



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“INGENIERÍA BÁSICA DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA
INCENDIO BASE AGUA PARA UNA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE
GAS NATURAL”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

FRANCISCO RUBÉN LEÓN GALLARDO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX 2017





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: EDUARDO GUILLERMO RAMÓN MARAMBIO DENNETT

VOCAL: Profesor: IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

SECRETARIO: Profesor: RAÚL SÁNCHEZ MEZA

1er. SUPLENTE: Profesor: JACINTO EDUARDO MENDOZA PÉREZ

2° SUPLENTE: Profesor: LUIS ÁNGEL MORENO AVENDAÑO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: INTERNATIONAL FIRE SAFETY CONSULTING DE MÉXICO, S.A DE C.V. (OFICINA: CALLE SAN LUCAS No. 170 P.B. COLONIA EL RECREO, DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO, CDMX MÉXICO).

ASESOR DEL TEMA:

INGENIERO RAÚL SÁNCHEZ MEZA

SUSTENTANTE (S):

FRANCISCO RUBÉN LEÓN GALLARDO

Contenido

I. RESUMEN	1
CAPÍTULO 1	3
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 2	6
LA INGENIERÍA BÁSICA CONTRA INCENDIOS.....	6
2.1 Definición de la Ingeniería Básica Contra Incendios.	6
2.2 Desarrollo de la Ingeniería Básica Contra Incendios.....	6
CAPÍTULO 3	8
DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	8
3.1 Estación de Compresión de Gas Natural.	8
3.2 Área de Cabezales de Estación.	8
3.3 Área de Edificios.	9
3.4 Área de Enfriadores de Gas de Proceso.....	10
3.5 Área de Equipo Dinámico.....	10
3.6 Área de Filtros Separadores.	10
3.7 Área de Medición de Gas.....	10
3.8 Área de Proceso.	11
3.9 Área de Trampa de Diablos.	11
3.10 Gas Natural.	13
3.10.1 Propiedades Físicas.	13
3.10.2 Usos.	14
3.10.3 Datos de Seguridad del Gas Natural.	14
3.10.4 Situación de Emergencia.....	15
3.10.5 Protección Contra Escapes de Gas.....	15
3.10.6 Efectos Potenciales para la Salud.	16
3.11 Mercado Nacional del Gas Natural.....	17
3.12 Prospectiva del Gas Natural.	17
CAPÍTULO 4	19
TEORÍA DE LA EXTINCIÓN DEL FUEGO	19
4.1 Introducción a la Teoría de la Extinción del Fuego	19
4.2 Propiedades del Agua como Medio de Extinción.	20
4.3 El Agua como Agente Enfriador.	21

4.4 El Agua para Control de la Combustión.	21
4.5 Extinción por Sofocación.....	22
4.6 Extinción por Emulsificación.....	22
4.7 Extinción por Dilución.....	22
CAPÍTULO 5	23
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO CONTRA INCENDIOS	23
5.1 Hidrantes.....	23
5.2 Manguera Contra Incendios.....	26
5.2.1 Tamaño de Mangueras Contra Incendios.....	26
5.4 Monitores Contra Incendios.	27
5.5 Boquilla Contra Incendios.	28
5.6 Sistema de Agua Pulverizada.	29
CAPÍTULO 6	32
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA	32
6.1 Tipos de Bombas.	32
6.2 Bombas Centrifugas Horizontales.....	33
6.3 Bombas Centrifugas Verticales.	34
6.4 Motores.	35
6.4.1 Motores Eléctricos.	36
6.4.2 Motores de Combustión Interna.....	37
6.5 Bombas Contra incendios.	38
6.6 Selección del Tipo de Bomba Contra Incendios.....	40
6.7 Determinación de la Curva del Sistema.	42
6.8 Curvas Características de Bombas Centrifugas.....	42
6.9 Punto de Operación del Sistema.....	43
6.10 Casa de Bombas de Agua Contra Incendios.	44
6.11 Ubicación de la Casa de Bombeo.	44
6.12 Elementos de la Casa de Bombeo.	45
CAPÍTULO 7	47
DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA EN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	47
7.1 Análisis de Riesgo de Incendio.	47
7.2 Selección de Capacidad de Bomba Contra Incendio.	48
7.3 Abastecimiento Primario y Secundario de Agua Contra Incendios.	51
7.4 Trazado de la Red de Agua Contra Incendios.	54

7.5 Materiales de Tubería para Redes de Agua Contra Incendios.....	56
7.6 Tubería Contra Incendio de Instalación Superficial o en Trinchera.	57
7.7 Selección y Ubicación de Válvulas de Seccionamiento.	58
7.8 Selección y Ubicación de Hidrantes y Monitores de Agua Contra Incendios	60
7.9 Estimación de Diámetros de la Tubería Principal de Agua Contra Incendios.....	62
7.10 Cálculos Hidráulicos de la Red de Agua Contra Incendios.	64
7.11 Especificación de la Bomba Contra Incendios.	65
7.12 Sistemas de Aspersión.....	67
CAPÍTULO 8	86
REALIZACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UNA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL	86
8.1 Análisis de Riesgo de las Áreas y Equipos.	87
8.1.1 Área de Recibo y Envío de Diablos (Trampas de Diablos).....	87
8.1.2 Separadores de Condensados.	88
8.1.3 Compresores.	89
8.1.4 Paquete de Medición de Flujo Másico de Entrada (PA-01).	91
8.1.5 Paquete de Medición de Flujo Másico de Salida (PA-02).....	92
8.2 Selección de Capacidad de Bomba Contra Incendios.	93
8.3 Abastecimiento de Agua Contra Incendios.	95
8.4 Trazado de la Red de Agua Contra Incendios.	96
8.5 Estimación de Diámetros de la Tubería Principal de la Red de Agua Contra Incendios.	103
8.6 Resumen Hidráulico.....	107
(Simulación por Demanda).....	107
8.7 Determinación del Equipo de Bombeo.....	112
(Simulación por Suministro).....	115
CAPÍTULO 9	120
CONCLUSIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	122

I. RESUMEN

Es un hecho innegable que en cualquier instalación y planta de proceso donde se manejen sustancias inflamables, combustibles, o donde se tenga por naturaleza el riesgo de incendio, de acuerdo a la cantidad de los materiales que se manipulen o almacenen, es indispensable contar con sistemas y equipos de protección contra incendios, desarrollar rutinas de mantenimiento y ensayo a estos sistemas, además de contar con los recursos adecuados que den respuesta a las contingencias que se presenten en las instalaciones por medio de acciones a realizar antes, durante y después de que ocurra una emergencia.

Bien se sabe que el fuego ha sido, a la vez un elemento imprescindible y un potencial enemigo tradicional de las viviendas y lugares de trabajo del ser humano.

Desde la antigüedad, en las ciudades siempre se ha dispuesto de diversos medios más o menos sofisticados para la lucha contra los incendios accidentales, tradicionalmente se disponía de grupos de bomberos a los que se confiaba dicha labor. A principios del siglo XX, se comenzó a instalar sistemas mecánicos de detección y extinción de incendios que basaban su funcionamiento en el almacenamiento de agua y su descarga automática o manual en caso de emergencia.

Es así que los sistemas de protección contra incendios a base agua constituyen un conjunto de equipamientos diversos integrados en la estructura de una instalación o centro de trabajo, donde actualmente es la manera más racional y coherente posible de tener un nivel aceptable de seguridad contra incendios.

Generalmente, con estos sistemas de protección se trata de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.

- Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

La tesis que se recoge en este proyecto pretende establecer, cómo los sistemas de protección contra incendio a base agua particularmente para una estación de compresión de gas natural es una medida fundamental para preservar la integridad del personal, de las instalaciones y del medio ambiente. Se describirán los elementos necesarios de la ingeniería básica de la seguridad contra incendio para que las estaciones de compresión de gas natural cumplan con los requerimientos mínimos aceptables de la normatividad de seguridad vigente en México.

El crecimiento de la industria del gas natural, en lo relativo al transporte, almacenamiento y distribución de gas natural ha hecho necesario establecer las bases bajo las cuales se debe garantizar la confiabilidad, la estabilidad, la seguridad y la continuidad de la prestación del servicio de distribución, en un entorno de crecimiento y cambios tecnológicos en esta industria.

Como hoy en día sabemos, este sector necesita de sistemas contra incendio o de su modernización si es que ya se cuenta con estos sistemas para sus estaciones de compresión y así garantizar su continuidad del servicio y su seguridad, por eso es que presento este tema de tesis en el cual se establece la importancia de la ingeniería básica de protección contra incendio en las estaciones de compresión de gas natural. Por lo que hoy en día, encontramos que el interés de la industria por disminuir los accidentes y pérdidas materiales por causa de incendio es mayor, es por eso que la ingeniería básica de protección contra incendio es de vital importancia para la industria.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Durante muchos años el fuego ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de la civilización, no así para la seguridad contra incendio, ya que esta disciplina toma en cuenta la fuerza destructora del fuego, la cual debe ser controlada para evitar eventos en donde se ponga en riesgo la vida. Durante muchos años controlar la fuerza destructora del fuego estuvo en manos de las brigadas contra incendios, y no ha sido hasta este último siglo que los ingenieros dedicados a la protección contra incendios han puesto su empeño, conocimiento y pericia en el control del fuego.

La ingeniería de seguridad contra incendio, aborda la fuerza destructora del fuego y la mantiene controlada, determina los focos de riesgo y emplea una solución que disminuye las posibilidades de que se genere un siniestro; todo destinado a mantener el normal funcionamiento de los procesos de la industria actual. Aunque es una disciplina joven, los últimos desarrollos tecnológicos la han potenciado, permitiendo que ingenieros dedicados a la seguridad contra incendios utilicen programas computacionales y fórmulas empíricas como herramientas de trabajo.

El alcance de la ingeniería básica de protección contra incendio permite definir las bases de diseño y da la información necesaria para tener todos los detalles de los componentes y sus partes, para así finalizar el proyecto con garantías de un buen funcionamiento del sistema de extinción propuesto.

La implementación de esta disciplina en una estación de compresión de gas natural, permite que en caso de incendio los daños sean menores, y la continuidad de la operación logre afectar en menor grado.

Es importante destacar, que la forma más eficiente para la protección contra incendios de una estación de compresión de gas natural se lleva a cabo mediante la implementación de un sistema base agua ya que es un agente extinguidor muy

efectivo debido a su capacidad de enfriar el combustible, extraer o desplazar el suministro de oxígeno, y separar o diluir la fuente de combustible (mediante la formación de vapor).

Un sistema base agua puede involucrar el diseño de una red contra incendio, la cual está conformada de tuberías que sirven exclusivamente para conducir el agua que se utiliza para combatir un incendio y es llevada a los puntos necesarios donde la demanda de agua por incendio es mayor. Además cuenta con equipos o sistemas que ayudan al control y/o combate de incendios, estos aparatos o dispositivos a emplear pueden ser por ejemplo: hidrantes, monitores, mangueras o sistemas de aspersión.

Por otro lado, para impulsar el agua en la tubería para el servicio contra incendio, es necesario la instalación de un cobertizo o mejor conocido como casa de bombas, en esta área se podrán encontrar bombas contra incendio ya sean del tipo centrifugas de eje horizontal, vertical, o de turbina eje vertical, esta bombas podrán tener motores eléctricos o de combustión interna a diésel. También se debe de contar con una fuente de abastecimiento de agua, este abastecimiento puede ser primario el cual involucra desde una presa, un lago, lagunas, ríos, o el amar entre otros, o un abastecimiento secundario, que va desde una cisterna, un tanque de almacenamiento o cualquier otro contenedor que satisfaga la demanda del riesgo mayor de incendio.

Se realizara un análisis de incendio que tiene como propósito determinar el resultado esperado de un conjunto específico de condiciones llamado “escenario” que incluye detalles de las dimensiones del equipo o del área de interés, los materiales que se manipulan o almacenan, los materiales de construcción, el número de personas expuestas, etc.

