compuerta Ø6", 2 tomas de 2 ½", 2 reducciones de 6"-2 ½", 2 codos de Ø2 ½", 2válvulas angulares.

$K = 0.30 + 0.12 + 23.20 + 1.08 + 2 = 26.70 \text{ pies}$

$$K_{L=6} = 0.015 \times 335.22 \times 12 / 6.065 = 9.95$$

$$K_T = 26.70 + 9.95 = 36.65$$

$$L_e = \frac{36.65 \times 0.50}{0.015} = 1221.67 \text{ pies}$$

$$h_{f_{A-I}} = f \left( \frac{L + L_e}{2g} \right) V_{A-I}^2$$

$$h_{f_{A-I}} = 0.015 \left( \frac{335.22 + 1221.67}{2 \times 32.20 \times 0.50} \right) 19^2$$

$$h_{f_{A-I}} = 0.015 \times 48.35 \times 361 = 261.82 \text{ pies}$$

$$P_I = P_{BOMBA} - h_{f_{A-I}}$$

$$P_I = 240 - 261.82 \times 0.43$$

$$P_I = 240 - 112.58 = 127.42 \text{psi}$$

$$\mathbf{11.-} \quad P_J = P_{BOMBA} - h_{f_{A-J}}$$

$$P_J = 240 - (309.15 + 73.33) \times 0.43$$

$$P_J = 240 - 382.48 \times 0.43$$

$$P_J = 240 - 164.47 = 75.53 \text{psi}$$

$$\mathbf{12.-} \quad P_K = P_{BOMBA} - h_{f_{A-K}}$$

$$P_K = 240 - (382.48 + 32.63) \times 0.43$$

$$P_K = 240 - 415.11 \times 0.43$$

$$P_K = 240 - 178.50 = 61.50 \text{psi}$$

$$P_{LL} = P_{BOMBA} - h_{f_{A-LL}}$$

$$P_{LL} = 240 - (382.48 + 31.86) \times 0.43$$

$$P_{LL} = 240 - 414.34 \times 0.43$$

$$P_{LL} = 240 - 178.17 = 61.83 \text{psi}$$

## CÁLCULOS DE CAUDALES DE SISTEMA CONTRA INCENDIO

### CIRCUITO I

#### 1) SECCIÓN AB

$$\varnothing=12''$$

$$L=123.36\text{pies}$$

$$K=35.70$$

$$K_{L=12}=\frac{0.013 \times 123.36 \times 12}{12} = 1.60$$

$$K_T=35.70+1.60=37.30$$

$$L_e=\frac{37.30 \times 1}{0.013} = 2869.23\text{pies}$$

$$h_{f_{AB}} = 0.013(123.33 + 2869.23) \frac{19^2}{2 \times 32.2 \times 1} =$$

$$h_{f_{AB}} = 0.013 \times 2992.56 \times 5.60 = 217.86$$

$$Q=19.65 \times d^2 \sqrt{\frac{H_L}{K}}$$

$$Q=19.65 \times 12^2 \sqrt{\frac{37.40}{37.30}}$$

$$Q=19.65 \times 144 \sqrt{1} = 19.65 \times 144 = 2829.60\text{gpm.}$$

#### 2) SECCIÓN BC

$$\varnothing=4''$$

$$L=131.53\text{pies}$$

$$K=10.62$$

$$K_{L=4} = \frac{0.017 \times 131.53 \times 12}{4.026} = 6.66$$

$$K_T = 10.62 + 6.66 = 17.28$$

$$L_e = \frac{17.28 \times 0.333}{0.017} = 338.48 \text{ pies}$$

$$h_{f_{BC}} = 0.017(131.53 + 338.48) \frac{1.10}{0.333} =$$

$$h_{f_{BC}} = 0.017 \times 470.01 \times 3.30 = 26.37$$

$$h_{f_{AC}} = h_{f_{AB}} + h_{f_{BC}} = 217.86 + 26.37 = 244.23 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.33 \times 12}{12^5} + \frac{131.53 \times 12}{4^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (0.006 + 1.54) = 1.546$$

$$Q = \sqrt{\frac{244.23}{0.0311 \times 0.017 \times 1.546}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{244.23}{8.17 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{29.89 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.47 \times 10^2 = 547 \text{ gpm}$$

### 3) SECCIÓN CD

$$\varnothing = 6''$$

$$L = 236.16 \text{ pies}$$

$$K=5.64$$

$$K_{L=4} = \frac{0.015 \times 236.16 \times 12}{6.065} = 7.00$$

$$K_T = 5.64 + 7.00 = 12.64$$

$$L_e = \frac{12.64 \times 0.50}{0.015} = 421.33 \text{ pies}$$

$$h_{f_{CD}} = 0.015(236.16 + 421.33) \frac{1.10}{0.50} =$$

$$h_{f_{CD}} = 0.015 \times 657.49 \times 2.20 = 21.70$$

$$h_{f_{AD}} = h_{f_{AC}} + h_{f_{CD}} = 244.23 + 21.70 = 265.93 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = (1.546 + \frac{236.16 \times 12}{6^5}) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (1,546 + \frac{2833.92}{7776}) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (1.546 + 0.364) = 1.91$$

$$Q = \sqrt{\frac{265.93}{0.0311 \times 0.015 \times 1.91}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{265.93}{8.91 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{29.84 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.46 \times 10^2 = 546 \text{ gpm}$$

#### 4) SECCIÓN DE

$$\varnothing = 10''$$

$$L = 144.32 \text{ pies}$$

$$K=1.97$$

$$K_{L=10} = \frac{0.014 \times 144.32 \times 12}{10.02} = 2.42$$

$$K_T = 1.97 + 2.42 = 4.39$$

$$L_e = \frac{4.39 \times 0.833}{0.014} = 261.20 \text{ pies}$$

$$h_{f_{DE}} = 0.014(144.32 + 261.39) \frac{1.10}{0.833} =$$

$$h_{f_{DE}} = 0.014 \times 405.71 \times 1.32 = 7.50$$

$$h_{f_{AE}} = h_{f_{AD}} + h_{f_{DE}} = 265.93 + 7.50 = 273.43 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \left(1.91 + \frac{144.32 \times 12}{10^5}\right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left(1.91 + \frac{1731.84}{100000}\right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (1.91 + 0.017) = 1.927$$

$$Q = \sqrt{\frac{273.43}{0.0311 \times 0.014 \times 1.927}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{273.43}{8.39 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{32.58 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.71 \times 10^2 = 571 \text{ gpm}$$

## 5) SECCIÒN EF

$$\varnothing = 8''$$

$$L = 249.28 \text{ pies}$$

$$K=2.96$$

$$K_{L=8} = \frac{0.014 \times 249.28 \times 12}{7.981} = 5.25$$

$$K_T = 2.96 + 5.25 = 8.21$$

$$L_e = \frac{8.21 \times 0.666}{0.014} = 390.56 \text{ pies}$$

$$h_{f_{EF}} = 0.014(249.28 + 390.56) \frac{1.10}{0.666} =$$

$$h_{f_{EF}} = 0.014 \times 639.84 \times 1.66 = 14.87$$

$$h_{f_{AF}} = h_{f_{AE}} + h_{f_{EF}} = 273.43 + 14.87 = 288.30 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \left(1.927 + \frac{249.28 \times 12}{8^5}\right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left(1,927 + \frac{2991.36}{32768}\right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (1.91 + 0.091) = 2.00$$

$$Q = \sqrt{\frac{288.30}{0.0311 \times 0.014 \times 2.00}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{288.30}{8.70 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{33.14 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.76 \times 10^2 = 576 \text{ gpm}$$

## 6) SECCIÓN FG (A GABINETES 2)

$$\varnothing = 4''$$

$$L = 52.48 \text{ pies}$$

$$K=5.10$$

$$K_{L=4} = \frac{0.017 \times 52.48 \times 12}{4.026} = 2.66$$

$$K_T = 5.10 + 2.66 = 7.76$$

$$L_e = \frac{7.76 \times 0.333}{0.017} = 152.00 \text{ pies}$$

$$h_{f_{FG}} = 0.017(52.48 + 152.00) \frac{1.10}{0.333} =$$

$$h_{f_{FG}} = 0.017 \times 204.48 \times 3.30 = 11.47$$

$$h_{f_{AG}} = h_{f_{AF}} + h_{f_{FG}} = 288.30 + 11.47 = 299.77 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = (2.00 + 52.46 \times 12 / 4^5) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (2.00 + \frac{629.52}{1024}) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (2.00 + 0.615) = 2.615$$

$$Q = \sqrt{\frac{299.77}{0.0311 \times 0.017 \times 2.615}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{299.77}{13.80 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{21.72 \times 10^4} =$$

$$Q = 4.66 \times 10^2 = 466 \text{ gpm}$$

## 7) SECCIÓN EH

$$\varnothing = 8''$$

$$L = 14.40 \text{ pies}$$

$$K=5.02$$

$$K_{L=8} = \frac{0.014 \times 14.40 \times 12}{7.981} = 0.30$$

$$K_T = 5.02 + 0.30 = 5.32$$

$$L_e = \frac{5.32 \times 0.666}{0.014} = 253.08 \text{ pies}$$

$$h_{f_{EH}} = 0.014(14.40 + 253.08) \frac{1.10}{0.666} =$$

$$h_{f_{EH}} = 0.014 \times 267.48 \times 1.65 = 6.18$$

$$h_{f_{AH}} = h_{f_{DE}} + h_{f_{EH}} = 273.43 + 6.18 = 279.61 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = (1.927 + 14.40 \times 12/8^5) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (1,927 + \frac{172.80}{32768}) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (1.927 + 0.005) = 1.932$$

$$Q = \sqrt{\frac{279.61}{0.0311 \times 0.014 \times 1.932}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{279.61}{8.41 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{33.25 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.77 \times 10^2 = 577 \text{ gpm}$$

## 8) SECCIÓN C-I (ENTRADA A QUEMADORES A CALDERAS 3-2)

$$\varnothing = 6'' \quad K = 1.8$$

$$L_{AI} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} - (L_{I-II} + L_{II-D}) =$$

$$L_{AI} = 123.36 + 131.53 + 236.16 - (26.40 + 24.10) =$$

$$L_{AI} = 491.02 - 50.50 = 440.55$$

$$K_{AI} = K_{AB} + K_{BC} + K_{CD} - (K_{I-D})$$

$$K_{AI} = 35.70 + 10.62 + 5.64 - (3.79)$$

$$K_{AI} = 51.96 - 3.79 = 48.17$$

$$K_{L=6} = \frac{0.015 \times 185.66 \times 12}{6.065} = 5.80$$

$$K_T = 1.8 + 5.80 = 7.60$$

$$L_e = \frac{7.60 \times 0.50}{0.015} = 253.33 \text{ pies}$$

$$h_{f_{CI}} = 0.015(185.66 + 253.33) \frac{1.10}{0.50} =$$

$$h_{f_{CI}} = 0.015 \times 438.99 \times 2.20 = 14.49$$

$$h_{f_{AI}} = h_{f_{AC}} + h_{f_{CI}}$$

$$h_{f_{AI}} = 244.23 + 14.49 = 258.72$$

$$P_I = 240 - h_{f_{AI}}(0.43) = 240 - 258.72 \times 0.43 = 240 - 111.25 = 128.75 \text{ psi.}$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.36 \times 12}{12^5} + \frac{131.53 \times 12}{4^5} + \frac{185.66 \times 12}{6^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2227.92}{7776} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (0.006 + 1.54 + 0.29) = 1.836$$

$$Q = \sqrt{\frac{258.72}{0.0311 \times 0.015 \times 1.836}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{258.72}{8.56 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{30.22 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.50 \times 10^2 = 550 \text{ gpm}$$