La realización de un ARI supone que el escenario de incendio se va a dar con probabilidad del 100% y determina las necesidades de agua requerida para

enfrentarlo de manera efectiva, emplea un análisis de ingeniería donde primero se selecciona un resultado como objetivo, el resultado objetivo que se especifica con más frecuencia, es el de evitar la muerte de los ocupantes en estas áreas, garantizar que los bomberos cuenten con áreas protegidas desde las cuales puedan combatir los incendios, evitar la pérdida total de la propiedad, que los daños a la propiedad y al medio ambiente sean mínimos.

El desarrollo de esta tesis tiene por objeto exponer la metodología para llevar a cabo la ingeniería básica de un sistema contra incendios base agua en Estaciones de Compresión de Gas Natural. Por lo que encontraremos dentro de los capítulos una descripción de la instalación de compresión de gas, la teoría de la extinción del fuego, la descripción de los equipos contra incendios, el desarrollo de la ingeniería básica y la realización de la misma para una estación de compresión de gas natural común en México.

CAPÍTULO 2

LA INGENIERÍA BÁSICA CONTRA INCENDIOS

2.1 Definición de la Ingeniería Básica Contra Incendios.

La ingeniería de seguridad contra incendio puede definirse como la aplicación de principios científicos, técnicos, normativos y de ingeniería a los efectos de incendios, con el fin de reducir las pérdidas de vidas, proteger bienes, dar continuidad a las operaciones y proteger al medio ambiente, cuantificando los riesgos y peligros involucrados y proporcionando una solución óptima en la aplicación de medidas preventivas y de mitigación.

La asociación de ingenieros de protección contra incendios, ha adoptado la siguiente definición para el concepto de ingeniería de protección contra incendios: “La ingeniería de protección contra incendios consiste en la aplicación de conocimientos científicos y de los fundamentos de ingeniería, al diseño de las medidas necesarias para la protección de las personas y de su entorno frente a los incendios” (Society of Fire Protection Engineers “SFPE”).

Esta fase tiene por objeto definir las líneas básicas del proyecto, de manera que suministre al cliente la información necesaria para poder tomar la decisión de llevarlo adelante o de paralizarlo. Además, la extensión y definición de la Ingeniería Básica ha de ser tal que el equipo de ingeniería en seguridad contra incendios pueda tomar de él todos los datos precisos para realizar el cálculo detallado de los componentes y sus partes para así finalizar dicho proyecto con garantías de éxito.

2.2 Desarrollo de la Ingeniería Básica Contra Incendios.

La ingeniería básica de protección contra incendios de un proyecto está constituida por documentos y planos que definen en forma general las características que lo conforman:

La información que conforma el “Paquete de Ingeniería Básica” para los proyectos de protección contra incendios es la siguiente:

Bases de usuario o necesidades de usuario.

Bases de diseño.

Evaluación del riesgo mayor.

Capacidad de almacenamiento de agua requerida.

Capacidad de la bomba contra incendio.

Filosofía de operación del sistema de bombeo contra incendio

Localización general de equipos.

Plano de nodos hidráulicos.

Planos Isométricos del diseño de los sistemas contra incendio.

Cálculos hidráulicos de la red de agua contra incendios.

Sistemas de pulverización base agua.

Es necesario efectuar la evaluación del proyecto con el seguimiento del programa previsto o si se requiere: tomar medidas correctivas reprogramando cambios en el alcance, para corregir las divergencias en la planeación original.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1 Estación de Compresión de Gas Natural.

Con el fin de satisfacer la demanda y de proveer Gas Natural Comprimido a las industrias, las estaciones de compresión de gas natural son una etapa clave en la distribución de este compuesto que esencialmente está constituido en su totalidad por metano.

Una estación de compresión de gas natural tiene la función de transportar y convertir la energía mecánica procedente de una turbina de gas, en energía de fluido mediante un equipo de compresión centrífugo.

Las estaciones de compresión de gas natural están constituidas de varias áreas como por ejemplo: área de cabezales de recepción/envió, área de edificios, área de enfriadores de gas de proceso, área de equipo dinámico, área de filtros separadores, área de medición de gas, área de proceso, área de trampa de diablos, etc. A continuación se describen las áreas:

3.2 Área de Cabezales de Estación.

Tubería compuesta por tres líneas, las cuales constituyen al proceso para el transporte de gas natural y denominamos con el nombre de Cabezal de Succión, Cabezal de Descarga y Cabezal de Recirculación.

- a) Cabezal de Descarga: El cabezal de descarga sirve como colector de flujo proveniente de los turbocompresores y lo dirige hacia el peine de medición.

- b) Cabezal de Succión: Tubería cuya función es distribuir el flujo que proviene de la entrada principal de la estación de compresión hacia la línea de succión de cada equipo dinámico principal de proceso (turbocompresor).

- c) Cabezal de Recirculación: el cabezal de recirculación es una tubería cuya finalidad es dirigir el flujo de gas proveniente de la válvula de recirculación que se ubica posterior sobre la línea de la descarga de la unidad del turbocompresor hacia la línea del cabezal de succión de la estación. Antes del filtrado de gas de proceso, esto lo hace cuando se presenta una inestabilidad de flujo o por bajas condiciones de flujo dependiendo de lo que este demandando la estación anterior a esta o propiamente de la estación de compresión misma donde se encuentre con el propósito de proteger a los compresores centrífugos de equipo dinámico principal.

3.3 Área de Edificios.

Comúnmente en las estaciones de compresión vamos a encontrar edificios, los cuales están integrados por oficinas, sala audiovisual, baños, comedor, etc., y por otro lado encontramos edificios donde se encuentran los talleres como los son para trabajos de mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico.

Así también ubicamos el área de cuarto de subestación eléctrica y edificio de tanques o tambos de almacenamiento de residuos peligrosos o aceites. Y por supuesto no podría faltar el cuarto de control principal de la estación el cual está caracterizado como Bunker y en el mismo lugar vamos a encontrar el cuarto de CCM's, cuarto de centro de trabajo en el cual se encuentran los servidores y los tableros de control para el monitoreo y control de la operación general de la estación de compresión y el cuarto auxiliar donde se ubica el área de compresores de aire que es el equipo dinámico auxilia al servicio del equipo dinámico principal de la estación de compresión.

3.4 Área de Enfriadores de Gas de Proceso.

También se le conoce como áreas de bahías de gas de proceso. Este sistema está constituido por seis soloaires cuya función es bajar la temperatura del gas natural transportado en la estación de compresión derivado de la descarga de la turbo compresión, consta de 2 ventiladores acoplados a motores eléctricos de 440 volts de corriente alterna cada una de estas.

3.5 Área de Equipo Dinámico.

Comúnmente en las estaciones de compresión es el área donde se encuentran los turbocompresores.

3.6 Área de Filtros Separadores.

Es un lugar donde se encuentran los elementos filtrantes de gas de proceso cuya finalidad es limpiar el gas, reteniendo los sólidos que llegan impulsados de la estación de compresión anterior, por el cual dichos filtros se encuentran ubicados en la entrada general de la estación de compresión. Cuentan con válvulas de bloqueo antes y después con la finalidad de aislarlos del proceso durante su limpieza y/o mantenimiento, poseen válvulas de desfogue para vaciar su interior hacia los desfogues. Su limpieza y eficiencia de filtrado juega un papel importante en la vida útil de los equipos dinámicos.

3.7 Área de Medición de Gas.

Es donde se encuentra ubicado el sistema de medición del proceso o del transporte de gas natural de la estación de compresión.

El sistema consta de dos tubos, cada uno con el elemento primario de medición tipo ultrasónico en el cual uno se encuentra en el servicio y el otro disponible, dicha

medición se da en Miles de Miles de Pies Cúbicos por Día (MMPCD). Este sistema se encuentra prácticamente a la descarga general de la estación de compresión.

3.8 Área de Proceso.

También se le conoce con el nombre de “Patio de Tuberías” y es comúnmente la definición de una estación de compresión como el área principal ya que dicho lugar se encuentra el equipo dinámico, la tubería donde circula el producto, accesorios tal como es el caso de válvulas de diversos tipos, tanques de almacenamiento en los sistemas y los sistemas de medición.

3.9 Área de Trampa de Diablos.

Por sus siglas se describe como Trampa de Doble Diablo (TDD), y se define como el arreglo de tuberías y válvulas, cuya función y operación principal es recibir (TRD) o enviar (TED) los instrumentos de limpieza interna de las tuberías llamados diablos. Están localizadas en la parte posterior de las estaciones. El arreglo de tuberías está conformado por:

- Válvulas de compuerta que se utilizan únicamente para permitir el paso del diablo hacia la cámara de recibo, de donde se extrae o introduce según sea la función.
- Cámara de recibo de diablo.
- Cámara de envío de diablo.
- Válvulas de desfogue para liberar presión de las cámaras.

El proceso al que es sometido sucesivamente el gas en su paso por la estación, se integra por las siguientes etapas: filtración, compresión, enfriamiento y medición, (Imagen 3.1).



Imagen 3.1. “Diagrama de proceso”

El gas fluye por un cabezal hasta el área de filtración donde se separan los líquidos y partículas sólidas que puede contener la corriente de gas natural para proteger a las unidades de turbo compresión.

El área de filtración está integrada por varios filtros separadores con sus respectivas válvulas de corte, que son operadas de forma manual.

El gas ya filtrado deja los separadores por medio de tuberías, para incorporarse al cabezal de succión de compresión del cual se alimentan las unidades de turbo compresión.

Para disminuir la temperatura generada por el proceso de compresión, el gas es sometido a un proceso de enfriamiento, donde va a recobrar la temperatura a la cual ingreso a la estación y de esta manera evitar esfuerzos en la tubería provocadas por alta temperatura del gas transportado.

Después de ser enfriado, el gas a través de un cabezal pasa al área de medición, la cual está constituida por sus accionadores de flujo y medidores de flujo de tipo ultrasónico. En esta área también se cuenta con analizadores de calidad del gas transportado.

3.10 Gas Natural.

El gas natural es el resultado de la descomposición de materia orgánica por el calor, presión, y acción bacteriológica en ausencia del aire, generalmente subterránea. Como se forma debajo del suelo, el gas natural consiste tanto en gases inflamables como no inflamables. Los gases inflamables están compuestos por carbono e hidrogeno y son principalmente metano y etano, con algo de propano, butano y pentano. Los gases no inflamables son principalmente nitrógeno y dióxido de carbono. Comercialmente, se extraen la mayoría de gases no inflamables antes de la distribución, de manera que el gas natural queda compuesto aproximadamente por 70 a 90 por ciento de metano, y el resto principalmente por etano. El gas natural no es toxico pero es asfixiante, esto contrasta notablemente con el gas fabricado que anteriormente se distribuía en grandes cantidades como gas de servicios públicos y que contenían cantidades de monóxido de carbono el cual es venenoso.

El gas natural para servicios públicos no tiene olor propio y generalmente se le añade al momento de distribuirse compuestos orgánicos azufrados (mercaptanos) con olor desagradable.

3.10.1 Propiedades Físicas.

Con excepción del gas natural licuado, el gas natural para servicios públicos se distribuye por tuberías como gas comprimido a presiones que van aproximadamente desde 1.72 a 6895 kPa (0.25 a 1000 psi) y en cilindros a presiones hasta de 24.8 MPa (3600 psi). La densidad del gas es 2/3 de la del aire aproximadamente. (*Manual de Protección Contra Incendios, 2009, Vol.1 Cap.6*)

3.10.2 Usos.

El gas natural se ha convertido en una fuente de energía clave para el desarrollo industrial y la generación de electricidad en México. Asimismo, se le considera como un combustible esencial para la transición energética hacia fuentes sustentables. Desde hace varios años, la demanda del hidrocarburo ha venido presentando una tendencia creciente, por lo que se ha convertido en un reto garantizar el suministro confiable, de calidad y a precios competitivos que demandan los consumidores.

3.10.3 Datos de Seguridad del Gas Natural.

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire, para efectos de seguridad la NFPA-704 clasifica al gas natural como un gas altamente inflamable (Imagen 3.2). *(Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas, Gas Natural, Pemex, 2000)*

Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.



Imagen 3.2. “Rombo de Clasificación”

(Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas, Gas Natural, Pemex, 2000)

3.10.4 Situación de Emergencia.

Por ser un gas altamente inflamable se debe mantener alejado de fuentes de ignición tales como chispas, flama y calor. Las conexiones eléctricas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes.

Debe manejarse a la intemperie o en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se debe evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.
(Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas, Gas Natural, Pemex, 2000)

3.10.5 Protección Contra Escapes de Gas.

El peligro más importante corresponde al escape del gas inflamable (gas natural), este se manifiesta por un incendio o una combustión explosiva. El fuego puede originar también alguna rotura por explosión de los recipientes.

Los sistemas de almacenamiento de gas no tienen muchas posibilidades de fuga, ya que el recipiente propiamente dicho, sus válvulas y sus dispositivos protectores contra la sobrepresión, son las únicas vías que producen escapes de gas, aparte de las posibilidades existentes durante el trasvase de un recipiente a otro.

Algunas de las consideraciones de protección contra escapes de gas que se deben tomar en cuenta para evitar un evento de incendio, son las siguientes: Inspección para detectar fugas, protección contra la presión excesiva, ventilación de espacios y control de las fuentes de ignición.

3.10.6 Efectos Potenciales para la Salud.

El gas natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga.

Sus efectos potenciales para la salud son en:

Ojos: el contacto de los ojos con una fuga de gas natural puede provocar congelamiento, y por lo tanto quemaduras frías.

Piel: el contacto con la piel con una fuga de gas natural puede provocar congelamiento, y por lo tanto quemaduras frías.

Inhalación: el gas natural es un asfixiante simple, al mezclarse con el aire del ambiente desplaza al oxígeno haciendo la mezcla pobre en oxígeno a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad sus emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas con el aire a ciertas proporciones.

3.11 Mercado Nacional del Gas Natural.

La demanda nacional de gas natural se ubicó en 6,678.4 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD) en 2012. De dicho volumen, 46.6% correspondió al sector eléctrico, 34.0% al sector petrolero, 17.7% al sector industrial y 1.7% a los sectores residencial, servicios y autotransporte, según lo indicado por la SENER “Secretaría de Energía” en su prospectiva de Gas natural y Gas LP. (*Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2013 - 2027 Secretaría de Energía “Sener”*)

Así mismo la SENER informa que las reservas remanentes totales de gas natural en nuestro país ascendieron a 63,229 miles de millones de pies cúbicos (MMPCD) al 1° de enero de 2013. La región Norte concentró 53.4% de dicho volumen, la Marina Suroeste 25.3%, la Sur 14.3% y la Marina Noreste 7.0%.

En 2012, la extracción total de gas natural fue de 6,385 mmpcd, 3.2% menos que en 2011. Esto es resultado de una reducción de 12% en la extracción de gas no asociado, principalmente en la región de exploración producción Norte, donde disminuyeron las actividades de perforación y terminación de pozos en los activos Burgos y Veracruz.

3.12 Prospectiva del Gas Natural.

Según informes de la Secretaría de Energía, la demanda nacional de gas natural crecerá en promedio de 3.6% anual, pasando de 6,678 mmpcd en 2012 a 11,425 en 2027. En 2027 el sector eléctrico consumirá 57.6% del total, el sector petrolero 22.2% y el sector industrial 18.6%. La proyección de la demanda considera la evolución esperada de la actividad económica y del precio del combustible, además del desarrollo de la infraestructura de transporte y comercialización de gas natural. El gas natural aumentará su participación dentro de la demanda de combustibles industriales, al pasar de 64.8% en 2012 a 74.1% en 2027. La proyección de la demanda industrial de gas natural considera nuevos proyectos industriales, nueva

infraestructura de transporte, la venta de gas natural comprimido y nuevos desarrollos de distribución. (*Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2013 - 2027 Secretaría de Energía "Sener"*)

Entre 2013 y 2027 se prevé el inicio de operaciones de los siguientes proyectos de transporte de gas natural: Gasoducto Chihuahua (Frontera Internacional-El Encino), Gasoducto Tamazunchale-El Sauz, Gasoducto de Zacatecas, Gasoducto de Morelos, Gasoducto Yucatán, Gasoducto Jáltipan-Salina Cruz, Proyecto Agua Dulce-Frontera-Los Ramones-Centro, Proyecto Noroeste. Además, se considera la ampliación de la red de distribución de gas natural, con al menos tres nuevas zonas geográficas.

CAPÍTULO 4

TEORÍA DE LA EXTINCIÓN DEL FUEGO

4.1 Introducción a la Teoría de la Extinción del Fuego

El agua es un agente extintor muy efectivo debido a su capacidad de enfriar el combustible, extraer o desplazar el suministro de oxígeno, y separar o diluir la fuente de combustible. El mecanismo dominante de la extinción, o una combinación de mecanismos de extinción, depende de varios factores interrelacionados, incluyendo las propiedades físicas y químicas, la geometría del comportamiento (si lo hay), ventilación, condiciones ambientales, la forma de agua aplicada y la técnica de aplicación. (*Manual de Protección Contra Incendios, 2009, Vol.2 Cap.8*)

El conocimiento de la influencia de estos factores y la interacción de los mecanismos de extinción varían ampliamente con la magnitud de la investigación científica realizada sobre un determinado método de aplicación.

Existen varios métodos donde el agua se utiliza para la extinción de un incendio, básicamente son los siguientes:

- Extinción por enfriamiento.
- Extinción por sofocación.
- Extinción por emulsificación.
- Extinción por dilución.

Cualquier técnica de extinción puede incluir alguno de estos mecanismos o, más frecuentemente, varios de ellos simultáneamente. Más adelante se describe cada uno de estos métodos de extinción.

4.2 Propiedades del Agua como Medio de Extinción.

Las propiedades físicas que permiten que el agua sea un agente extintor eficaz son las siguientes:

(Manual de Protección Contra Incendios, 2009, Vol.2 Cap.8)

1. A temperaturas normales, el agua existe como un líquido estable. La viscosidad del agua en el rango de temperatura de 1 a 90 °C (34 a 210 °F) permanece constante, lo que permite su transporte y bombeo.
2. El agua tiene una alta densidad, que le permite ser descargada y proyectada desde boquillas. La tensión superficial del agua permite que esta exista en forma de pequeñas gotas.
3. El calor latente de fusión es la cantidad de energía requerida para cambiar el estado del agua de sólida (hielo) a 0 °C (32 °F) a líquida. El agua absorbe 333.2 kJ/kg K (143.4 Btu por libra) en este proceso.
4. El calor específico del agua es 4186 kJ/kg K (1.0 Btu por libra) por ejemplo para elevar la temperatura de 0.45 kg (1 lb) de agua 100 °C (180 °F) de 0 °C (32 °F) a 100 °C (212 °F) se requiere 180 Btu.
5. El agua es efectiva como agente refrigerante debido a su alto calor latente de evaporación (que cambia el agua de líquido a vapor)
6. El agua se expande al convertirse de estado líquido a vapor hasta 1600-1700 veces el volumen líquido, dicho en otra forma 3.8 L (1 gal) de líquido que ocupa 0.004 m³ (0.1337 ft³) produce más de 6.3 m³ (223 ft³) de vapor.

Por consiguiente podría decirse que el agua es el agente extintor más utilizado porque es barata y fácilmente disponible, en comparación con otros líquidos.

Además resulta que, aparte de su precio y disponibilidad, el agua es mejor agente extintor que cualquier otro líquido conocido para la mayoría de los fuegos. El agua tiene un alto calor de evaporación por unidad de peso, por lo menos cuatro veces mayor que cualquier líquido no inflamable.

Otra ventaja es que el agua para uso contra incendios se puede almacenar a presión y a temperaturas normales, ningún otro líquido posee todas estas propiedades, además de su bajo precio. Además no es nada tóxica (incluso un líquido químicamente inerte, como el nitrógeno líquido, puede causar asfixia). Para efectos de extinción del fuego los métodos que se utilizan son los siguientes:

4.3 El Agua como Agente Enfriador.

El agua extingue principalmente los incendios de combustibles sólidos al enfriar la superficie del combustible. Además de enfriar el combustible sólido en sí, el agua es efectiva como agente de enfriamiento debido a su elevado calor latente de evaporación (2.4 kJ/g a 25 °C), el agua que se introduce en un incendio facilita la pérdida de calor por medio de la transferencia de calor del fuego al agua. Cuando la pérdida de calor supera la ganancia de calor del fuego, la superficie del combustible empieza a enfriarse hasta que la llama ya no puede subsistir en la superficie. Cuando la aplicación de agua en un incendio es en pequeñas gotas de agua, mayor será la velocidad con la cual el agua extrae el calor y los gases de incendio, usando así un menor volumen de agua.

4.4 El Agua para Control de la Combustión.

El agua como factor para el control de la combustión tiene el propósito de dar tiempo suficiente para que se consuman los elementos en combustión, y se den los pasos para detener el flujo de material o hasta que su combustión pueda ser extinguida de otra manera. Generalmente se usa agua pulverizada o en forma de pequeñas gotas, que se aplica desde líneas de mangueras o boquillas del monitor, o por sistemas

fijos de pulverización de agua para la dispersión o dilución de concentraciones de gases inflamables.

4.5 Extinción por Sofocación.

Cuando se aplica agua a un incendio o a la superficie de un equipo o estructura caliente, se forma vapor. La dilución del suministro del aire (oxígeno) alrededor de las fuentes de combustible permite la supresión por una acción de sofocación. La supresión por este método es más efectiva si las gotitas de vapor y agua se localizan alrededor de la fuente de combustible y así se continúa extinguiendo el fuego por enfriamiento a medida que las gotitas de agua se siguen evaporando alrededor del área caliente del incendio.

4.6 Extinción por Emulsificación.

Una emulsificación se forma cuando líquidos inmiscibles se agitan en forma simultánea y uno de los líquidos se dispersa a través de los otros. La extinción por este proceso se puede lograr aplicando agua a ciertos líquidos inflamables viscosos, ya que el efecto de enfriamiento de las superficies de estos líquidos evita la liberación de vapores inflamables, por ejemplo una espuma es una emulsificación que retrasa la liberación de vapores inflamables.

4.7 Extinción por Dilución.

Los incendios de materiales inflamables, solubles en agua, pueden en algunos casos extinguirse por dilución. El porcentaje de dilución varía ampliamente, así como el volumen de agua y el tiempo necesario para la extinción, por ejemplo la dilución se puede usar exitosamente en un incendio donde hay un derrame de alcohol, esto es posible si hay una mezcla adecuada de agua y alcohol, y si la mezcla puede ser contenida mientras se diluye.

CAPÍTULO 5

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO CONTRA INCENDIOS

Una red contra incendios, compuesta de tuberías que sirven exclusivamente para conducir el agua que se utiliza para combatir un incendio la cual es llevada a los puntos necesarios donde la demanda de agua por incendio es mayor, debe de abastecer a equipos o sistemas contra incendio que ayuden al control y combate de incendios, los aparatos o dispositivos a emplear pueden ser los que a continuación se describen:

5.1 Hidrantes.

Los hidrantes contra incendios son dispositivos conectados a las tuberías de agua dispuestos para suministrar a través de ellos agua hacia las mangueras contra incendios y a otros equipos como por ejemplo monitores de servicio contra incendios. (*Manual de Protección Contra Incendios, 2009, Vol.2 Cap. 16*)

En general sus funciones principales son:

1. Suministro de agua a las mangueras o monitores conectados a ellos, para la extinción manual de incendios.
2. Abastecimiento de agua a vehículos auto-bomba de los servicios públicos de extinción de incendios.

El flujo de un hidrante varía por diversos motivos. En primer lugar, es evidente que la proximidad de las tuberías de alimentación de un hidrante y el tamaño de éstas (diámetro de la tubería) repercute en el flujo. La sedimentación y los depósitos en el sistema de distribución pueden aumentar la resistencia al flujo de agua. Estos problemas pueden aparecer con el paso del tiempo, por lo que los sistemas de agua más antiguos pueden experimentar un declive del flujo y presión disponible.