### 9) SECCIÓN C- II (A ENFRIADORES DE TURBINAS).

$$\varnothing = 6'' \quad K = 4.80$$

$$L_{AII} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} - (L_{II-D}) =$$

$$L_{AII} = 123.33 + 131.53 + 236.16 - (24.10) =$$

$$L_{AII} = 491.02 - 24.10 = 466.92 \text{ pies}$$

$$K_{AII} = K_{AB} + K_{BC} + K_{CD} - (K_{II-D})$$

$$K_{AII} = 35.70 + 10.62 + 5.64 - 0.84$$

$$K_{AII} = 51.96 - 0.84 = 51.12$$

$$K_{L=6} = \frac{0.015 \times 212.06 \times 12}{6.065} = 6.30$$

$$K_T = 4.80 + 6.30 = 11.10$$

$$L_e = \frac{11.10 \times 0.50}{0.015} = 370 \text{ pies}$$

$$h_{f_{CII}} = 0.015(212.06 + 370) \frac{1.10}{0.50} =$$

$$h_{f_{CII}} = 0.015 \times 582.06 \times 2.20 = 19.21$$

$$h_{AII} = h_{f_{AI}} + h_{f_{CII}} = 258.72 + 19.21 = 277.93$$

$$P_{II} = 240 - h_{f_{AII}}(0.43) = 240 - 277.93 \times 0.43 = 240 - 119.50 = 120.50 \text{ psi.}$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.33 \times 12}{12^5} + \frac{131.53 \times 12}{4^5} + \frac{212.06 \times 12}{6^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2544.72}{7776} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (0.006 + 1.54 + 0.33) = 1.876$$

$$Q = \sqrt{\frac{277.93}{0.0311 \times 0.015 \times 1.876}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{277.93}{8.75 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{31.76 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.63 \times 10^2 = 563 \text{ gpm}$$

## 10) SECCIÓN C-III (A GABINETES 1)

$$\varnothing = 6'' \quad K = 7.70$$

$$L_{AIII} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CIII} =$$

$$L_{AIII} = 123.36 + 131.53 + 236.16 + (21.81) =$$

$$L_{AIII} = 491.05 + 21.81 = 512.86$$

$$K_{AIII} = K_{AB} + K_{BC} + K_{CD} + (K_{III-D})$$

$$K_{AIII} = 35.70 + 10.62 + 5.64 + 2.06$$

$$K_{AIII} = 51.96 + 2.06 = 54.02$$

$$K_{L=6} = \frac{0.015 \times 257.97 \times 12}{6.065} = 7.66$$

$$KT=7.70+7.66=15.36$$

$$L_e = \frac{15.36 \times 0.50}{0.015} = 512.00 \text{ pies}$$

$$h_{f_{CIII}} = 0.015(257.97 + 512.00) \frac{1.10}{0.50} =$$

$$h_{CIII} = 0.015 \times 769.97 \times 2.20 = 25.41$$

$$h_{f_{AIII}} = h_{f_{AII}} + h_{f_{CIII}} = 277.93 + 25.41 = 303.34$$

$$P_{III} = 240 - h_{f_{AIII}}(0.43) = 240 - 303.34 \times 0.43 = 240 - 130.44 = 109.56 \text{ psi.}$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.33 \times 12}{12^5} + \frac{131.53 \times 12}{4^5} + \frac{257.97 \times 12}{6^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{3095.64}{7776} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (0.006 + 1.54 + 0.40) = 1.946$$

$$Q = \sqrt{\frac{303.34}{0.0311 \times 0.015 \times 1.946}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{303.34}{9.08 \times 10^{-4}}} =$$

$$Q = \sqrt{33.41 \times 10^4} =$$

$$Q = 5.78 \times 10^2 = 578 \text{ gpm}$$

Escriba aquí la ecuación.

## CÁLCULOS DE CAUDALES DE SISTEMA CONTRA INCENDIO

### CIRCUITO II

## 1) SECCIÓN DI

$$\varnothing=12''$$

$$L=559.24\text{pies}$$

$$K=68.30$$

$$K_{L=12}=\frac{0.013 \times 559.24 \times 12}{12} = 7.27$$

$$k_T=68.30+7.27=75.57$$

$$L_e=\frac{75.57 \times 1}{0.013} = 5813\text{pies}$$

$$h_{f_{DI}} = 0.013(559.24 + 5813) \frac{1.10}{1} =$$

$$h_{f_{DI}} = 0.013 \times 6372.24 \times 1.10 = 91.12$$

$$h_{f_{AI}} = h_{f_{AB}} + h_{f_{BC}} + h_{f_{CD}} + h_{f_{DI}} =$$

--Cálculo de  $h_{f_{AB}}$

$$\varnothing=12''$$

$$L=123.33\text{pies}$$

$$K=35.70$$

$$K_{L=12}=\frac{0.013 \times 123.33 \times 12}{12} = 1.60$$

$$k_T=35.70+1.60=37.30$$

$$L_e=\frac{37.30 \times 1}{0.013} = 2869.23\text{pies}$$

$$h_{f_{AB}} = 0.013(123.33 + 2869.23) \frac{5.60}{1} =$$

$$h_{f_{AB}} = 0.013 \times 2992.56 \times 5.60 = 217.86\text{pies}$$

---Cálculo de  $h_{f_{BC}}$

$$\varnothing=4''$$

$$L=131.53\text{pies}$$

$$K=10.78$$

$$K_{L=4}=\frac{0.017 \times 131.53 \times 12}{4.026} = 6.66$$

$$k_T=10.78+6.66=17.44$$

$$Le=\frac{17.44 \times 0.333}{0.017} = 341.62\text{pies}$$

$$h_{f_{BC}} = 0.013(131.53 + 341.62) \frac{1.10}{0.333} =$$

$$h_{f_{BC}} = 0.017 \times 473.15 \times 3.30 = 26.54\text{pies}$$

---Cálculo de  $h_{f_{CD}}$

$$\varnothing=6''$$

$$L=236.16\text{pies}$$

$$K=5.64$$

$$K_{L=6}=\frac{0.015 \times 236.16 \times 12}{6.065} = 7$$

$$k_T=5.64+7=12.64$$

$$Le=\frac{12.64 \times 0.50}{0.015} = 421.33\text{pies}$$

$$h_{f_{CD}} = 0.015(236.16 + 421.33) \frac{1.10}{0.50} =$$

$$h_{f_{CD}} = 0.015 \times 657.49 \times 2.2 = 21.69\text{pies}$$

$$h_{f_{AI}} = 217.86 + 26.54 + 21.69 + 91.12 = 357.21\text{pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33 \times 12}{12^5} + \frac{131.53 \times 12}{4^5} + \frac{236.16 \times 12}{6^5} + \frac{559.24 \times 12}{12^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2833.92}{7776} + \frac{559.24}{20736} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 0.006 + 1.54 + 0.36 + 0.027 = 1.93$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{h_{f_{AI}}}{0.0311 \times f \times \frac{L}{d^5}}} = \sqrt{\frac{357.21}{0.0311 \times 0.013 \times 1.93}} = \sqrt{\frac{357.21}{7.8 \times 10^{-4}}}$$

$$Q_1 = \sqrt{45.80 \times 10^4} = 6.76 \times 10^2 \text{ gpm} = 676 \text{ gpm}$$

## 2) SECCIÒN IL

$$\text{Ø} = 6''$$

$$L = 847 \text{ pies}$$

$$K = 52.78$$

$$K_{L=6} = \frac{0.015 \times 847 \times 12}{6.065} = 25.14$$

$$K_T = 52.78 + 25.14 = 77.92$$

$$L_e = \frac{77.92 \times 0.50}{0.015} = 2597.33 \text{ pies}$$

$$h_{f_{IL}} = 0.015(847 + 2597.33) \frac{1.10}{0.50} = 113.66$$

$$h_{f_{AL}} = 357.88 + 113.66 = 471.54$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33 \times 12}{12^5} + \frac{131.53 \times 12}{4^5} + \frac{236.16 \times 12}{6^5} + \frac{559.24 \times 12}{12^5} + \frac{847 \times 12}{6^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2833.92}{7776} + \frac{559.24}{20736} + \frac{10164}{7776} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 0.006 + 1.54 + 0.36 + 0.027 + 1.30 = 1.93 + 1.30 = 3.23 \text{ pies}$$

$$Q_L = \sqrt{\frac{h_{fAL}}{0.0311xfx\frac{L}{d^5}}} = \sqrt{\frac{471.54}{0.0311x0.015x3.23}} = \sqrt{\frac{471.54}{15x10^{-4}}}$$

$$Q_L = \sqrt{31.44x10^4} = 5.60x10^2 \text{ gpm} = 560 \text{ gpm}$$

### 3) SECCIÒN IJ

$$\varnothing = 6''$$

$$L = 1056.10$$

$$K = 3.95$$

$$K_{L=6} = \frac{0.015x1056.10x12}{6.065} = 31.34$$

$$k_T = 3.95 + 31.34 = 35.29$$

$$L_e = \frac{35.29x0.50}{0.015} = 1176.33 \text{ pies}$$

$$h_{fIJ} = 0.015(1056.10 + 1176.33) \frac{1.10}{0.50} =$$

$$h_{fIJ} = 0.015x2232.43x2.2 = 73.67$$

$$h_{fAJ} = 329.08 + 73.67 = 402.74$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33x12}{12^5} + \frac{131.53x12}{4^5} + \frac{236.16x12}{6^5} + \frac{559.24x12}{12^5} + \frac{1056.10x12}{6^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2833.92}{7776} + \frac{559.24}{20736} + \frac{12673.20}{7776} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 0.006 + 1.54 + 0.36 + 0.027 + 1.63 = 1.93 + 1.63 = 3.56 \text{ pies}$$

$$Q_J = \sqrt{\frac{h_{f_{AJ}}}{0.0311 x f x \frac{L}{d^5}}} = \sqrt{\frac{402.74}{0.0311 x 0.015 x 3.56}} = \sqrt{\frac{402.74}{16.60 x 10^{-4}}}$$

$$Q_J = \sqrt{24.26 x 10^4} = 4.92 x 10^2 \text{ gpm} = 492 \text{ gpm}$$

#### 4) SECCIÒN JK

$$\varnothing = 42$$

$$L = 240.42 \text{ pies}$$

$$K = 5.05$$

$$K_{L=4} = \frac{0.017 x 240.42 x 12}{4.026} = 12.18$$

$$k_T = 5.05 + 12.18 = 17.23$$

$$L_e = \frac{17.23 x 0.333}{0.017} = 337.50 \text{ pies}$$

$$h_{f_{IJ}} = 0.017(240.42 + 337.50) \frac{1.10}{0.333} =$$

$$h_{f_{IJ}} = 0.017 x 577.92 x 3.30 = 32.42$$

$$h_{f_{AJ}} = 402.74 + 32.42 = 435.16$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33 x 12}{12^5} + \frac{131.53 x 12}{4^5} + \frac{236.16 x 12}{6^5} + \frac{559.24 x 12}{12^5} + \frac{1056.10 x 12}{6^5} + \frac{240.42 x 12}{4^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2833.92}{7776} + \frac{559.24}{20736} + \frac{12673.20}{7776} + \frac{2885.04}{1024} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 0.006 + 1.54 + 0.36 + 0.027 + 1.63 + 2.82 = 3.56 + 2.82 = 6.38 \text{ pies}$$

$$Q_k = \sqrt{\frac{h_{fAJ}}{0.0311xfx\frac{L}{d^5}}} = \sqrt{\frac{435.16}{0.0311x0.017x6.38}} = \sqrt{\frac{435.16}{33.73x10^{-4}}}$$

$$Q_k = \sqrt{12.90x10^4} = 3.59x10^2 \text{gpm} = 359 \text{gpm}$$

## 5) SECCIÒN JLL

$$\text{Ø}=6''$$

$$L=232.38 \text{pies}$$

$$K=4.99$$

$$K_{L=6} = \frac{0.015x232.38x12}{6.065} = 6.90$$

$$k_T = 4.99 + 6.90 = 11.89$$

$$L_e = \frac{11.89x0.50}{0.015} = 396.33 \text{pies}$$

$$h_{fJLL} = 0.015(232.38 + 396.33) \frac{1.10}{0.50} =$$

$$h_{fJLL} = 0.015x628.71x2.20 = 20.75$$

$$h_{fALL} = 402.74 + 20.75 = 423.49$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33x12}{12^5} + \frac{131.53x12}{4^5} + \frac{236.16x12}{6^5} + \frac{559.24x12}{12^5} + \frac{1056.10x12}{6^5} + \frac{240.42x12}{4^5} +$$

$$\frac{232.38x12}{6^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.33}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2833.92}{7776} + \frac{559.24}{20736} + \frac{12673.20}{7776} + \frac{2885.04}{1024} + \frac{2788.56}{7776} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 0.006 + 1.54 + 0.36 + 0.027 + 1.63 + 2.82 = 3.56 + 0.36 = 3.92 \text{pies}$$

$$Q_{LL} = \sqrt{\frac{h_{f_{ALL}}}{0.0311xf\frac{L}{d^5}}} = \sqrt{\frac{423.49}{0.0311x0.015x3.92}} = \sqrt{\frac{423.49}{18.29x10^{-4}}}$$

$$Q_{LL} = \sqrt{23.15x10^4} = 4.81x10^2 \text{gpm} = 481 \text{gpm}$$

**RED INTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA "ING GONZALO CEVALLOS"  
ELECTROGUAYAS  
ACCESORIOS CIRCUITOS VARIOS**