Existen diferentes tipos de hidrantes y diferentes usos, como por ejemplo:

(National Fire Protection Association, NFPA 24, 2016, Cap.3)

- Hidrante de Tambor Seco. Este es el tipo más común de hidrante; él tiene una válvula de control debajo de la línea de congelación entre la pieza de pie y el tambor.
- Hidrante de Flujo. Es un hidrante que es usado para el flujo y medición de la corriente de agua durante una prueba de flujo.
- Hidrante Privado de Incendio. Una conexión con válvula en un sistema de suministro de agua que tiene una o más salidas y que es usada para el suministro de agua a las mangueras y auto-bombas de bomberos en una propiedad privada.
- Hidrante Público. Una conexión con válvula en un sistema de suministro de agua que tiene una o más salidas y que es usada para el suministro de agua a las mangueras y auto-bombas de bomberos.
- Hidrante Residual. El hidrante que es usado para medir presiones estáticas y residuales durante una prueba de flujo.
- Hidrante de Tambor Húmedo. Es un tipo de hidrante donde no hay peligro de congelamiento del agua. Cada salida de un hidrante de tambor húmedo esta provista con una salida de válvula roscada para manguera de incendios. El hidrante está lleno de agua.

*Nota: En México no son comunes el tipo de Hidrantes de tambor seco y el hidrante de flujo.

Para instalaciones en México, los hidrantes pueden instalarse y cumplir con las características de diseño de las normas NFPA 24 y NFPA 14, así como también, deben estar listados (certificados) o aprobados para el servicio contra incendios.

Los hidrantes deben tener un diámetro de conexión con la tubería principal no menor de 6 pulgadas (152 mm). Cada hidrante debe equiparse con una válvula individual de corte localizada sobre la derivación que se conecta a la red principal. (*National Fire Protection Association, NFPA 24, 2016, Cap.7*)

Los hidrantes son localizados a una distancia de las áreas y edificios a proteger, de manera tal que el personal que valla a utilizar este tipo de dispositivos no se vea afectado de los efectos del incendio (humo, calor o paredes que se derrumben).

Las conexiones de los hidrantes deben estar ubicadas a una altura adecuada de tal forma que sean manejables, también deben ser protegidos si están sujetos a daño mecánico de manera que no interfieran con la conexión a, u operación del hidrante, (Imagen 5.1 y 5.2).



Imagen 5.1. "Hidrante Tambor Seco"



Imagen 5.2 "Hidrante Tambor Húmedo"

(Fuente: Industrias L.E.M.E.R)

5.2 Manguera Contra Incendios.

El termino manguera contra incendio identifica un tipo de tubo flexible que utilizan los bomberos para transportar agua a presión desde el abastecimiento de agua hasta el lugar donde debe descargarse. Para que una manguera contra incendio sea segura, debe haber sido fabricada con los mejores materiales y únicamente debe utilizarse en actuaciones contra incendio. Debe ser flexible, impermeable, tener un forro interior liso y una cubierta exterior duradera (también llamada recubrimiento exterior). En función del uso al que se destine la manguera contra incendio, estas pueden fabricarse de diferentes modos, por ejemplo, con recubrimiento sencillo, con recubrimiento doble, con recubrimiento de goma sencillo y de goma dura no flexible, (Imagen 5.3).



Imagen 5.3. “Manguera Contra Incendio”
(Fuente: Indext Service)

5.2.1 Tamaño de Mangueras Contra Incendios.

Cada uno de los tamaños de manguera contra incendio está diseñado con un propósito específico. Las indicaciones sobre el diámetro de la manguera hacen referencia a las dimensiones del diámetro interior de la manguera. Las mangueras blandas están disponibles en tamaños que van de 39 a 150 mm (1.5 a 6 pulgadas).

Las mangueras contra incendio suelen cortarse o acoplarse en longitudes de 15 y 30 m (50 y 100 pies) para que se puedan manipular y sustituir más fácilmente, aunque también existen mangueras de otras longitudes. Estas longitudes también se llaman tramos, y deben conectarse unos a otros para conseguir una línea de mangueras continua.

5.4 Monitores Contra Incendios.

Es un dispositivo conectado a la red de agua contra incendio y equipado con boquilla de chorro constante y regulable, para dirigirlo en forma directa, niebla estrecha y niebla amplia, con mecanismos que permiten girar la posición de la boquilla mínimo 120° en el plano vertical, 360° en el plano horizontal, y mantenerse estable en la posición seleccionada sin necesidad de un seguro adicional. Debe estar listado y aprobado, con salida roscada de 2 1/2" NHS de acuerdo a NFPA, con capacidad para un gasto de 250 a 3000 gpm y volante con manivela, manómetro indicador de presión y graseras para lubricación.

Todos los monitores deben de tener una válvula de corte en la conexión a la red principal para servicio de incendios.

Es un equipo de lucha contraincendios, conectado normalmente a un hidrante y destinado a suministrar agua y/o espuma en caso de incendio. Fundamentalmente es utilizado cuando existe un alto riesgo de derrames de combustibles o cuando se trata de áreas donde es imposible conseguir la cobertura establecida en los hidrantes.

Es una poderosa arma para el control de incendios y como toda arma, debe ser operada de manera responsable. Es de imaginar que un chorro de esas características tiene el potencial de causar daños de consideración o mortales si son utilizados sin el adecuado conocimiento de las fuerzas que actúan al descargar un chorro, esta potencia de impacto puede ser utilizada ventajosamente para

eliminar algún obstáculo que dificulte el envío de un chorro, romper un vidrio, botar una pared, etc., (Imagen 5.4).



Imagen 5.4. “Monitor Contra Incendio”

(Fuente: Industrias L.E.M.E.R)

5.5 Boquilla Contra Incendios.

Las boquillas contra incendio son los elementos encargados de controlar y dirigir el flujo de agua de la manguera de una mejor forma. Existen distintas maneras de dirigir el flujo de las boquillas, las más comunes son: salida de agua en forma de chorro pleno, chorro pleno regulable y las de chorro niebla. La elección de la forma de la salida del agua que sale de la boquilla se halla en función de la clase de fuego a combatir y del método de extinción que se vaya a utilizar (Imagen 5.5).

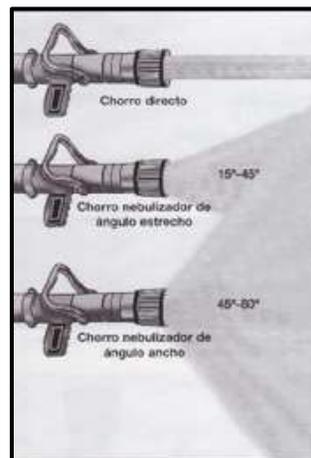


Imagen 5.5. “Boquilla Contra Incendio”

(Fuente: Blogspot.mx/2015/07/prevención-y-protección-contra incendios)

5.6 Sistema de Agua Pulverizada.

(Manual de Protección Contra Incendios, 2009, Vol.2 Cap.14)

Los sistemas de agua pulverizada o de diluvio son un conjunto de tuberías fijas conectadas a una fuente de abastecimiento de agua para la protección contra incendios, dotado de boquillas pulverizadoras. El agua es lanzada de una forma especial, con unas dimensiones de partícula, una velocidad y una densidad de pulverización determinadas, que se descarga por aparatos y lanzas especiales diseñadas para este fin. Los sistemas de agua pulverizada para la protección y lucha contra incendios se llaman también de diluvio o niebla de agua. Los sistemas de agua pulverizada se utilizan en aplicaciones de alto riesgo.

La distinción principal entre un sistema de pulverización de agua y un sistema de rociadores automáticos es la cobertura específica contra la cobertura general del área. Normalmente los sistemas de pulverización de agua se instalan para proteger una pieza específica del equipamiento con cobertura de la superficie.

El patrón de pulverización del agua descargada por las boquillas de pulverización sobre una superficie puede ser elíptico o circular, y la selección transversal de la descarga proyectada es cónica. El patrón de descarga de la boquilla de pulverización debe esparcir el agua pulverizada sobre el espacio entre la boquilla y el objetivo, debe compensar las condiciones de los vientos y corrientes de aire, y debe impactar efectivamente el objetivo que va ser protegido. La densidad de descarga requerida es de (L/min)/m² o (galones por minuto por pie cuadrado) y el cubrimiento total del área que debe ser protegida, son también elementos esenciales. Las boquillas de pulverización de agua pueden estar equipadas con tapones o tapas frágiles que se pueden quitar, las cuales serán desplazadas cuando se active el sistema de diluvio de pulverización de agua. Las tapas evitan que los elementos corrosivos de la atmosfera ingresen al sistema de tuberías y que puedan

ser usados para retener agua en los sistemas húmedos de tuberías, con el propósito de acelerar su abastecimiento desde las boquillas de pulverización, (Imagen 5.6).

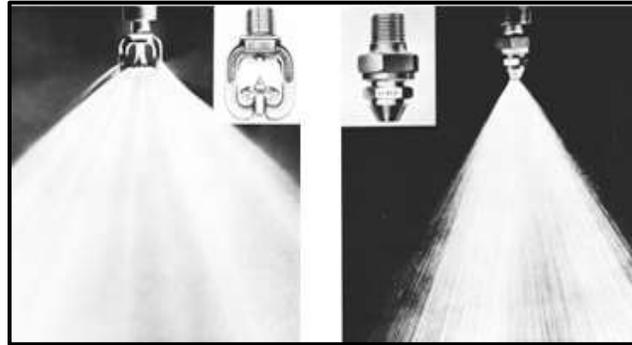


Imagen 5.6. "Sistema de Agua Pulverizada"

Generalmente, el agua pulverizada puede ser utilizada para extinguir un fuego, controlar un incendio, proteger contra exposiciones y/o prevenir un incendio. El agua pulverizada es aceptable para la protección de riesgos que involucran:

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

Extinción: La pulverización de agua extingue un incendio enfriándolo, sofocándolo con el vapor producido, emulsificando o diluyendo algunos líquidos inflamables, o a través de la combinación de estos factores.

Combustión controlada: La combustión controlada puede aplicarse si los combustibles que arden no pueden ser extinguidos por la pulverización de agua o si la extinción no es deseable.

Protección contra exposiciones: Las exposiciones al fuego son protegidas por la aplicación directa de agua pulverizada sobre las estructuras o equipos expuestos

para eliminar o reducir el calor que les ha sido transferido por el incendio por exposición. Las cortinas de agua pulverizada montadas a cierta distancia de la superficie expuesta son menos efectivas que la aplicación directa.

Prevención del incendio: Algunas veces es posible usar la pulverización de agua para disolver, diluir, dispersar o enfriar los materiales inflamables o combustibles antes de que sean encendidos por una fuente de ignición por exposición.

A continuación una imagen de un sistema de protección contra incendio donde se utiliza un sistema de pulverización de agua para unos Tanques a presión Horizontales, (Imagen 5.7).



Imagen 5.7. "Sistema de Pulverización de Agua"

CAPÍTULO 6

SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA

(National Fire Protection Association, NFPA 20, 2016)

Se han desarrollado distintos tipos de bombas, que difieren en su funcionamiento y en su construcción mecánica, para operar en diversas condiciones de trabajo sin que por esto alguna de éstas pueda considerarse de mayor importancia con respecto a las demás. El objetivo del diseñador de un sistema de bombeo de agua es proyectar instalaciones que cumplan con lo siguiente:

- A) Seguridad
- B) Flexibilidad de operación
- C) Confiabilidad
- D) Economía

En una planta industrial existen multitud de bombas y entre ellas la diversidad de tipos es amplia. La función de estos equipos es desplazar fluidos en su fase líquida mediante el aumento de energía del mismo en forma de presión y/o velocidad, energía transmitida al equipo por medio de un motor eléctrico o un motor de combustión interna (típicamente diésel). Las bombas contra incendios deben ser certificadas para el servicio contra incendio.

6.1 Tipos de Bombas.

Las bombas más frecuentes usadas en el abastecimiento de agua son las bombas centrífugas de tipo horizontal y vertical. Estas bombas tienen la ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados y de fácil acceso. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional. Si la posición del eje está sobre la superficie del agua, la succión de la bomba es positiva.