SECCIÓN		RESERVORIO ACEITE TURBINAS I-II	QUEMADORES CALDERA 3	QUEMADORES CALDERA 2	LÍNEA GABINETE 1	LÍNEA GABINETE 2
MEDIDA TUBERÍA		4", 3", 2", 1 1/2"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2"	4", 1 1/2"	4", 1 1/2"
ACCESORIOS	FÓRMULA					
CODOS DE 45°	$K=16f_T$	4(4")	4(3")	4(3"),	----	-----
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	15(4"), 14(1 1/2")	2(4"), 1(3"), 14(1 1/2")	4(3"), 2(3"), 1(2"), 10(1 1/2")	8(4"), 4(1 1/2")	5(4")
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$ $\beta = \frac{d_1}{d_2}$	2(3"-2") 12(1 1/2"-3/4") 2(4"-1 1/2") 1(6"-4")	3(4"-3") 2(3"-2 1/2") 9(3"-1 1/2") 5(2 1/2"-1 1/2") 4(2 1/2"-2") 7(2"-1 1/2") 32(1 1/2"-3/4")	1(4"-3") 2(3"-2 1/2") 4(3"-1 1/2") 2(2 1/2"-1 1/2") 2(2 1/2"-2") 4(2"-1 1/2")	10(10"-4") 2(4"-1 1/2")	5(4"-1 1/2")

TE	$K=20f_T$ (lineal) $K=60f_T$ (ramal)	2(4") 2(1 1/2") 2(2") 4 Cruz(1 1/2")	3(4"),3(3"),1(2 1/2"), 1(2"),5(1 1/2") Tcruz:1(2"),1(2 1/2"),1(3")	4 (3"), 2(2 1/2") 2(2") 6(1 1/2")	1(4")	3(4")
VÁLVULAS COMPUERTA	$K=8f_T$	2(1 1/2")	----	---	1(4") 2(1 1/2")	1(4") 5(1 1/2")
VÁLVULAS ANGULARES	$K=55f_T$	2(1 1/2")	----	---	2(1 1/2")	5(1 1/2")
VÁLVULA CHEQUE	$K=50f_T$	-----	-----	----	-----	-----
VÁLVULA MARIPOSA	$K = 45f_T$ (2"-8")  $K = 35f_T$ (10-14) $K=25f_T$ (> 4")	----	-----	-----	----	-----
VÁLVULA GLOBO	$K = 340f_T$	----	----	-----	-----	----
HIDRANTES	$\frac{2.31}{\text{PULG}^2}$ LBS (2 salidas)	----	4.62	----	---	-----
BOCA TOMA DE 1 1/2"	15.10lbs./pulg <sup>2</sup>	2	---	----	2	5
BOCA TOMA DE 2 1/2"	$55 \frac{\text{Lbs}}{\text{pulg}^2}$	-----	----	-----	----	---
LONGITUD DE TUBERÌA	$h_f = f \frac{LV^2}{D^2g}$	1 1/2" 24m(78.72pies) 2" 36m(118pies) 3" 12m(39.36pies)	4" 40m(137.76pies) 3" 12m(39.36pies)	4" 10m(32.80pies) 3" 13.30m(43.60pies)	4" 31.30m (102.66pies )	4" 31.30m (102.66pies )

		4"90m(295.20pies)	2 1/2" 9m(29.52pies) 1 1/2" 36m(118pies) 3/4" 1.6m(5.25pies) 2" 9m(29.52pies)	) 2 1/2" 7m(23pies) 1 1/2" 49m(160.72pies) 2" 9m(29.52pies)	3"13m(42.6 4pies) 2"9m(29.52 pies)	3"13m(42.6 4pies) 2"9m(29.52 pies)
BUSHING REDUCTOR	----	12(1 1/2"-3/4")	16(1 1/2"-3/4")	16(1 1/2"-3/4")	----	----
BRIDAS	----	4(1 1/2")	2(4")	4(1 1/2")	4(4")	10(4")
MANGUERAS REVESTIDAS 2 1/2"	----	4	-----	-----	4	5
ROCIADORES 3/4 ABIERTOS	----	12	16	16	12	12
UNIÒN VICTAULICA	----	-----	2(4")	----	-----	----
VÁLVULA CONTROL 50 f <sub>T</sub>	----	1	1	1	----	----
TAPÒN ROSCADO	----	1(4")	1(4"),1(1 1/2")	----	-----	----

**RED INTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA "ING GONZALO CEVALLOS"  
ELECTROGUAYAS  
VALORES DE PÉRDIDAS SECUNDARIAS  
CIRCUITOS VARIOS**

SECCIÓN		RESERVORIO ACEITE TURBINAS I-II	QUEMADORES CALDERA 3	QUEMADORES CALDERA 2	LÍNEA GABINETE 1	LÍNEA GABINETE 2
MEDIDA TUBERÍA		4", 3", 2", 1 1/2"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2"	4", 1 1/2"	4", 1 1/2"
ACCESORIOS	FÓRMULA					
CODOS DE 45°	$K=16f_T$	1.088	1.152	1.152	-----	-----
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	7.65+8.82	1.02+0.54+9.24	2.16+1.08+0.58+ 6.3	4.08+2.52	2.55
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$ $\beta = \frac{d_1}{d_2}$	1.28+2.56 27.32+46.56	1.77+0.88+37.62 +14.75+1.48+9.3 1 124.16	0.59+0.88 16.72+14.75 +0.74+5.32 +8.36	13.77+27.5 4	68.20
TE	$K=20f_T$ (lineal) $K=60f_T$ (ramal)	0.68+0.76+1.08+5.04	1.02+1.08+0.36+ 0.38+2.1+1.08+1. 08+ 1.14	1.44+0.72+0.76+ 2.52	0.28	0.84
VÁLVULAS COMPUERTA	$K=8f_T$	0.336	----	-----	0.34+0.88	0.34+2.20

VÁLVULAS ANGULARES	$K=55f_T$	2.31	----	-----	2.31	5.78
VÁLVULA CHEQUE	$K=50f_T$	-----	-----	-----	----	-----
VÁLVULA MARIPOSA	$K = 45f_T$ (2"-8") $K = 35f_T$ (10-14) $K=25f_T$ (> 4")	-----	-----	----	----	----
VÁLVULA GLOBO	$K = 340f_T$	----	-----	-----	----	----
HIDRANTES	$\frac{2.31 \text{ LBS}}{\text{PULG}^2}$ (2 salidas)	-----	----	-----	-----	----
BOCA TOMA DE 1 ½"	15.10lbs./pulg <sup>2</sup>	30.20	----	----	30.20	75.50
BOCA TOMA DE 2 ½"	$55 \frac{\text{Lbs}}{\text{pulg}^2}$	----	----	----	----	---
LONGITUD DE TUBERÌA	$h = f \frac{LV^2}{D^2g}$	1 ½" 24m(78.72pies) 2" 36m(118pies) 3"12m(39.36pies) 4"90m(295.20pies)	4" 40m(137.76pies) 3" 12m(39.36pies) 2 ½" 9m(29.52pies) 1 ½" 36m(118pies)	4" 10m(32.80pies) 3" 13.30m(43.60pies) ) 2 ½" 7m(23pies) 1 ½" 49m(160.72pies)	4" 31.30m (102.66pies ) 3"13m(42.6 4pies) 2"9m(29.52 pies)	4" 31.30m (102.66pies ) 3"13m(42.6 4pies) 2"9m(29.52 pies)

			$\frac{3}{4}$ " 1.6m(5.25pies) 2" 9m(29.52pies)	2" 9m(2 9.52pies)		
BUSHING REDUCTOR		3.24	4.32	4.32	----	----
BRIDAS		-----	-----	-----	-----	-----
MANGUERAS REVESTIDAS 2 ½"		-----	-----	-----	-----	-----
ROCIADORES $\frac{3}{4}$ ABIERTOS		22.80	128	128	22.80	22.80
UNIÓN VICTAULICA			-----			
VÁLVULA CONTROL		0.136	0.136	0.136	----	-----
TAPÓN ROSCADO		-----	-----			
VALORES TOTALES	K	161.85	342.62	196.52	104.72	178.21

**CÁLCULOS HIDRÁULICOS CIRCUITOS VARIOS**  
**SISTEMA CONTRA INCENDIO**

**1) RESERVORIOS DE ACEITE DE ENFRIADORES TURBINAS I-II**

$$K=161.85$$

$$L=78.72+118+39.36+295.20$$

$$L=531.28\text{pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{78.72 \times 12}{1.5^5} + \frac{118 \times 12}{2^5} + \frac{39.36 \times 12}{3^5} + \frac{295.20 \times 12}{4^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{944.64}{7.59} + \frac{1416}{32} + \frac{472.32}{243} + \frac{3542.40}{1024} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 124.46 + 44.25 + 1.94 + 3.46 = 174.11$$

$$L_e = \frac{161.85 \times 0.25}{0.018} = 2247.92$$

$$\frac{L}{d^5} = 174.11$$

$$\frac{531.28 \times 12}{174.11} = d^5$$

$$\sqrt[5]{366} = d$$

$$d = 3.25\text{pulg.}$$

$$h_{f_{T-I-II}} = f (L+L_e) \frac{v^2}{2gD}$$

$$h_{f_{T-I-II}} = 0.018(531.85 + 2247.92) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.25} =$$

$$h_{f_{T-I-II}} = 0.018 \times 2779.77 \times \frac{1.10}{0.25} =$$

$$h_{f_{T-I-II}} = 0.018 \times 2779.77 \times 4.4 = 200$$

$$Q = \sqrt{\frac{200}{0.0311 \times 0.018 \times 174.11}} = \sqrt{\frac{200}{974 \times 10^{-4}}}$$

$$Q = \sqrt{0.20 \times 10^4} = 0.4472 \times 10^2 = 44.72 \text{ gpm}$$

## 2) QUEMADORES CALDERA 3

$$K = 342.62$$

$$L = 137.76 + 39.36 + 29.52 + 118 + 5.25 + 29.52 =$$

$$L = 359.41 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{137.76 \times 12}{4^5} + \frac{39.36 \times 12}{3^5} + \frac{29.52 \times 12}{2.5^5} + \frac{118 \times 12}{1.5^5} + \frac{5.25 \times 12}{0.75^5} + \frac{29.52 \times 12}{2^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{1653.12}{1024} + \frac{472.36}{243} + \frac{354.24}{97.66} + \frac{1416}{7.59} + \frac{63}{0.24} + \frac{354.24}{32} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 1.61 + 1.94 + 3.63 + 186.56 + 262.50 + 11.07 = 467.31$$

$$L_e = \frac{342.62 \times 0.125}{0.021} = 2039.40$$

$$\frac{L}{d^5} = 467.31$$

$$\frac{359.41 \times 12}{467.31} = d^5$$

$$\sqrt[5]{9.23} = d$$

$$d = 1.56 \text{ pulg.}$$

$$h_{f_{C-3}} = f(L + L_e) \frac{V^2}{2gD} =$$

$$h_{f_{C-3}} = 0.018(359.41 + 2039.40) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.125} =$$

$$h_{f_{C-3}} = 0.021 \times 2398.81 \times \frac{1.10}{0.125} =$$

$$h_{f_{C-3}} = 0.021 \times 2398.81 \times 8.8 = 443.30$$

$$Q = \sqrt{\frac{443.30}{0.0311 \times 0.021 \times 467.31}} = \sqrt{\frac{443.30}{3052 \times 10^{-4}}}$$

$$Q = \sqrt{0.145 \times 10^4} = 0.38 \times 10^2 = 38 \text{ gpm}$$

### 3) QUEMADORES CALDERA 2

$$K = 196.52$$

$$L = 32.80 + 43.60 + 23.00 + 160.72 + 29.52 =$$

$$L = 289.64 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{32.80 \times 12}{4^5} + \frac{43.60 \times 12}{3^5} + \frac{23.00 \times 12}{2.5^5} + \frac{160.72 \times 12}{1.5^5} + \frac{29.52 \times 12}{2^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{393.60}{1024} + \frac{523.20}{243} + \frac{276.00}{97.66} + \frac{1928.64}{7.59} + \frac{354.24}{32} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 0.384 + 2.15 + 2.83 + 254.10 + 11.07 = 270.53$$

$$L_e = \frac{196.52 \times 0.083}{0.023} = 709.18$$

$$\frac{L}{d^5} = 270.53$$

$$\frac{289.64 \times 12}{270.53} = d^5$$

$$\sqrt[5]{1.07} = d$$

$$d = 1.03 \text{ pulg.}$$

$$h_{f_{C-2}} = f (L + L_e) \frac{v^2}{2gD} =$$

$$h_{f_{C-2}} = 0.023(289.64 + 709.18) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.083} =$$

$$h_{f_{C-2}} = 0.023 \times 998.82 \times \frac{1.10}{0.083} =$$

$$h_{f_{C-2}} = 0.023 \times 998.82 \times 13.25 = 304.39$$

$$Q = \sqrt{\frac{304.39}{0.0311 \times 0.023 \times 270.53}} = \sqrt{\frac{304.39}{1935 \times 10^{-4}}}$$

$$Q = \sqrt{0.157 \times 10^4} = 0.40 \times 10^2 = 40 \text{ gpm}$$

#### 4) LÍNEA GABINETE 1

$$K = 104.72$$

$$L = 102.66 + 42.64 + 29.52 =$$

$$L = 174.82 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{102.66 \times 12}{4^5} + \frac{42.64 \times 12}{3^5} + \frac{29.52 \times 12}{2^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{1231.92}{1024} + \frac{511.68}{243} + \frac{354.24}{32} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 1.20 + 2.11 + 11.07 = 14.38$$

$$L_e = \frac{104.72 \times 0.20}{0.018} = 1163.55$$

$$\frac{L}{d^5} = 14.38$$

$$\frac{174.82 \times 12}{14.38} = d^5$$

$$d = \sqrt[5]{145.89}$$

$$d = 2.70 \text{ pulg. (2.5")}$$

$$h_{f_{G-1}} = f (L+Le) \frac{v^2}{2gD}$$

$$h_{f_{G-1}} = 0.018(174.82 + 1163.55) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.20} =$$

$$h_{f_{G-1}} = 0.018 \times 1338.37 \times \frac{1.10}{0.20} =$$

$$h_{f_{G-1}} = 0.018 \times 1338.37 \times 5.50 = 132.50$$

$$Q = \sqrt{\frac{132.50}{0.0311 \times 0.018 \times 14.38}} = \sqrt{\frac{132.50}{80.50 \times 10^{-4}}}$$

$$Q = \sqrt{1.65 \times 10^4} = 1.28 \times 10^2 = 128 \text{ gpm}$$

## 5) LÍNEA A GABINETE 2

$$K = 178.21$$

$$L = 102.66 + 42.64 + 29.52 =$$

$$L = 174.82 \text{ pies}$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{102.66 \times 12}{4^5} + \frac{42.64 \times 12}{3^5} + \frac{29.52 \times 12}{2^5} =$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{1231.92}{1024} + \frac{511.68}{243} + \frac{354.24}{32} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 1.20 + 2.11 + 11.07 = 14.38$$

$$L_e = \frac{178.21 \times 0.20}{0.018} = 1980.11$$

$$\frac{L}{d^5} = 14.38$$

$$\frac{174.82 \times 12}{14.38} = d^5$$

$$d = \sqrt[5]{145.89}$$

$$d = 2.70 \text{ pulg. (2.5")}$$

$$h_{f_{G-2}} = f(L+Le) \frac{V^2}{2gD}$$

$$h_{f_{G-2}} = 0.018(174.82 + 1980.11) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.20} =$$

$$h_{f_{G-2}} = 0.018 \times 2154.93 \times \frac{1.10}{0.20} =$$

$$h_{f_{G-2}} = 0.018 \times 2154.93 \times 5.50 = 213.34$$

$$Q = \sqrt{\frac{213.34}{0.0311 \times 0.018 \times 14.38}} = \sqrt{\frac{213.34}{80.50 \times 10^{-4}}}$$

$$Q = \sqrt{2.65 \times 10^4} = 1.63 \times 10^2 = 163 \text{ gpm}$$

**RED EXTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA "GONZALO CEVALLOS"  
ELECTROGUAYAS  
ACCESORIOS SUBESTACIÓN TRANSFORMADORES**

SECCIÓN		TRANSFORMADOR PRINCIPAL 1	TRANSFORMADOR PRINCIPAL 2	TRANSFORMADOR PRINCIPAL 3	TRANSFORMADORES AUXILIARES 1,2,3
MEDIDA TUBERÍA		4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"
ACCESORIOS	FÓRMULA				
CODOS DE 45°	$K=16f_T$	-----	----	----	----
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	1(4"), 4(3"), 2(2 1/2"), 4(2") 1(1 1/4"), 5(1"),	2(4"), 9(3"), 2(1 1/2")	2(4"), 9(3"), 2(1 1/2")	12(3"), 15(2"), 6(1") 6(4")
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$ $\beta = \frac{d_1}{d_2}$	11(1"-3/4"), 9(1 1/4"- 3/4") 8(1 1/2"-3/4"), 20(2"-3/4") 8(2 1/2"-3/4"), 6(1 1/4"-1") 4(1 1/4"-1 1/2"), 4(1 1/2"-2") 2(2 1/2"-2"), 3(3"-1 1/4")	11(1"-3/4"), 9(1 1/4"- 3/4") 8(1 1/2"-3/4"), 20(2"- 3/4") 8(2 1/2"-3/4"), 6(1 1/4"- 1") 4(1 1/4"-1 1/2"), 4(1 1/2"- 2")	11(1"-3/4"), 9(1 1/4"- 3/4") 8(1 1/2"-3/4"), 20(2"- 3/4") 8(2 1/2"-3/4"), 6(1 1/4"-1") 4(1 1/4"-1 1/2"), 4(1 1/2"- 2"), 4(2 1/2"-2"), 3(3"-1 1/4"), 2(2"-1 1/2"), 4(2 1/2"-	36(3"-3/4"), 36(2"-3/4") 6(2"-1"), 6(3"-2") 6(3"-1"), 6(1 1/2"-1"), 6(1"-3/4")

		-----	4(2 ½"-2"),3(3"-1 ¼"), 2(2"-1 ½"), 4(2½"-1 ½"),4(1 ½-1"),	1"),4(1 ½"-1"),	
TE	K=20 f <sub>T</sub> (lineal) K=60 f <sub>T</sub> (ramal)	4(3"),9(2 ½"),9(2"), 5(1¼),9(1") 1 Cruz(3")	4(3"),9(2 ½"),9(2"), 5(1¼),9(1") 1 Cruz(3")	4(3"),9(2 ½"),9(2"), 5(1¼),9(1") 1 Cruz(3")	6(1"),66(2"),6(3"),
VÁLVULAS COMPUERTA	K=8f <sub>T</sub>	1(4")	1(4")	1(4")	3(4")
VÁLVULA INUNDACIÓN	K=55f <sub>T</sub>	1(4")	1(4")	1(4")	3(4")
VÁLVULA CHEQUE	K=50f <sub>T</sub>	----	----	----	----
VÁLVULA MARIPOSA	K = 45f <sub>T</sub> (2"-8")  K = 35f <sub>T</sub> (10-14) K=25f <sub>T</sub> (> 4")	----	----	----	----
VALVULA GLOBO	K = 340f <sub>T</sub>	----	----	----	----
HIDRANTES	2.31 $\frac{\text{LBS}}{\text{PULG}^2}$ (2 salida	----	----	----	----

BOCA TOMA DE 1 ½"		----	----	----	----
BOCA TOMA DE 2 ½"	$55 \frac{\text{Lbs}}{\text{pulg}^2}$	----	----	----	----
LONGITUD DE TUBERÍA	$h_f = f \frac{LV^2}{D^2g}$	1 ½" 2.5m(8.20pies) 2" 12.00m(39.36pies) 3" 32.5m(106.60pies) 4" 9.45m(31.00pies) 2 ½" 7m(22.96pies) 1" 8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	1 ½" 9.50m(31.16pies) 4" 9.45m(31.00pies) 3" 32.50m(106.60pies) 2 ½" 7m(22.96pies) 2" 12m(39,36pies) 1" 8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	1 ½" 9.50m(31.16pies) 4" 9.45m(31.00pies) 3" 32.50m(106.60pies) 2 ½" 7m(22.96pies) 2" 12m(39.36pies) 1" 8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	4" 24m(78.72pies) 3" 123m(403.44pies) 1 ½" 18m(59pies) 2" 96m(315pies) 4" 40m(131.20pies) 2 ½" 21m(69pies) 1 1/4" 24m(78.72pies) 6" 36m (118pies) 1" 18m(59pies)
BRIDAS		2(4")	2(4")	2(4")	6(4")
MANGUERAS REVESTIDAS 2 ½"		----	----	----	----
ROCIADORES ¾ ABIERTOS	K=1.9	56	56	56	66

**RED EXTERIOR DE SISTEMA CONTRA INCENDIO  
CENTRAL TÉRMICA "GONZALO CEVALLOS"  
ELECTROGUAYAS  
VALORES DE PÉRDIDAS SECUNDARIAS  
SUBESTACIÓN DE TRANSFORMADORES**

SECCIÓN		TRANSFORMADOR PRINCIPAL 1	TRANSFORMADOR PRINCIPAL 2	TRANSFORMADOR PRINCIPAL 3	TRANSFORMADORES AUXILIARES 1,2,3
MEDIDA TUBERÍA		4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"	4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1"
ACCESORIOS	FÓRMULA				
CODOS DE 45°	$K=16f_T$	----	----	----	----
CODOS DE 90°	$K=30f_T$	0.51+2.16+1.08+2.28 + 0.66+3.45	1.02+4.86+1.08	1.02+4.86+1.08	6.48+8.58+4.14+3.06
REDUCCIONES	$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$	4.84+15.66+30.43 218.91+204.80+2.94 0.84+1.76+1.34+23.4	4.84+15.66+30.43 218.91+204.80+2.94 0.84+1.76+2.68+23.4	4.84+15.66+30.43 218.91+204.80+2.94 0.84+1.76+2.68+23.4	2047.50+394.00+23.28 7.68+129+6.90 2.64

	$\beta = \frac{d_1}{d_2}$	0	0 0.88+4.60+5.89	0.88+4.60+5.89	
TE	$K=20f_T$ (lineal) $K=60$ $f_T$ (ramal)	1.44+3.24+3.42+ 2.20+0.36	1.44+3.24+3.42+ 2.20+4.14+0.36	1.44+3.24+3.42+ 2.20+4.14+0.36	2.76+25.08+2.16
VÁLVULAS COMPUERTA	$K=8f_T$	0.136	0.136	0.136	0.408
VÁLVULA INUNDACIÓN	$K=55f_T$	0.935	0.935	0.935	2.80
VÁLVULA CHEQUE	$K=50f_T$	----	----	----	----
VÁLVULA MARIPOSA	$K$ $= 45f_T$ (2"-8")  $K$ $= 35f_T$ (10-14) $K=25f_T$ (> 4")	----	----	----	----
VÁLVULA GLOBO	$K = 340f_T$	----	----	----	----
HIDRANTES	$\frac{2.31}{\text{LBS}} \frac{\text{LBS}}{\text{PULG}^2}$ (2 salidas)	----	---	---	----