En estas bombas el flujo de agua desde la entrada de succión en la carcasa se divide y entra al impulsor desde cada lado a través de una abertura llamada “ojo”. La rotación del impulsor empuja al agua por fuerza centrífuga desde el ojo hacia el borde y a través de la espiral de la carcasa hacia la salida de descarga de la bomba. La energía cinética adquirida por el agua en su paso a través del impulsor es convertida en energía de presión por reducción gradual de velocidad en la espiral

Estas bombas tipo centrifugas deben ser de diseño de impulsor colgante (overhung impeller) y de diseño de impulsor entre cojinetes. El diseño del impulsor colgante debe ser del tipo de succión final de una etapa y multietapas de acoplamiento cerrado o por separado o del tipo en línea. El diseño del impulsor entre engranes debe ser del tipo de eje horizontal de carcasa bipartida de una etapa o de multietapas de acoplamiento separado o del tipo carcasa bipartida radial. Las bombas centrifugas no deben utilizarse cuando se requiere un elevamiento estático durante la succión (presión negativa).

6.2 Bombas Centrifugas Horizontales.

Bomba centrifuga caracterizada por una carcasa que se encuentra dividida en forma paralela al eje.

La rotación de una bomba horizontal puede ser determinada al colocarse en el extremo del motor y de frente a la bomba, si la parte superior del eje gira de izquierda a derecha, la rotación es derecha o en el sentido de las manecillas del reloj. Si la parte superior del eje da vuelta desde la derecha hacia la izquierda, la rotación es izquierda o contraria a las manecillas del reloj, (Figura 6.1).

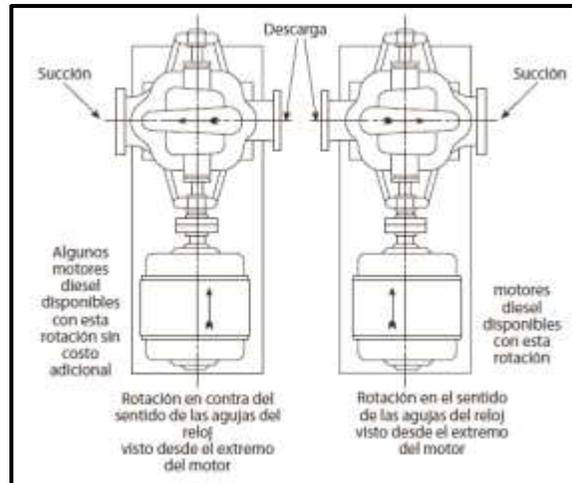


Figura 6.1. "Rotación del eje en la Bomba Horizontal"

6.3 Bombas Centrifugas Verticales.

Bomba centrífuga caracterizada por una carcasa que se encuentra dividida en forma paralela al eje y que se encuentra en forma vertical.

La rotación de una bomba vertical puede ser determinada viendo hacia abajo desde la parte superior de la bomba. Si la punta del eje directamente opuesta gira de izquierda a derecha, la rotación es derecha o en el sentido de las agujas del reloj. Si la punta del eje directamente opuesta gira de derecha a izquierda, la rotación es izquierda o contraria a las agujas del reloj, (Figura 6.2).

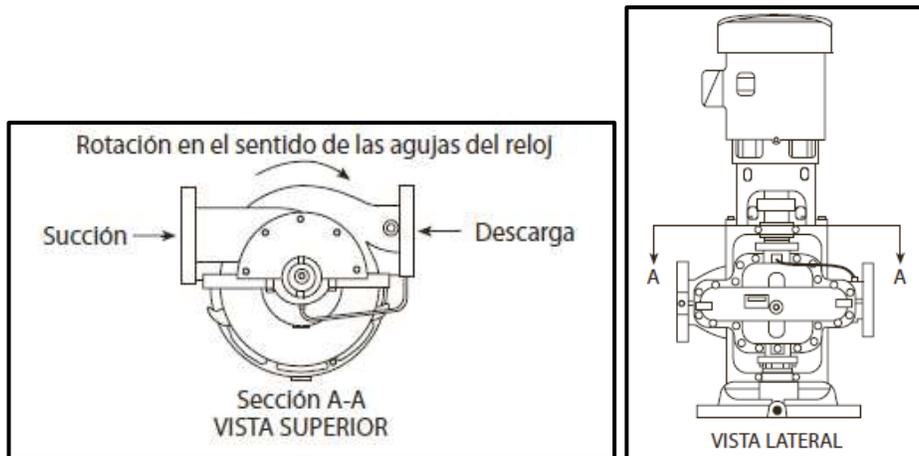


Figura 6.2. "Rotación del eje en la Bomba Vertical"

Para todos los tipos de bombas de eje horizontal (muestra de bomba de una única etapa horizontal de doble succión). La línea de referencia es la misma para cualquier bomba, ya sea multietapas, de succión única (al final) de tipo ANSI o de eje horizontal.

Para todos los tipos de bombas de eje vertical (muestra de bomba de una única etapa vertical de doble succión). La línea de referencia es la misma para la succión única (al final), en línea, o cualquier bomba con eje vertical. (Figura 6.3 y 6.4).

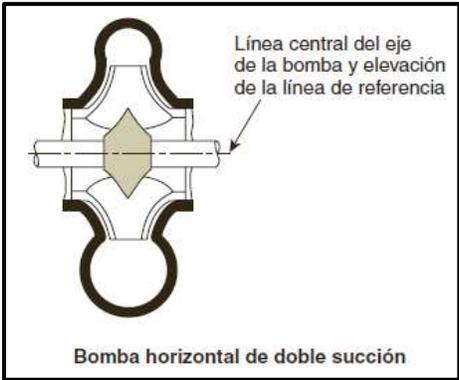


Figura 6.3. Esquema de acuerdo a la posición de una bomba de eje horizontal”

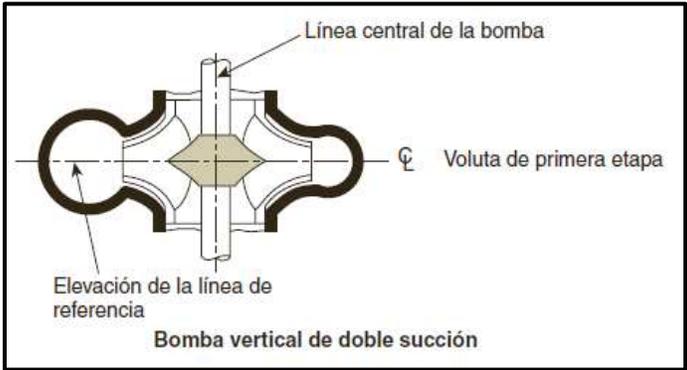


Figura 6.4. “Esquemas de acuerdo a la posición de una bomba de eje vertical”

6.4 Motores.

Los motores son una parte fundamental de toda bomba, pues estos hacen funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles, etc.),

en energía mecánica capaz de realizar un trabajo, por lo que las bombas se clasifican entonces en dos grupos principales: eléctricas y de combustión interna.

6.4.1 Motores Eléctricos.

Un motor clasificado según protección mecánica y métodos de refrigeración. Estos motores utilizan corriente eléctrica como fuente exterior de energía y son los más empleados para impulsar las bombas contra incendio. Todo motor eléctrico y método de instalación para servicio contra incendio debe de cumplir con la NFPA 70 "*Código Eléctrico Nacional*", artículo 695, y otros artículos aplicables. El abastecimiento de energía deberá estar ubicado y arreglado para proteger contra el daño producido por incendios dentro de la instalación, además debe tener la bomba la capacidad de operar de manera continua

Una bomba de incendio accionada por motor eléctrico deberá ser provista de una fuente de energía normal como fuente a disposición de manera continua. Cuando no se tenga una fuente de energía confiable se debe tener una fuente de energía alternativa, donde, deberá ser alimentada, por ejemplo, desde un generador que permita el arranque y funcionamiento normal del motor (es) que impulsa (n) la (s) bomba (s) contra incendio. Todos los motores eléctricos deberán prestar conformidad con NEMA MG-1 "*Motores y Generadores*" y deberán estar específicamente listados para servicio de bomba contra incendio.

Toda bomba contra incendio con motor eléctrico debe además de contar con controladores e interruptores de transferencia que deberán ser certificados específicamente para servicio de bombas contra incendio impulsadas por motores eléctricos, estos deberán ser adecuados para la corriente disponible de corto circuito en las terminales de línea del controlador y del interruptor de transferencia. Estos controladores deberán estar ubicados tan cerca como resulta práctico de los motores.

6.4.2 Motores de Combustión Interna.

Cualquier motor en el cual el medio de trabajo consista en los productos de combustión del aire y del combustible suministrado, esta combustión usualmente es producido dentro del cilindro de trabajo pero puede tener lugar en una cámara externa. Los motores de combustión interna utilizados son los de diésel, en el cual el combustible se enciende por completo mediante el calor proveniente de la compresión del aire suministrado para la combustión.

El motor diésel, que funciona mediante aceite combustible inyectado después de que la compresión está casi terminada, este es el que usualmente se utiliza como impulsor de bombas contra incendios.

Los motores diésel para el impulso de bombas contra incendio deberán de ser certificados para el servicio contra incendio y son de ignición por compresión y no deberán utilizarse motores de combustión interna encendidos por chispa. Los motores deberán ser aceptables para las clasificaciones de caballos de fuerza listadas por el laboratorio de pruebas para condiciones normales del SAE (unidad estándar de medición de potencia). También deberán de tener una clasificación mínima de caballos de fuerza de 4 horas igual o mayor a los caballos de fuerza requeridos para impulsar la bomba a su velocidad clasificada, así como también la instrumentación y el control adecuado de estos equipos, en conformidad a lo establecido por NFPA 20 *“Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios”*.

Los métodos de arranque de estos motores deberán ser confiables y acelerar a una velocidad nominal de salida dentro de los 20 segundos, el arranque puede ser del tipo eléctrico y deberá tomar corriente desde baterías de almacenamiento, también puede ser del tipo hidráulico o del tipo arranque con aire. Los tanques de suministro de combustible para el motor de combustión interna deberán tener la capacidad por

lo menos igual a 1 gal por hp, además de 5 por ciento de volumen para expansión y 5 por ciento de volumen de asentamiento.

6.5 Bombas Contra incendios.

Las bombas contra incendio sirven como componentes esenciales y críticos para muchos sistemas de protección contra incendios incluyendo rociadores, sistemas de agua pulverizada, niebla entre otros. Se determina necesario un análisis hidráulico, ya que si la fuente de suministro de agua no puede proporcionar la demanda suficiente de flujo y presión para el sistema contra incendio, se requerirá una bomba contra incendio, la cual proveerá el caudal necesario y la presión para el sistema contra incendio. Por lo tanto, el buen funcionamiento de la bomba contra incendio es vital para el éxito en el régimen general de la instalación. A su vez, el funcionamiento exitoso de una bomba contra incendio, dependerá de un apropiado diseño, instalación y mantenimiento constante.

Los principales requerimientos para el diseño y funcionamiento de las bombas contra incendio se abordan por la NFPA 20, "*Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios*". Las normas aplicables a las bombas contra incendio estipulan los requerimientos mínimos para un funcionamiento idóneo y aceptable.

Las bombas contra incendio son consideradas como parte fundamental del abastecimiento de agua en un sistema contra incendio, por su capacidad, pueden aumentar la presión disponible, o bien, generar toda la presión del abastecimiento de agua dado.

Las bombas contra incendio pueden arrancarse manualmente, aunque normalmente su arranque es automático, este arranque es activado a través de una caída de presión en el sistema o por apertura de un dispositivo de extinción del incendio, también todo arranque automático necesita un equipo de control. El tipo

de motor que mueve a la bomba contra incendio puede ser eléctrico o de combustión interna a diésel. Los caudales suministrados pueden variar entre 25 galones por minuto (gpm) y 5000 gpm, (Tabla 6.5), las bombas contra incendios están diseñadas para suministrar un volumen específico de agua, medido normalmente en galones por minuto, a una presión y velocidad de bombeo concretas.

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

“Tabla 6.5”

(Tabla 4.9.2 NFPA 20, 2016)

La bomba debe ser capaz de suministrar el 150% de su capacidad nominal a un 65% de su presión nominal y, a caudal cero, la presión no debe alcanzar más del 140% de su presión nominal, de modo que la demanda individual de cualquier sistema de protección contra incendios cumpla con estos requisitos. Estas bombas también están provistas de Bombas de mantenimiento de presión llamadas “Jockey”, estas bombas deben tener una presión de descarga suficiente como para mantener la presión deseada del sistema de protección contra incendio.

Las bombas contra incendios están provistas de válvulas de descarga de circulación, que descargan el agua cuando la bomba funciona a caudal cero. Se coloca esta válvula porque si no estuviera el agua contenida en el cuerpo de la bomba y sometida a la fuerza centrífuga creada por la bomba, aumentaría su temperatura pudiendo dañar la bomba.

Las bombas que toman su aspiración de estanques o fosos están provistas de filtros tipo canasta que aseguran que la bomba no se dañe por introducción de materiales sólidos en el interior de la misma.

Por otro lado, se debe instalar una válvula de alivio de presión cuando se instale una bomba contra incendio con motor diésel y cuando un total de 121 por ciento de la presión neta a gasto cero de la bomba más la presión máxima de succión estática, ajustada para la elevación, supere la presión para la cual los componentes han sido clasificados. Cuando se instala un impulsor eléctrico de control de limitación de presión de velocidad variable, y la cabeza máxima de descarga total ajustada para elevación con la bomba funcionando a gasto cero y a velocidad nominal excede de clasificación de presión de los componentes del sistema, también se deberá instalar una válvula de alivio de presión.

6.6 Selección del Tipo de Bomba Contra Incendios.

Dependiendo de las condiciones de la succión, las bombas contra incendio pueden ser del tipo turbina eje vertical o centrífuga horizontal de caja bipartida. Estas bombas deben tener fácil acceso a sus partes de trabajo, fabricados con materiales resistentes a la corrosión, deben proporcionar el gasto y presión de agua que demanda la protección de la instalación que represente el riesgo mayor estimado en el centro de trabajo.

Las bombas centrífugas horizontales, se deben seleccionar, cuando el nivel mínimo de succión se encuentre por arriba del eje de la bomba; en caso contrario, cuando

el suministro de agua se encuentre ubicado por debajo de la línea central de descarga de la brida y la presión de abastecimiento de agua no es suficiente para transportar el agua a la bomba contra incendio, se deben seleccionar bombas del tipo turbina eje vertical, (Imagen 6.6 y 6.7).

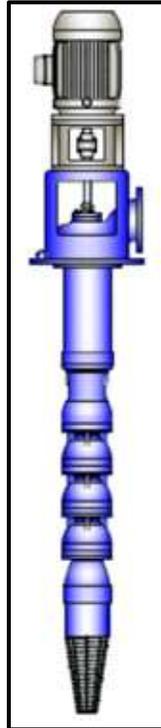


Imagen 6.6. "Bomba Turbina Eje Vertical"



"Imagen 6.7. "Bomba Centrífuga Horizontal"

Cada bomba, motor, equipamiento de control, suministro y disposición de energía, y suministro de líquido deberá ser aprobado por la autoridad competente para las condiciones de campo específicas que se encuentre.

La aceptabilidad y confiabilidad de la fuente de agua son de importancia vital y esta debe determinarse por completo, con la debida tolerancia a su confiabilidad en el futuro.

En ambos casos el fabricante de las bombas deberá entregar al comprador las curvas de pruebas de taller certificadas que muestren la capacidad de cabeza y la potencia al freno en caballos de fuerza de la bomba.

6.7 Determinación de la Curva del Sistema.

Con la información obtenida en la etapa de diseño y con los datos obtenidos que demanda en flujo y presión el sistema, se elabora la curva característica del sistema, la cual representará la carga total que debe tener la bomba funcionando a los diversos caudales del proyecto, cubriendo siempre el escenario que demanda el riesgo mayor de incendio. La curva del sistema es la representación gráfica del rango de operación (presión vs flujo) de la bomba.

6.8 Curvas Características de Bombas Centrifugas.

Las características de funcionamiento de una bomba centrífuga se representa mediante una serie de curvas en un gráfico de coordenada Caudal - Altura (Q-H); Caudal Presión (Q-P) y Caudal - Eficiencia (Q- η). A cualquier punto Q_x le corresponde un valor en las coordenadas H_x , P_x y η_x , en la siguiente imagen se ilustran las curvas antes descritas, (Imagen 6.8).

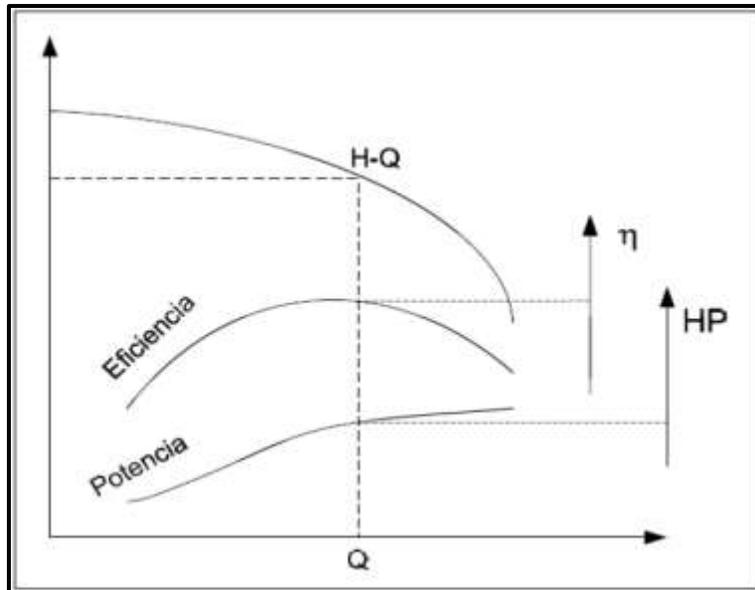


Imagen 6.8. “Curvas Características de Bomba Centrífuga”

6.9 Punto de Operación del Sistema.

Las bombas listadas pueden tener diferentes formas de la curva de capacidad del cabezal para una determinada clasificación. En la siguiente figura se ilustra los extremos de las probables formas de la curva. La cabeza de cierre estará en un rango comprendido entre un mínimo de 101 por ciento y un máximo de 140 por ciento de la cabeza nominal. Al 150 por ciento de la capacidad nominal, la cabeza podrá variar de un mínimo de 65 por ciento a un máximo apenas inferior a la cabeza nominal. Los fabricantes de bombas podrán proveer las curvas esperadas para las bombas contra incendios listadas que se necesitan tener, (Imagen 6.9).

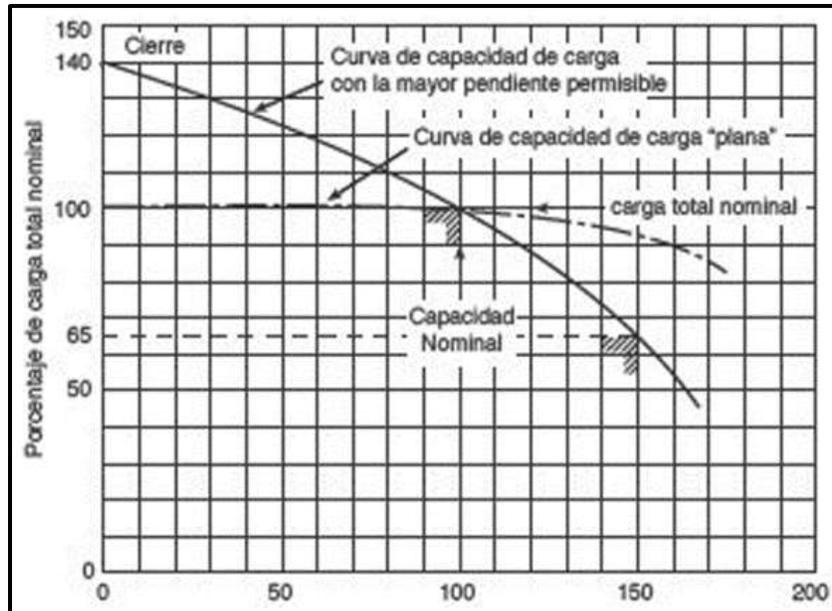


Imagen 6.9. “Curva Característica de Bomba Contra Incendio de Eje Horizontal”

En el diagrama de las curvas de la bomba, también están dibujadas las curvas para determinar la eficiencia, la potencia y el “Net Positive Suction Head” (NPSH) requerido por la bomba. Se debe comparar el NPSH disponible del sistema con el NPSH requerido por la bomba.

6.10 Casa de Bombas de Agua Contra Incendios.

La casa de bombas de agua contra incendio es una construcción destinada a dar resguardo a las bombas, motores y tableros contra incendios, de tal forma de evitar afectaciones y daños mecánicos a los equipos en resguardo, debe diseñarse y construirse de materiales no combustibles.

6.11 Ubicación de la Casa de Bombeo.

La ubicación de la casa de bombas debe ser seleccionada de tal manera que permita un funcionamiento seguro y continuo, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes factores:

Topografía del terreno.

Fácil acceso en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.

Eficiencia hidráulica del sistema de impulsión o distribución.

Disponibilidad de energía eléctrica o de combustión.

Protección de inundaciones, deslizamientos, y crecidas de ríos.

Protección de calidad del agua de fuentes contaminantes.

También se debe de considerar áreas libres de afectaciones ocasionadas por: explosión, fuego, inundación, sismo, tormentas de viento, congelamiento y vandalismo entre otras.

6.12 Elementos de la Casa de Bombeo.

Los componentes básicos de una casa de bombeo de agua son los siguientes:

Casa de bombeo.

Equipo de bombeo.

Tubería de succión.

Tubería de descarga.

Válvulas de control.

Tableros de control.

El dimensionamiento de la casa de bombas debe ser el adecuado para albergar el total de los equipos que conforman al sistema de bombeo, cuando sea necesario, en sitios en donde durante el año se presenten temperaturas ambiente recurrentes por debajo de los 5°C, se deben proveer los medios para mantener la temperatura del cobertizo por arriba de esta, así mismo contar con luz natural y artificial. Debe permitir facilidad de movimientos, mantenimiento, montaje, desmontaje, entrada y salida de los equipos, (Imagen 6.10).

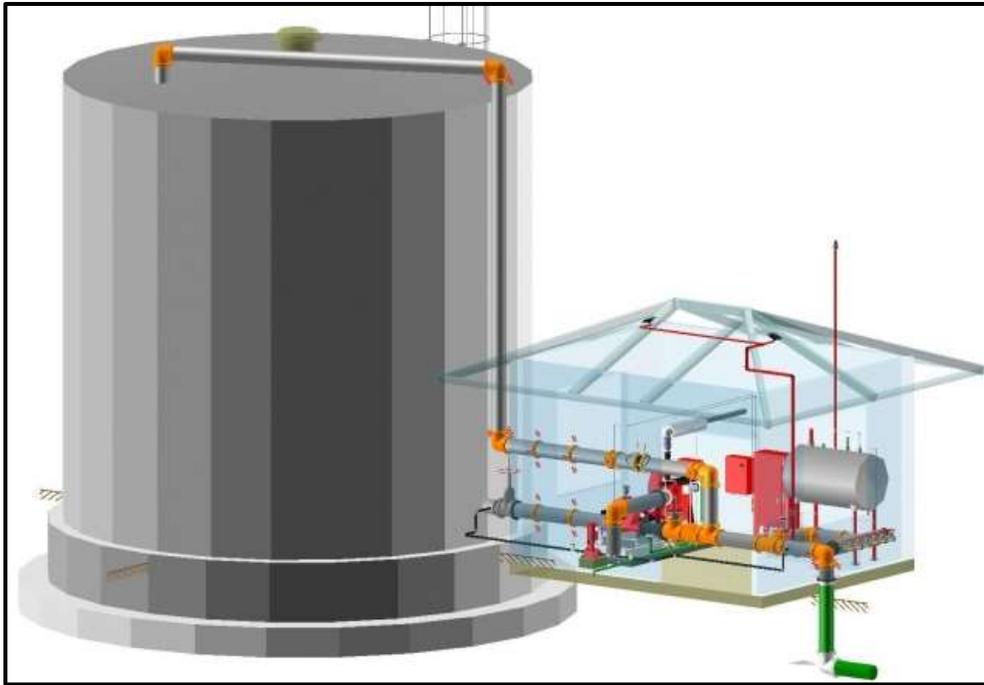


Imagen 6.10. “Instalación Típica de una Casa de Bombas Contra Incendio”

CAPÍTULO 7

DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA EN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

7.1 Análisis de Riesgo de Incendio.

(Manual de Protección Contra Incendios, 2009, Vol.1 Cap.2)

El propósito de un análisis de riesgo de incendio (ARI), es determinar el resultado esperado de un conjunto específico de condiciones llamado “escenario”. El escenario incluye detalles de las dimensiones del cuarto o del área de interés, los materiales que se manipulan o almacenan, los materiales de construcción, el número de personas, etc.