BOCA TOMA DE 1 ½"	----	----	----	---	----
BOCA TOMA DE 2 ½"	$55 \frac{\text{Lbs}}{\text{pulg}^2}$	-----	----	----	----
LONGITUD DE TUBERÌA	$h = f \frac{LV^2}{D^2g}$	1 ½" 2.5m(8.20pies) 2" 12.00m(39.36pies) 3" 32.5m(106.60pies) 4" 9.45m(31.00pies) 2 ½" 7m(22.96pies) 1" 8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	1 ½" 9.50m(31.16pies) 4" 9.45m(31.00pies) 3" 32.50m(106.60pies) 2 ½" 7m(22.96pies) 2" 12m(39,36pies) 1" 8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	1½" 9.50m(31.16pies) 4" 9.45m(31.00pies) 3" 32.50m(106.60pies) 2 ½" 7m(22.96pies) 2" 12m(39.36pies) 1" 8m(26.24pies) 1 ¼" 8m(26.24pies)	3" 123m(403.44pies) 1 ½" 18m(59pies) 2" 96m(315pies) 4" 6 4m(209.92pies) 2 ½" 21m(69pies) 1 1/4" 24m(78.72pies) 6" 36m (118pies) 1" 18m(59pies)
BRIDAS		2(4")	2(4")	2(4")	6(4")
MANGUERAS REVESTIDAS 2 ½"		---	----	----	---
ROCIADORES ¾ ABIERTOS	K=1.9	106.40	106.40	106.40	125.40
VALORES TOTALES	K	633.19	646.89	646.89	2791.86

## CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMADORES

### CENTRAL TÉRMICA ING. GONZALO CEVALLOS

#### Presiones en los puntos de entrada de cada Transformador

##### 1. Transformador Auxiliar 3

A continuación se detalla valores de pérdidas secundarias necesarios para los cálculos:

$$K = 60 f_T = 60 \times 0.014 = 0.84$$

$$K = 8 f_T = 8 \times 0.014 = 0.112$$

$$K = 30f_T = 30 \times 0.014 = 0.42$$

$$K = \frac{0.5 (1-\beta^2)(1)}{\beta^4} = 0.66(6''-8'')$$

$$K = 1.28(4''-6'')$$

$$K = 60f_T = 60 \times 0.015 = 0.90$$

$$K = 30f_T = 30 \times 0.017 = 0.51$$

$$K = 55f_T = 55 \times 0.017 = 0.94$$

$$K = 8 f_T = 8 \times 0.017 = 0.136$$

$$\sum K = 5.80$$

$$L = 30.88'$$

$$Le = \frac{5.80 \times 0.666}{0.014} = 275.91'$$

$$h_{f_{IV-1}} = \frac{0.014(30.88+275.91)8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.666} = 0.014 \times 306.79 \times 1.65 = 7.09'$$

$$P_1 = 240 - (275.35 + 7.09) 0.43 = 240 - 282.44 \times 0.43 =$$

$$P_1 = 240 - 121.45 = 118.55 \text{ psi}$$

## 2. Transformador Principal 3

$$K = 60 \times 0.015 = 0.90$$

$$K = 55 \times 0.017 = 0.94$$

$$K = 8 \times 0.017 = 0.136$$

$$K = 1.28 \text{ (6"-4")}$$

$$\sum K = 3.26$$

$$L = 6.5 \text{ m} = 21.32'$$

$$L_e = \frac{3.26 \times 0.50}{0.015} = 108.67'$$

$$h_{f_{1-2}} = \frac{0.015(21.32 + 108.67)8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.50} = 0.015 \times 129.99 \times 2.20 = 4.28'$$

$$P_2 = 240 - (282.44 + 4.28) \times 0.43 = 240 - 286.72 \times 0.43$$

$$P_2 = 240 - 123.29 = 116.71 \text{ psi}$$

## 3. Transformador Auxiliar 2

$$K = 60 f_T = 60 \times 0.015 = 0.90$$

$$K = 1.28 \text{ (6"-4")}$$

$$K = 0.94$$

$$K = 0.136$$

$$\sum K = 3.26$$

$$L = 6.8 \text{ m} = 22.30'$$

$$Le = \frac{3.26 \times 0.50}{0.015} = 108.67'$$

$$h_{f_{2-3}} = \frac{0.015(22.30+108.67)8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.50} = 0.015 \times 130.97 \times 2.2 = 4.32'$$

$$P_3 = 240 - (286.72 + 4.32)0.43 = 240 - 291.04 \times 0.43$$

$$P_3 = 240 - 125.15 = 114.85\text{psi}$$

#### 4. Transformador Auxiliar 1

$$K = 3.26$$

$$L = 6.5\text{m} = 21.32'$$

$$Le = \frac{3.26 \times 0.50}{0.015} = 108.67'$$

$$h_{f_{3-4}} = 0.015(21.32 + 108.67)2.2 = 0.015 \times 129.99 \times 2.2 =$$

$$h_{f_{3-4}} = 4.29$$

$$P_4 = 240 - (291.04 + 4.29) 0.43 = 240 - 295.33 \times 0.43$$

$$P_4 = 240 - 127 = 113\text{psi}$$

#### 5. Transformador Principal 2

$$K = 3.26$$

$$L = 5.3\text{m} = 17.38'$$

$$Le = \frac{3.26 \times 0.50}{0.015} = 108.67'$$

$$h_{f_{4-5}} = 0.015(17.38 + 108.67')2.2 = 0.015 \times 126.05 \times 2.2 = 4.16'$$

$$P_5 = 240 - (295.33 + 4.16) 0.43 = 240 - 299.49 \times 0.43$$

$$P_5 = 240 - 128.78 = 111.22 \text{ psi}$$

## 6. Transformador Principal 1

$$K = 30 \times 0.015 = 0.45$$

$$K = 55 \times 0.017 = 0.94$$

$$K = 8 \times 0.017 = 0.136$$

$$K = 1.28 \text{ (reducción 6"-4")}$$

$$\Sigma K = 2.80$$

$$L = 6.0 \text{ m} = 19.70'$$

$$L_e = \frac{2.80 \times 0.50}{0.015} = 93.33'$$

$$h_{f_{5-6}} = 0.015(19.70 + 93.33') \times 2.2 = 0.015 \times 113.03 \times 2.2 = 3.73'$$

$$P_6 = 240 - (299.49 + 3.73) 0.43 = 240 - 303.22 \times 0.43$$

$$P_6 = 240 - 130.38 = 109.62 \text{ psi}$$

## CAUDALES EN LOS PUNTOS DE ENTRADA DE CADA TRANSFORMADOR

### 1. Transformador Auxiliar 3

$$h_{f_1} = h_{f_{IV}} + h_{f_{IV-1}} = 275.35 + 7.09 = 282.44$$

De la ecuación:

$$h_f = 0.0311f \frac{LQ^2}{d^5} \text{ se va a despejar } Q$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{h_f}{0.0311f\left(\frac{L}{d^5}\right)}} = \sqrt{\frac{282.44}{0.0311 \times 0.014 \times 15.826}}$$

Aplicando la igualdad:

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{L_1}{d_1^5} + \frac{L_2}{d_2^5} + \frac{L_3}{d_3^5} + \dots \right)$$

Se va a calcular  $\frac{L}{D^5}$  en forma aproximada

$$\frac{L}{D^{5.33}} = \left( \frac{123.36 \times 12}{12^5} + \frac{131.53 \times 12}{4^5} + \frac{236.16 \times 12}{6^5} + \frac{144.32 \times 12}{10^5} + \frac{32.80 \times 12}{8^5} + \frac{30.88}{8^5} \right)$$

$$\frac{L}{d^5} = \frac{123.36}{20736} + \frac{1578.36}{1024} + \frac{2833.92}{7776} + \frac{1731.84}{100000} + \frac{393.60}{32768} + \frac{30.88}{32768}$$

$$\frac{L}{d^5} = 0.006 + 15.42 + 0.37 + 0.017 + 0.012 + 0.0009 =$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.826$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{282.44}{68.91 \times 10^{-4}}} = \sqrt{4.10 \times 10^4} = 2.025 \times 10^2 \text{ gpm}$$

$$Q_1 = 202.50 \text{ gpm}$$

## 2. Transformador Principal 3

$$\frac{L}{d^5} = 15.826 + \frac{21.32 \times 12}{6^5} = 15.826 + \frac{255.84}{7776}$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.826 + 0.033 = 15.859$$

$$h_f = 282.44 + 4.28 = 286.72$$

$$Q_2 = \sqrt{\frac{286.72}{0.0311 \times 0.015 \times 15.86}} = \sqrt{\frac{286.72}{73.99 \times 10^{-4}}} = \sqrt{3.875 \times 10^4}$$

$$Q_2 = 1.97 \times 10^2 = 197 \text{ gpm}$$

## 3. Transformador Auxiliar 2

$$\frac{L}{d^5} = 15.826 + \frac{22.30 \times 12}{6^5} = 15.826 + \frac{267.60}{7776}$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.826 + 0.0344 = 15.86$$

$$h_f = 286.72 + 4.32 = 291.04$$

$$Q_2 = \sqrt{\frac{291.04}{0.0311 \times 0.015 \times 15.86}} = \sqrt{\frac{291.04}{73.99 \times 10^{-4}}} = \sqrt{3.93 \times 10^4}$$

$$Q_2 = 1.98 \times 10^2 = 198 \text{ gpm}$$

## 4. Transformador Auxiliar 1

$$h_f = 4.29$$

$$L = 21.32$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.86 + \frac{21.32 \times 12}{6^5} = 15.826 + \frac{255.84}{7776}$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.86 + 0.033 = 15.89$$

$$h_f = 291.04 + 4.29 = 295.33$$

$$Q_2 = \sqrt{\frac{295.33}{0.0311 \times 0.015 \times 15.89}} = \sqrt{\frac{295.33}{74.13 \times 10^{-4}}} = \sqrt{3.98 \times 10^4}$$

$$Q_2 = 1.99 \times 10^2 = 199 \text{ gpm}$$

## 5. Transformador Principal 2

$$L = 17.38'$$

$$h_f = 4.16$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.89 + \frac{17.38 \times 12}{6^5} = 15.89 + \frac{208.56}{7776} =$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.89 + 0.027 = 15.92$$

$$h_f = 295.33 + 4.16 = 299.49$$

$$Q_2 = \sqrt{\frac{299.49}{0.0311 \times 0.015 \times 15.92}} = \sqrt{\frac{299.49}{74.27 \times 10^{-4}}} = \sqrt{4.03 \times 10^4}$$

$$Q_2 = 2.00 \times 10^2 = 200 \text{ gpm}$$

## 6. Transformador Principal 1

$$L = 19.70'$$

$$h_f = 3.70$$

$$\frac{L}{d^5} = 15.92 + \frac{19.70 \times 12}{6^5} = 15.92 + \frac{236.40}{7776} =$$

$$\frac{L}{D^{5.33}} = 15.92 + 0.030 = 15.95$$

$$h_f = 299.49 + 3.70 = 303.19$$

$$Q_2 = \sqrt{\frac{303.19}{0.0311 \times 0.015 \times 15.95}} = \sqrt{\frac{303.19}{74.40 \times 10^{-4}}} = \sqrt{4.08 \times 10^4}$$

$$Q_2 = 2.02 \times 10^2 = 202 \text{ gpm}$$

## CÁLCULO DE CAUDALES A LA SALIDA DE CADA TRANSFORMADOR

### 1. Transformador Principal 1

$$K = 633.19$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{8.20 \times 12}{1.5^5} + \frac{39.36 \times 12}{2^5} + \frac{106.60 \times 12}{3^5} + \frac{31.00 \times 12}{4^5} + \frac{22.96 \times 12}{2.5^5} + \frac{26.24 \times 12}{1^5} + \frac{26.24 \times 12}{1.25^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{98.40}{7.59} + \frac{472.32}{32} + \frac{1279.20}{243} + \frac{372.00}{1024} + \frac{275.52}{97.66} + \frac{314.88}{1} + \frac{314.88}{3.05} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (12.96 + 14.76 + 5.26 + 0.36 + 2.82 + 314 + 103.24) =$$

$$\frac{L}{d^5} = 453.40$$

$$L = 8.20 + 39.36 + 106.60 + 31.00 + 22.96 + 26.24 + 26.24 = 260.60 \text{ pies}$$

$$\frac{260.60 \times 12}{453.40} = d^5$$

$$\sqrt[5]{\frac{3127.20}{453.40}} = d$$

$$d = \sqrt[5]{6.90} = 0.98''$$

$$d = 1''$$

$$L_e = \frac{KD}{f} = \frac{633.19 \times 0.083}{0.023} = 2285 \text{ pies}$$

$$h_{f_{T.P.1}} = f(L + L_e) \frac{V^2}{2gD} =$$

$$h_{f_{T.P.1}} = 0.023(260.60 + 2285) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.083} =$$

$$h_{f_{T.P.1}} = 0.023 \times 2545.60 \times \frac{1.10}{0.083} =$$

$$h_{f_{T.P.1}} = 0.023 \times 2545.60 \times 13.25 = 775.77$$

$$Q_{f_{T.P.1}} = \sqrt{\frac{775.77}{0.0311 \times 0.023 \times 453.40}}$$

$$Q_{f_{T.P.1}} = \sqrt{\frac{775.77}{0.32}} = \sqrt{2424.28} = 49.24 \text{ gpm}$$