La realización de un ARI, es un análisis de ingeniería donde primero se selecciona un resultado como objetivo, el resultado objetivo que se especifica con más frecuencia, es el de evitar la muerte de los ocupantes en estas áreas, garantizar que los bomberos cuenten con áreas protegidas desde las cuales puedan combatir los incendios, evitar la pérdida total de la propiedad, que los daños a la propiedad sean mínimos y la protección al medio ambiente.

Este análisis se realiza al confrontar la tecnología en ingeniería de protección contra incendio que está siendo utilizada alrededor del mundo con los requerimientos específicos de las instalaciones evaluadas.

A diferencia del Análisis de Riesgos de Proceso, que se basa en la obtención de probabilidades y la determinación de las consecuencias de los riesgos identificados mediante técnicas específicas tales como el Hazop, índices Dow y Mond, árboles de fallas, error humano, etc. El Análisis de Riesgos de Incendios y Explosión supone que el escenario de incendio se va a dar (probabilidad 100%) y debe determinar cuáles serán las necesidades de agua requerida para enfrentarlo de manera efectiva.

De manera general, se puede decir que se deben realizar los siguientes pasos:

- I. Dividir las instalaciones por áreas. Cada área se considerará un “Área de fuego”, por lo que debe estar separada mediante paredes, techos o pisos resistentes al fuego o distancias suficientes.
- II. El incendio solo se iniciará en alguna de las áreas identificadas.
- III. Identificar el tipo (clase) de fuego esperado.
- IV. Identificar la norma, práctica recomendada o guía aplicable de acuerdo al riesgo específico.
- V. De acuerdo a lo anterior, determinar el tipo de sistema de combate de incendios recomendado para cada caso.
- VI. Determinar las necesidades de agua para control, extinción y protección (enfriamiento), mediante las densidades mínimas de aplicación y las dimensiones de las superficies a proteger.

La descripción del área o escenario de mayor riesgo de incendio, es el primer paso del análisis de riesgo de incendio porque, permite conocer:

- a. Las dimensiones en metros cuadrados o pies cuadrados del área.
- b. El equipo de proceso o tanques de almacenamiento involucrados.
- c. El tipo de material que se procesa si es inflamable o combustible.

De acuerdo a lo anterior, podemos determinar las áreas o escenarios totales de una planta, considerando las superficies involucradas, los materiales que se manejan, el material en mayor cantidad o mayor peligrosidad de incendio y la posibilidad de fugas por uniones bridadas y sellos mecánicos en equipos rotatorios.

7.2 Selección de Capacidad de Bomba Contra Incendio.

Debe seleccionarse una bomba contra incendio centrífuga de modo que la mayor demanda individual de cualquier sistema de protección contra incendio conectado

a la bomba sea inferior o equivalente al 150 por ciento de la capacidad nominal de la bomba.

El desempeño de la bomba cuando se utiliza a capacidades superiores al 140 por ciento de la capacidad nominal puede verse severamente afectado por las condiciones de succión. No se recomienda la utilización de la bomba a capacidades inferiores del 90 por ciento de la capacidad nominal. La selección y aplicación de la bomba contra incendio no debería ser confundida con las condiciones de funcionamiento de la bomba. Con condiciones de succión apropiadas, la bomba se puede operar en cualquier punto de su curva característica desde el punto de cierre hasta el 150 por ciento de su capacidad nominal.

Las bombas centrifugas contra incendios deben tener capacidades nominales en gpm (L/min) y deben estar clasificadas a presiones netas de 40 psi (2.7 bar) o más.

En la Tabla 4.9.2 NFPA 20 edición 2016, se muestran las capacidades nominales de bombas centrifugas contra incendios.

El rendimiento hidráulico de una bomba centrifuga incluye tres factores básicos (Figura 7.1):

- La capacidad (Unidad de volumen por unidad de tiempo)
- La carga total (expresada en pies de líquido)
- La velocidad a la cual funciona la bomba (rpm)

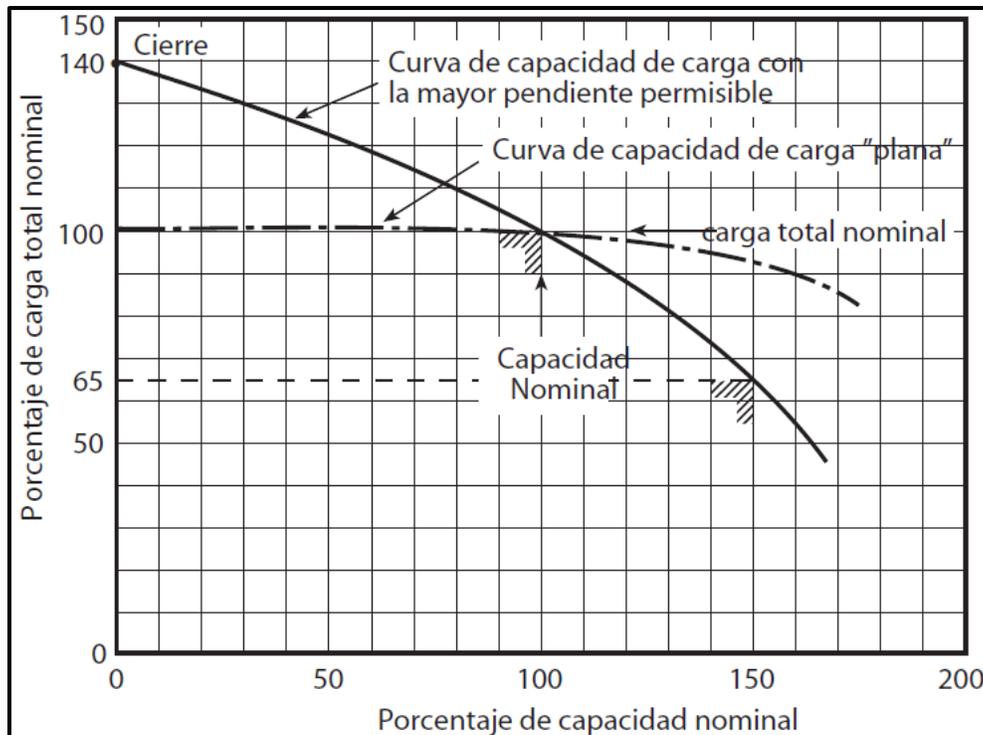


Figura 7.1. "Curva Característica"
(Anexo A.6.2 NFPA 20,2016)

La selección de una bomba centrífuga contra incendio, puede ser diversa, como por ejemplo:

- De Carcasa Bi-partida Horizontal (carcasa que se encuentra dividida en forma paralela al eje)
- De Carcasa Bi-partida Vertical (carcasa que se encuentra dividida en forma paralela al eje y que se encuentra en forma vertical)
- En Línea (su unidad de impulsión se encuentra sostenida por la bomba con las bridas de succión y de descarga aproximadamente sobre la misma línea)
- Succión Final (la boquilla de succión está ubicada en el lado opuesto de la carcasa, desde el prensaestopas y con el lado de la boquilla de succión de forma perpendicular al eje longitudinal del eje)
- Turbina Eje Vertical (eje vertical con uno o varios propulsores giratorios)

El desempeño de fábrica y en campo de una bomba contra incendio deberá proporcionar no menos del 150 por ciento de capacidad nominal a no menos de 65 por ciento de la cabeza total clasificada. Además la cabeza de cierre no deberá exceder el 140 por ciento de la cabeza clasificada para cualquier clase de bomba.

7.3 Abastecimiento Primario y Secundario de Agua Contra Incendios.

En cualquier instalación y planta de proceso donde existan sustancias inflamables, combustibles, o donde se tenga por naturaleza el riesgo de incendio, de acuerdo a la cantidad de los materiales que se manipulen o almacenen es indispensable el diseño de sistemas para el abastecimiento de agua Contra Incendio, planteándose el problema de proyectar un abastecimiento de agua adecuado para el escenario de riesgo mayor.

Este análisis debe tener fundamentos normativos, tanto nacionales como internacionales, para desarrollar un punto de vista práctico, teniendo en cuenta que la protección Contra Incendios tiene como objetivo asegurar la vida de las personas, las instalaciones y el medio ambiente con un costo razonable. Este análisis de abastecimiento debe considerar un conjunto de medidas tales como la capacidad de los sistemas de almacenamiento, tiempo de reposición de agua, distribución y distanciamiento de los sistemas de almacenamiento con respecto a otras áreas de proceso entre otras características.

La normativa existente no desarrolla soluciones específicas para cada caso, limitándose a señalar las condiciones mínimas de cumplimiento.

Este análisis se conforma de dos partes que son:

- Análisis del Abastecimiento de Agua Contra Incendios: De acuerdo al Análisis de Riesgo de Incendio (ARI), la demanda de agua del riesgo mayor, la capacidad de almacenamiento de los sistemas de almacenamiento entre

otros factores, se calcula la cantidad de agua Contra Incendio de acuerdo al tiempo de servicio ininterrumpido de agua Contra Incendio esperado o calculado, con base a la clasificación de la instalación y al tiempo de reposición del agua contra incendio.

- Análisis de las condiciones físicas de los sistemas de almacenamiento de agua contra incendio: El análisis se realizará, después de una inspección física a los sistemas de almacenamiento de agua Contra Incendio, como dimensiones de los sistemas, capacidad de almacenamiento, materiales de construcción de los sistemas, distribución y espaciamiento de estos sistemas con respecto a áreas de riesgo de incendio, de acuerdo a lo establecido en las normas aplicables vigentes en la materia, o mediante un círculo de afectación de incendio, el cual se determina mediante un análisis de consecuencias utilizando un programa de simulación comercial.

Una fuente de abastecimiento primaria de agua que satisfaga las necesidades del riesgo mayor puede ser desde una presa, lagos, lagunas, ríos, el mar entre otros. El agua que se utilice en la red contra incendio, debe provenir de cualquier fuente de abastecimiento que garantice el volumen de agua requerido, para dar atención al riesgo mayor bajo cualquier circunstancia y estar libre de hidrocarburos.

Por otro lado, una fuente de abastecimiento secundaria de agua que satisfaga las necesidades del riesgo mayor puede ser un tanque de almacenamiento, una cisterna, o cualquier otro contenedor, el cual, debe diseñarse para satisfacer la demanda del riesgo mayor de incendio que incluye:

- El agua para la extinción.
- El agua requerida para el enfriamiento de la instalación que genera el escenario de incendio del riesgo mayor.
- El agua adicional para monitores fijos o portátiles, líneas de manguera, agua para proteger al personal, etc.

- El agua requerida para el enfriamiento de las instalaciones que reciban radiación de calor del escenario que representa riesgo mayor.

La capacidad de almacenamiento de agua para el servicio contra incendio, debe ser suficiente para combatir ininterrumpidamente el incendio del riesgo mayor de la instalación durante el tiempo esperado o calculado, (Imagen 7.2).