## 2. Transformador Principal 2

$$K = 646.86$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{31.16 \times 12}{1.5^5} + \frac{39.36 \times 12}{2^5} + \frac{106.60 \times 12}{3^5} + \frac{31.00 \times 12}{4^5} + \frac{22.96 \times 12}{2.5^5} + \frac{26.24 \times 12}{1^5} + \frac{26.24 \times 12}{1.25^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{378.92}{7.59} + \frac{472.32}{32} + \frac{1279.20}{243} + \frac{372.00}{1024} + \frac{275.52}{97.66} + \frac{314.88}{1} + \frac{314.88}{3.05} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (49.92 + 14.76 + 5.26 + 0.36 + 2.82 + 314 + 103.24) =$$

$$\frac{L}{d^5} = 490.36$$

$$L = 31.16 + 39.36 + 106.60 + 31.00 + 22.96 + 26.24 + 26.24 = 283.56 \text{ pies}$$

$$\frac{283.56 \times 12}{490.36} = d^5$$

$$\sqrt[5]{\frac{3402.72}{490.36}} = d$$

$$d = \sqrt[5]{6.94} = 1.47''$$

$$d = 1.5''$$

$$L_e = \frac{KD}{f} = \frac{646.86 \times 0.125}{0.021} = 3850.36 \text{ pies}$$

$$h_{f_{T.P.2}} = f(L + L_e) \frac{V^2}{2gD} =$$

$$h_{f_{T.P.2}} = 0.021(283.56 + 3850.36) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.125} =$$

$$h_{f_{T.P.2}} = 0.021 \times 4133.92 \times \frac{1.10}{0.125} =$$

$$h_{f_{T.P.2}} = 0.021 \times 4133.92 \times 8.80 = 763.95$$

$$Q_{f_{T.P.2}} = \sqrt{\frac{763.95}{0.0311 \times 0.021 \times 490.36}}$$

$$Q_{f_{T.P.2}} = \sqrt{\frac{763.98}{0.32}} = \sqrt{2387.34} = 48.86 \text{ gpm}$$

### 3. Transformador Auxiliar 1

$$K = 930.62$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{19.67 \times 12}{1.5^5} + \frac{39.36 \times 12}{2^5} + \frac{105.00 \times 12}{3^5} + \frac{69.97 \times 12}{4^5} + \frac{23.00 \times 12}{2.5^5} + \frac{19.67 \times 12}{1^5} + \frac{26.24 \times 12}{1.25^5} + \frac{39.33 \times 12}{6^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{236.04}{7.59} + \frac{472.32}{32} + \frac{1260.00}{243} + \frac{839.64}{1024} + \frac{276.00}{97.66} + \frac{236.04}{1} + \frac{314.88}{3.05} + \frac{471.96}{7776} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (31.10 + 14.76 + 5.19 + 0.82 + 2.83 + 236.04 + 103.24 + 0.061) =$$

$$\frac{L}{d^5} = 394.04$$

$$L = 19.67 + 39.36 + 105.00 + 69.97 + 23.00 + 19.67 + 26.24 + 39.33 =$$

$$L = 342.24 \text{ pies}$$

$$\frac{342.24 \times 12}{394.04} = d^5$$

$$\sqrt[5]{\frac{4106.88}{394.04}} = d$$

$$d = \sqrt[5]{10.42} = 1.60''$$

$$d = 1.5''$$

$$L_e = \frac{KD}{f} = \frac{930.62 \times 0.125}{0.021} = 5539.40 \text{ pies}$$

$$h_{f_{T.A.1}} = f(L + L_e) \frac{V^2}{2gD} =$$

$$h_{f_{T.A.1}} = 0.021(342.24 + 5539.40) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.125} =$$

$$h_{f_{T.A.1}} = 0.021 \times 5881.65 \times \frac{1.10}{0.125} =$$

$$h_{f_{T.A.1}} = 0.021 \times 5539.40 \times 8.80 = 1023.68$$

$$Q_{f_{T.A.1}} = \sqrt{\frac{1023.68}{0.0311 \times 0.021 \times 394.04}}$$

$$Q_{f_{T.A.1}} = \sqrt{\frac{1023.68}{0.26}} = \sqrt{3937.23} = 62.75 \text{ gpm}$$

#### 4. Transformador Auxiliar 2

$$Q_{f_{T.A.2}} = \sqrt{\frac{1023.68}{0.26}} = \sqrt{3937.23} = 62.75 \text{ gpm}$$

#### 5. Transformador Principal 3

$$K = 646.86$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{31.16 \times 12}{1.5^5} + \frac{39.36 \times 12}{2^5} + \frac{106.60 \times 12}{3^5} + \frac{31.00 \times 12}{4^5} + \frac{22.96 \times 12}{2.5^5} + \frac{26.24 \times 12}{1^5} + \frac{26.24 \times 12}{1.25^5} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = \left( \frac{378.92}{7.59} + \frac{472.32}{32} + \frac{1279.20}{243} + \frac{372.00}{1024} + \frac{275.52}{97.66} + \frac{314.88}{1} + \frac{314.88}{3.05} \right) =$$

$$\frac{L}{d^5} = (49.92 + 14.76 + 5.26 + 0.36 + 2.82 + 314 + 103.24) =$$

$$\frac{L}{d^5} = 490.36$$

$$L=31.16+39.36+106.60+31.00+22.96+26.24+26.24=283.56\text{pies}$$

$$\frac{283.56 \times 12}{490.36} = d^5$$

$$\sqrt[5]{\frac{3402.72}{490.36}} = d$$

$$d = \sqrt[5]{6.94} = 1.47''$$

$$d = 1.5''$$

$$L_e = \frac{KD}{f} = \frac{646.86 \times 0.125}{0.021} = 3850.36 \text{ pies}$$

$$h_{f_{T.P.3}} = f(L + L_e) \frac{V^2}{2gD} =$$

$$h_{f_{T.P.3}} = 0.021(283.56 + 3850.36) \frac{8.44^2}{2 \times 32.2 \times 0.125} =$$

$$h_{f_{T.P.3}} = 0.021 \times 4133.92 \times \frac{1.10}{0.125} =$$

$$h_{f_{T.P.3}} = 0.021 \times 4133.92 \times 8.80 = 763.95$$

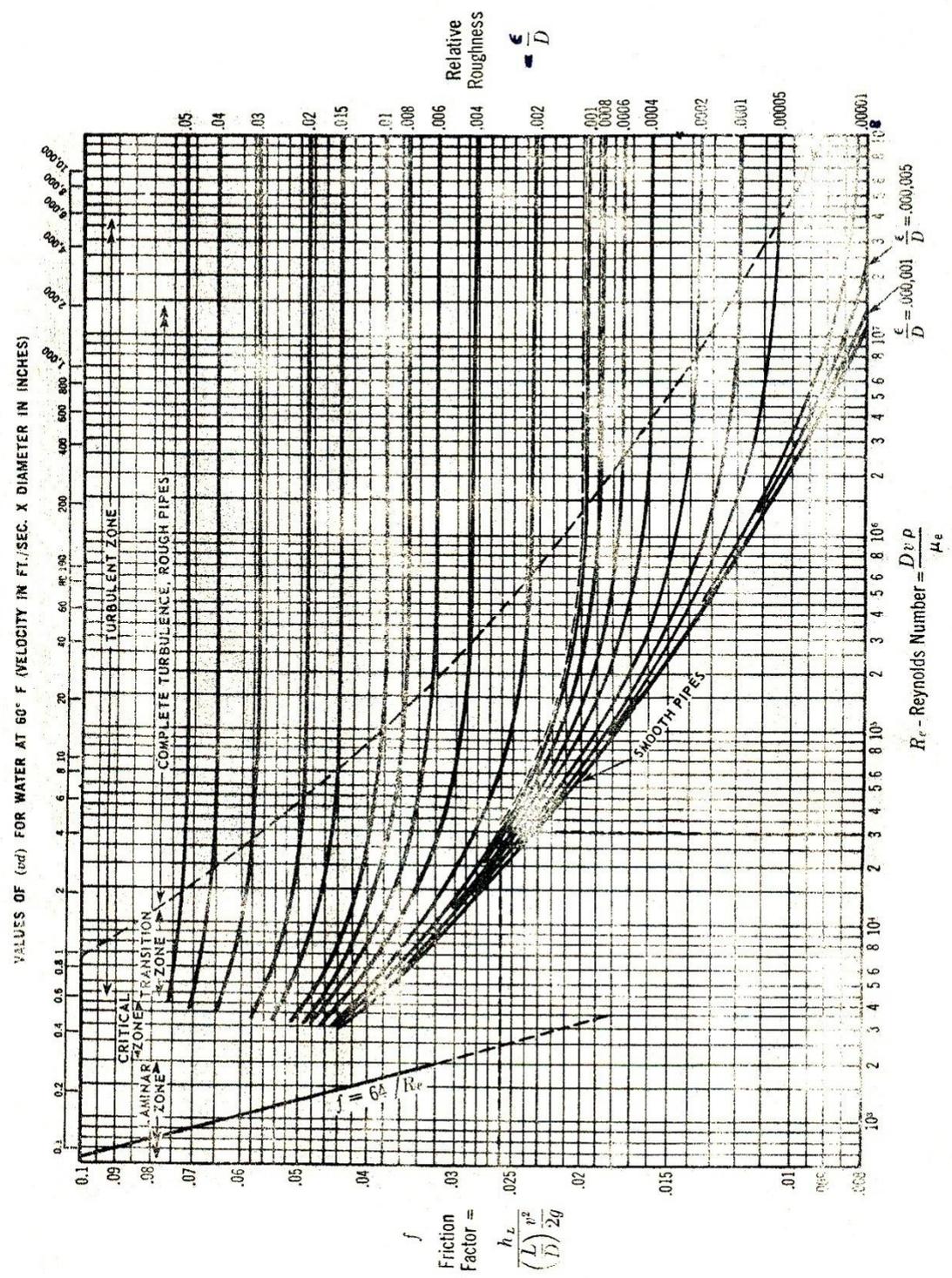
$$Q_{f_{T.P.3}} = \sqrt{\frac{763.95}{0.0311 \times 0.021 \times 490.36}}$$

$$Q_{f_{T.P.2}} = \sqrt{\frac{763.95}{0.32}} = \sqrt{2387.34} = 48.86 \text{ gpm}$$

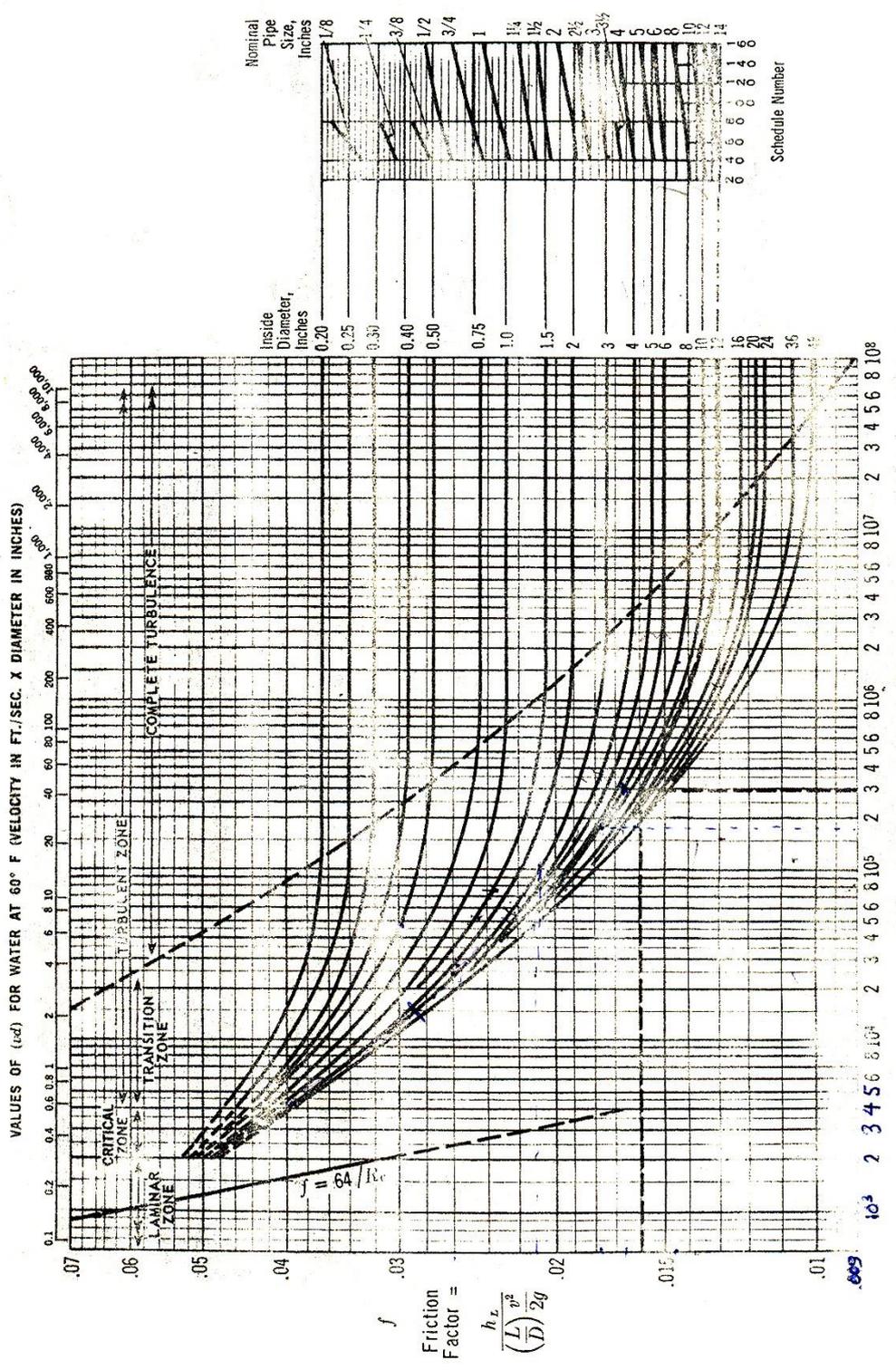
## 6. Transformador Auxiliar 3

$$Q_{f_{T.A.3}} = \sqrt{\frac{1023.68}{0.26}} = \sqrt{3937.23} = 62.75 \text{ gp}$$

### Friction Factors for Any Type of Commercial Pipe<sup>18</sup>



### Friction Factors for Clean Commercial Steel Pipe<sup>18</sup>



$Re = \text{Reynolds Number} = \frac{Dv\rho}{\mu_c}$

**"K" FACTOR TABLE—SHEET 1 of 4**  
**Representative Resistance Coefficients (K) for Valves and Fittings**

("K" is based on use of schedule pipe as listed on page 2-10)

**PIPE FRICTION DATA FOR CLEAN COMMERCIAL STEEL PIPE  
 WITH FLOW IN ZONE OF COMPLETE TURBULENCE**

Nominal Size	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2, 3"	4"	5"	6"	8, 10"	12-16"	18-24"
Friction Factor ( $f_t$ )	.027	.025	.023	.022	.021	.019	.018	.017	.016	.015	.014	.013	.012

**FORMULAS FOR CALCULATING "K" FACTORS\*  
 FOR VALVES AND FITTINGS WITH REDUCED PORT**  
 (Ref: Pages 2-11 and 3-4)

• Formula 1

$$K_2 = \frac{0.8 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

• Formula 2

$$K_2 = \frac{0.5 (1 - \beta^2) \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}}}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

• Formula 3

$$K_2 = \frac{2.6 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

• Formula 4

$$K_2 = \frac{(1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

• Formula 5

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Formula 1} + \text{Formula 3}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \sin \frac{\theta}{2} [0.8 (1 - \beta^2) + 2.6 (1 - \beta^2)^2]}{\beta^4}$$

• Formula 6

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Formula 2} + \text{Formula 4}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + 0.5 \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}} (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2}{\beta^4}$$

• Formula 7

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \beta (\text{Formula 2} + \text{Formula 4}) \text{ when } \theta = 180^\circ$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \beta [0.5 (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2]}{\beta^4}$$

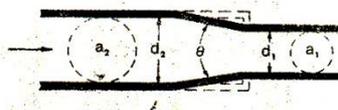
$$\beta = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\beta^2 = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 = \frac{a_1}{a_2}$$

Subscript 1 defines dimensions and coefficients with reference to the smaller diameter.  
 Subscript 2 refers to the larger diameter.

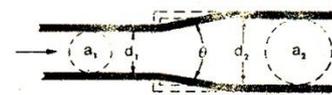
\* Use "K" furnished by valve or fitting supplier when available.

**SUDDEN AND GRADUAL CONTRACTION**



If:  $\theta \approx 45^\circ \dots \dots \dots K_2 = \text{Formula 1}$   
 $45^\circ < \theta \approx 180^\circ \dots \dots K_2 = \text{Formula 2}$

**SUDDEN AND GRADUAL ENLARGEMENT**

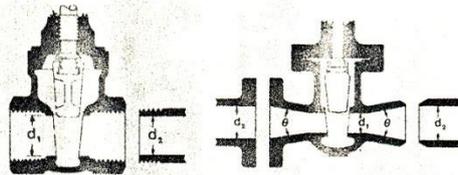


If:  $\theta \approx 45^\circ \dots \dots \dots K_2 = \text{Formula 3}$   
 $45^\circ < \theta \approx 180^\circ \dots \dots K_2 = \text{Formula 4}$

"K" FACTOR TABLE—SHEET 2 of 4  
**Representative Resistance Coefficients (K) for Valves and Fittings**  
 (for formulas and friction data, see page A-26)

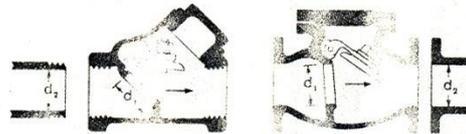
("K" is based on use of schedule pipe as listed on page 2-10)

**GATE VALVES**  
 Wedge Disc, Double Disc, or Plug Type



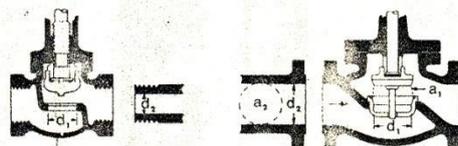
If:  $\beta = 1, \theta = 0 \dots \dots \dots K_1 = 8 f_T$   
 $\beta < 1$  and  $\theta \approx 45^\circ \dots \dots \dots K_2 = \text{Formula 5}$   
 $\beta < 1$  and  $45^\circ < \theta \approx 180^\circ \dots \dots K_2 = \text{Formula 6}$

**SWING CHECK VALVES**

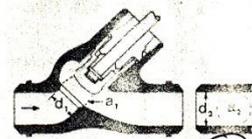


$K = 100 f_T$        $K = 50 f_T$   
 Minimum pipe velocity (fps) for full disc lift      Minimum pipe velocity (fps) for full disc lift  
 $= 35 \sqrt{V}$        $= 60 \sqrt{V}$  except  
 U/L listed =  $100 \sqrt{V}$

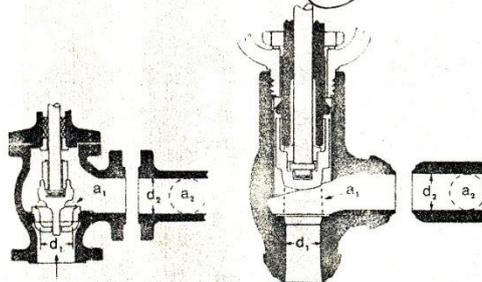
**GLOBE AND ANGLE VALVES**



If:  $\beta = 1 \dots \dots \dots K_1 = 340 f_T$



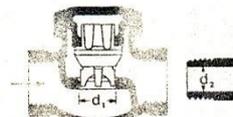
If:  $\beta = 1 \dots \dots \dots K_1 = 55 f_T$



If:  $\beta = 1 \dots \dots \dots K_1^* = 150 f_T$       If:  $\beta = 1 \dots \dots \dots K_1 = 55 f_T$

All globe and angle valves, whether reduced seat or throttled,  
 If:  $\beta < 1 \dots \dots \dots K_2 = \text{Formula 7}$

**LIFT CHECK VALVES**



If:  $\beta = 1 \dots \dots \dots K_1 = 600 f_T$   
 $\beta < 1 \dots \dots \dots K_2 = \text{Formula 7}$   
 Minimum pipe velocity (fps) for full disc lift  
 $= 40 \beta^2 \sqrt{V}$



If:  $\beta = 1 \dots \dots \dots K_1 = 55 f_T$   
 $\beta < 1 \dots \dots \dots K_2 = \text{Formula 7}$   
 Minimum pipe velocity (fps) for full disc lift  
 $= 140 \beta^2 \sqrt{V}$

**TILTING DISC CHECK VALVES**

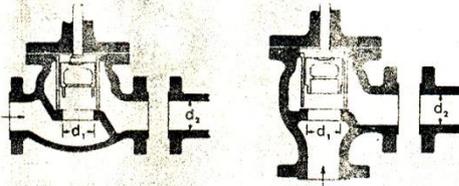


	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 15^\circ$
Sizes 2 to 8" ... K =	40 f <sub>T</sub>	120 f <sub>T</sub>
Sizes 10 to 14" ... K =	30 f <sub>T</sub>	90 f <sub>T</sub>
Sizes 16 to 48" ... K =	20 f <sub>T</sub>	60 f <sub>T</sub>
Minimum pipe velocity (fps) for full disc lift =	$80 \sqrt{V}$	$\sqrt{V}$

**"K" FACTOR TABLE—SHEET 3 of 4**  
**Representative Resistance Coefficients (K) for Valves and Fittings**  
*(for formulas and friction data, see page A-26)*

("K" is based on use of scheduled pipe as listed on page 2-10)

**STOP-CHECK VALVES**  
**(Globe and Angle Types)**



<p>If:  <math>\beta = 1 \dots K_1 = 400 f_T</math>  <math>\beta &lt; 1 \dots K_2 = \text{Formula 7}</math></p> <p>Minimum pipe velocity for full disc lift  <math>= 55 \beta^2 \sqrt{V}</math></p>	<p>If:  <math>\beta = 1 \dots K_1 = 200 f_T</math>  <math>\beta &lt; 1 \dots K_2 = \text{Formula 7}</math></p> <p>Minimum pipe velocity for full disc lift  <math>= 75 \beta^2 \sqrt{V}</math></p>
--	--



<p>If:  <math>\beta = 1 \dots K_1 = 300 f_T</math>  <math>\beta &lt; 1 \dots K_2 = \text{Formula 7}</math></p> <p>Minimum pipe velocity (fps) for full disc lift  <math>= 60 \beta^2 \sqrt{V}</math></p>	<p>If:  <math>\beta = 1 \dots K_1 = 350 f_T</math>  <math>\beta &lt; 1 \dots K_2 = \text{Formula 7}</math></p>
--	--



<p>If:  <math>\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T</math>  <math>\beta &lt; 1 \dots K_2 = \text{Formula 7}</math></p> <p>Minimum pipe velocity (fps) for full disc lift  <math>= 140 \beta^2 \sqrt{V}</math></p>	<p>If:  <math>\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T</math>  <math>\beta &lt; 1 \dots K_2 = \text{Formula 7}</math></p>
--	---

**FOOT VALVES WITH STRAINER**

**Poppet Disc**

**Hinged Disc**



$K = 420 f_T$

$K = 75 f_T$

Minimum pipe velocity  
(fps) for full disc lift  
 $= 15 \sqrt{V}$

Minimum pipe velocity  
(fps) for full disc lift  
 $= 35 \sqrt{V}$

**BALL VALVES**



If:  $\beta = 1, \theta = 0 \dots K_1 = 3 f_T$   
 $\beta < 1$  and  $\theta < 45^\circ \dots K_2 = \text{Formula 5}$   
 $\beta < 1$  and  $45^\circ < \theta < 180^\circ \dots K_2 = \text{Formula 6}$

**BUTTERFLY VALVES**



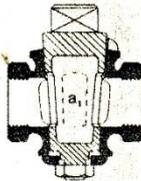
Sizes 2 to 8" ...  $K = 45 f_T$   
 Sizes 10 to 14" ...  $K = 35 f_T$   
 Sizes 16 to 24" ...  $K = 25 f_T$

"K" FACTOR TABLE—SHEET 4 of 4  
**Representative Resistance Coefficients (K) for Valves and Fittings**  
 (for formulas and friction data, see page A-26)

("K" is based on use of schedule pipe as listed on page 2-10)

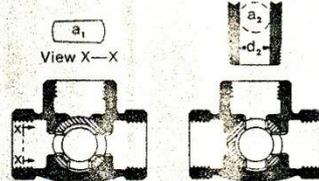
**PLUG VALVES AND COCKS**

**Straight-Way**



If:  $\beta = 1$ ,  
 $K_1 = 18 f_T$

**3-Way**



If:  $\beta = 1$ ,  $K_1 = 30 f_T$       If:  $\beta = 1$ ,  $K_1 = 90 f_T$   
 If:  $\beta < 1 \dots K_2 = \text{Formula 6}$

**STANDARD BENDS**

**90°**



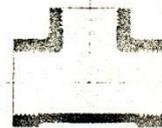
$K = 30 f_T$

**45°**



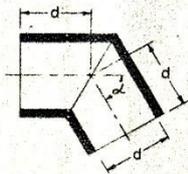
$K = 16 f_T$

**STANDARD TEES**



Flow thru run. . . . .  $K = 20 f_T$   
 Flow thru branch. . . .  $K = 60 f_T$

**MITRE BENDS**



$\alpha$	K
0°	2 $f_T$
15°	4 $f_T$
30°	8 $f_T$
45°	15 $f_T$
60°	25 $f_T$
75°	40 $f_T$
90°	60 $f_T$

**90° PIPE BENDS AND FLANGED OR BUTT-WELDING 90° ELBOWS**



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 $f_T$

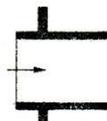
The resistance coefficient,  $K_B$ , for pipe bends other than 90° may be determined as follows:

$$K_B = (n - 1) \left( 0.25 \pi f_T \frac{r}{d} + 0.5 K \right) + K$$

$n$  = number of 90° bends  
 $K$  = resistance coefficient for one 90° bend (per table)

**PIPE ENTRANCE**

**Inward Projecting**



$K = 0.78$

r/d	K
0.00*	0.5
0.02	0.28
0.04	0.24
0.06	0.22
0.10	0.20
0.15 & up	0.18

\*Sharp-edged

**Flush**



For  $K$ , see table

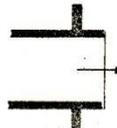
**CLOSE PATTERN RETURN BENDS**



$K = 50 f_T$

**PIPE EXIT**

**Projecting**



$K = 1.0$

**Sharp-Edged**



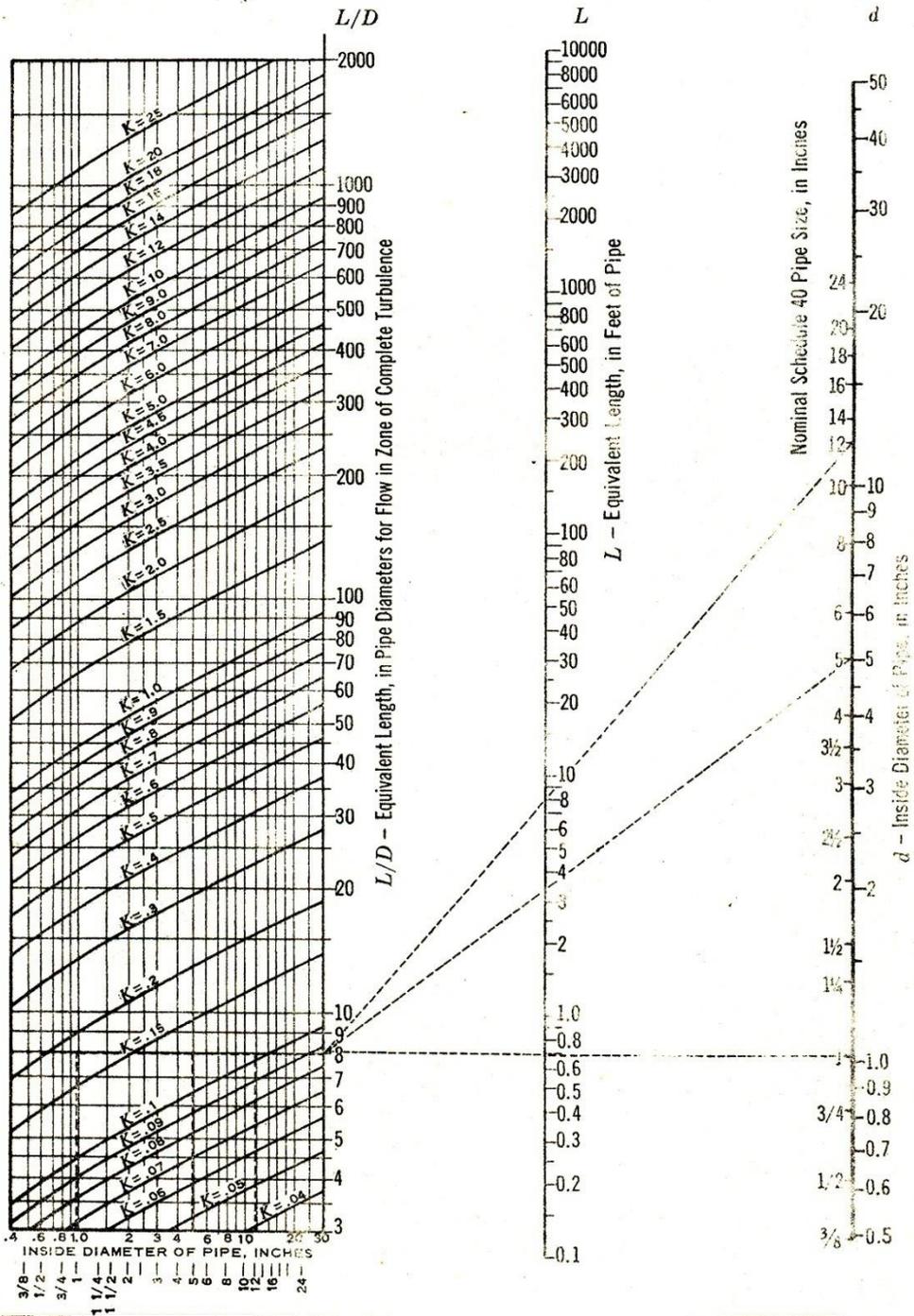
$K = 1.0$

**Rounded**

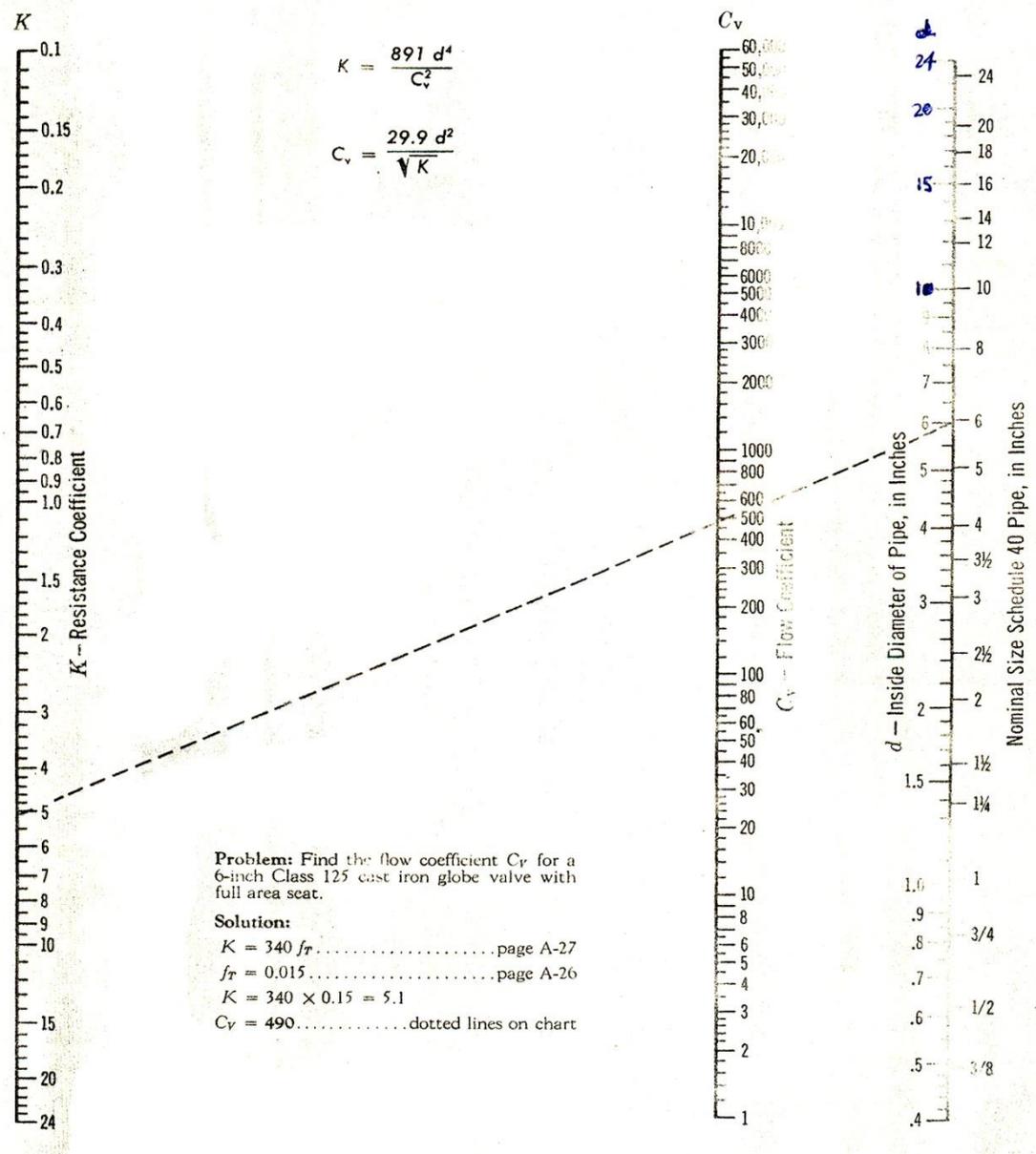


$K = 1.0$

### Equivalent Lengths $L$ and $L/D$ and Resistance Coefficient $K$



### Equivalents of Resistance Coefficient $K$ And Flow Coefficient $C_v$



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BINDER RAYMOND C, Mecánica de los fluidos
2. CRANE CO, NY, Documento Técnico núm. 410,1982
3. EDITORIAL MAFRE S.A, Manual de Protección Contra Incendio
4. HOUPPT, Elementos de Ingeniería Mecánica
5. KROCHIN SVIATOSLOV, Diseño Hidráulico
6. OSHA, Occupational Safety Healt Associative
7. STREETER VICTOR L, Mecánica de los fluidos
8. RAFAEL BELTRAN (MCGRAW-HILL), Introducción a la Mecánica de los Fluidos
9. SALDARRIAGA (MCGRAW-HILL), Hidráulica de tuberías
10. NFPA, Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego
11. NATIONAL FIRE CODIG, 200 Normas de la NFPA y Códigos
12. NORMAS INTERNANACIONALES: AWWA, ASTM, AWS, ASME, API, ANSI, ULFM