Imagen 7.2. “Tanque de Almacenamiento de Agua Contra Incendios”

Los tanques de almacenamiento de agua para el servicio contra incendio pueden ser verticales, atmosféricos, de techo fijo, con venteo y recubrimiento interno. La localización del tanque o tanques de almacenamiento de agua contra incendio, debe cumplir con ciertos distanciamientos, de tal forma que no estén expuestos al fuego o ubicados en zonas de riesgo que puedan afectar su integridad. En algunas ocasiones la capacidad de almacenamiento se puede dividir en dos tanques, para efectos de mantenimiento interno.

El diseño de los tanques de almacenamiento de agua contra incendio debe cumplir con los requerimientos establecidos en API 650 y NFPA 22 edición 2013 o equivalente en su última edición.

7.4 Trazado de la Red de Agua Contra Incendios.

La red para agua contra incendio es elemento fundamental para la protección contra incendio de las instalaciones. Su cálculo y diseño es primordial en el desarrollo de un proyecto para definir las características del sistema, su fuente de suministro, el equipo de bombeo, los diámetros de la tubería que garanticen el consumo requerido en los hidrantes, los monitores, sistemas de aspersion, etc.

El trazado de la tubería debe ser en tramos rectos y formando uno o varios anillos preferiblemente con válvulas de seccionamiento en las intersecciones y de tal forma que no haya más de 6 sistemas contra incendios entre ellos, de acuerdo a lo establecido en la NFPA 24 edición 2016, (Imagen 7.3).

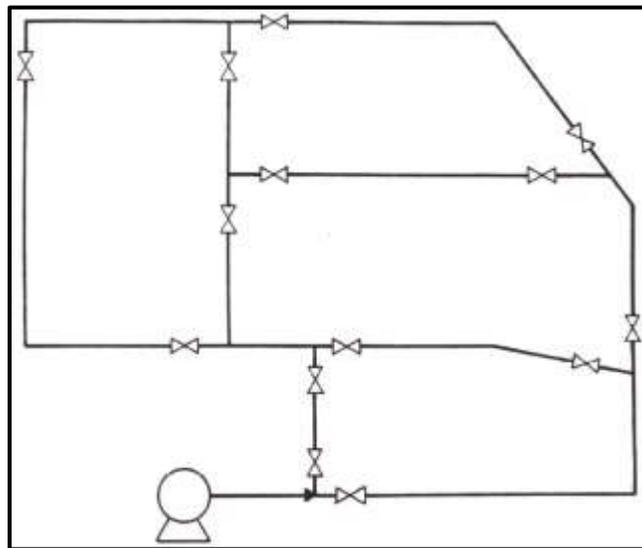


Imagen 7.3. “Anillos de la Red Contra Incendios con Válvulas de Seccionamiento”

Se debe considerar que al diseñar una red contra incendio en forma de anillos, esta mejora el desempeño hidráulico, la confiabilidad de la red y disminuye los diámetros, (Imagen 7.4).

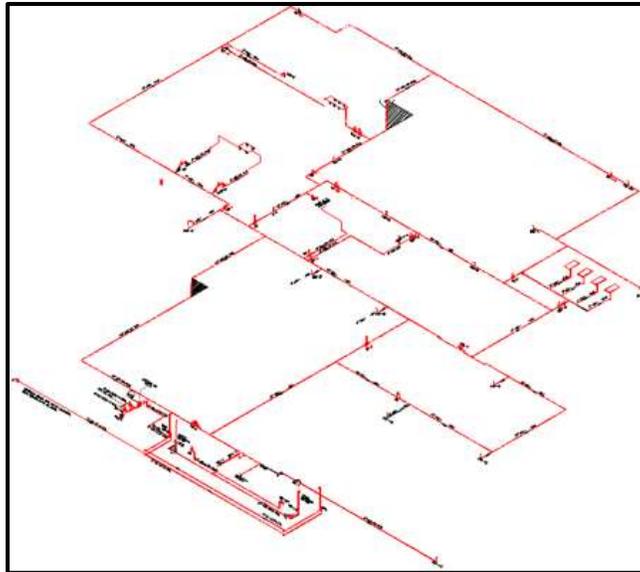


Imagen 7.4. “Red Contra Incendios”

El trazado de la red contra incendio al formar circuitos cerrados (anillos) en las áreas y zonas peligrosas, tiene como función suministrar agua a los hidrantes, monitores, sistema de aspersores y rociadores para combatir el incendio.

También se debe de considerar el dimensionamiento y ubicación de la tubería contra incendio tomando en cuenta lo siguiente:

- Las pérdidas de fricción en la tubería
- La confiabilidad deseada
- Posibilidades de expansión
- El control de riesgo durante una emergencia

Todos los ramales principales que alimentan a hidrantes de las redes de agua contra incendio no deben ser menores de 6” de diámetro. (National Fire Protection Association, NFPA 24, 2016)

También se debe considerar que toda la tubería de agua contra incendio, fuera de plantas o áreas de proceso y en lugares donde no sea requerido protegerla contra

explosión, fuego, impactos por vehículos u otros riesgos que pueda afectar su integridad mecánica y en las zonas donde el clima lo permita, debe ser aérea, tendida en trincheras abiertas con superficie de mampostería o sobre mochetas de concreto.

7.5 Materiales de Tubería para Redes de Agua Contra Incendios.

Existen diferentes tipos de materiales de tubería para redes de agua contra incendio, la selección del material dependerá si la red se encontrara en forma superficial (aérea) o enterrada (subterránea), esto a su vez dependerá de varios factores, como por ejemplo: condiciones de la instalación a proteger, del ambiente en el que se encuentra, o de la decisión de la autoridad competente siempre y cuando no se requiera tubería subterránea. Todo material para uso de agua contra incendio debe de estar certificado para dicho servicio.

Las tuberías que se usen enterradas, deberán estar certificadas para el uso de tubería subterránea contra incendio. (National Fire Protection Association, NFPA 24, 2016)

- PVC
- PEAD
- Fibra de Vidrio

El tipo y clase de tubería enterrada para una instalación particular debe ser determinada a través de la consideración de los factores siguientes:

- (1) Presión de trabajo máxima del sistema
- (2) Profundidad a la cual va a ser instalada la tubería
- (3) Condiciones del suelo
- (4) Corrosión

(5) Susceptibilidad de la tubería a otras cargas externas, incluyendo cargas de tierra, instalación bajo edificios y cargas de tráfico o vehículos.

Cuando el diseño considere el uso de tubería para servicio de agua contra incendio de material no metálico (cloruro de polivinilo, polietileno de alta densidad o fibra de vidrio entre otros), solo se permite para ser instalada en forma subterránea y debe cumplir con las especificaciones de la NFPA 24. No debe ser usada tubería de acero para servicio subterráneo general a menos que este específicamente listada para tal servicio, en la actualidad no existe aún tubería de acero listada para el servicio contra incendio subterráneo.

En el diseño de la tubería exterior y accesorios aéreos, debe considerar la protección anticorrosiva y en cuanto al color este debe ser rojo, de acuerdo con lo establecido en las normas mexicanas.

La tubería debe estar considerada para resistir una presión de trabajo del sistema no menor a 150 psi (10.54 kg/cm²).

7.6 Tubería Contra Incendio de Instalación Superficial o en Trinchera.

Las tuberías principales aéreas no deben pasar a través de áreas peligrosas y deben ubicarse de manera que estén protegidas de daños mecánicos y de incendio.

Toda la tubería y sus accesorios diseñados para instalarse en forma superficial aérea o en trincheras, debe ser de material metálico y cumplir con las especificaciones para tubería de agua contra incendio ya sea por normas mexicanas o extranjeras.

Donde las tuberías de suministro llenas de agua en superficie, tuberías verticales, sistemas verticales o tuberías principales de alimentación pasan a través de áreas

abiertas, cuartos fríos, vías de paso u otras áreas expuestas a temperaturas de congelación, la tubería debe estar protegida contra congelamiento.

En el diseño de la tubería exterior y accesorios aéreos, donde existen condiciones corrosivas o la tubería está expuesta a las condiciones atmosféricas, deben ser usados tipos de tubería, accesorios y soportes o cubiertas protectoras resistentes a la corrosión.

Para minimizar o evitar rotura de tubería donde está sujeta a terremotos, la tubería en superficie debe estar protegida contra sismos.

Las tuberías principales que pasan a través de muros, pisos y cielorrasos deben ser provistas de espacios libres. En cuanto al color, este debe ser rojo, de acuerdo con lo establecido en las normas mexicanas.

7.7 Selección y Ubicación de Válvulas de Seccionamiento.

Todas las redes de agua contra incendio deben de tener válvulas de seccionamiento, esto con la finalidad de aislar tramos de tuberías en caso de daños o para el mantenimiento del sistema.

Todas las válvulas de seccionamiento deben ser válvulas indicadoras y listadas para el uso contra incendio.

La ubicación de las válvulas debe ser en los en los puntos apropiados que permitan sectorizar o aislar el sistema en anillos y tramos de tubería, sin dejar de proteger ninguna de las áreas o equipos que lo requieran, además debe considerarse su ubicación en lugares de fácil acceso y protegidas contra golpes, estas deben ser fácilmente identificadas y localizadas, (Imagen 7.5, 7.6 y 7.7). De acuerdo a lo establecido por la NFPA 24, no debe de haber más de 6 sistemas contra incendios entre válvulas.



Imagen 7.5. “Válvulas de seccionamiento”

Las válvulas indicadoras no deben cerrar en menos de 5 segundos cuando son operadas a la velocidad máxima posible desde la posición completamente abierta.

Algunos tipos de válvulas indicadoras de seccionamiento pueden ser del tipo compuerta de vástago ascendente, o aquellas instaladas en un registro, deben contar con una extensión que permita accionar la válvula desde el exterior, al mismo tiempo contar con un poste indicador para precisar la posición abierta o cerrada.



Imagen 7.6. “Válvula de seccionamiento de poste indicador”



Imagen 7.7. “Válvula de seccionamiento de vástago ascendente”

7.8 Selección y Ubicación de Hidrantes y Monitores de Agua Contra Incendios

Como ya se había mencionado anteriormente, un hidrante es una conexión con válvula exterior a un sistema de suministro de agua que provee conexiones de manguera.

Todo tipo de hidrante para el uso de servicio contra incendio, debe ser del tipo aprobado y tener un diámetro de conexión con las tuberías principales no menor a 6 pulgadas (152 mm).

Todos los hidrantes a suministrar deben tener dos salidas de 2 ½” (63 mm) con tapón y cadena. Cada salida debe tener su válvula de compuerta de 2 ½” (63 mm) de diámetro y cuerpo de bronce ASTM-B16.

La ubicación de los hidrantes debe ser de manera tal de suministrar el caudal de mangueras requerido al riesgo calculado, a una distancia no menor de 12 metros desde los edificios o instalaciones, de manera tal de proteger al personal de los efectos del incendio (humo, calor o paredes que se derrumben).

El centro de la conexión de manguera debe estar a no menos de 18” (457 mm) por encima del nivel del piso terminado y una altura máxima de 36” (914 mm), deben

estar asegurados a la tubería y anclados de acuerdo con los requisitos de la NFPA 13.

Los hidrantes deben estar debidamente señalizados y ser instalados de acuerdo a la legislación local, (Imagen 7.8).



Imagen 7.8. “Hidrante para servicio contra incendios”

Los monitores o boquillas monitoras de agua son aquellas que se colocan en los hidrantes para el servicio contra incendios y que se requieren para la protección de:

- Grandes cantidades de combustibles ubicados en diques de tanques
- En lugares inaccesibles.
- En localidades o estructuras que representan riesgos de incendios altos.

La selección de la capacidad de las boquillas debe ser con base al requerimiento del área a proteger y la densidad de aplicación y debe ser listada para servicio contra incendio o aprobada o equivalentes. Además se debe considerar para la selección de un monitor que este brinde al operador una cobertura de protección y de ataque al incendio lo más grande posible,

La ubicación de los mismos, capacidad y forma de operación deben ser definidos para cada caso en particular. Debe considerarse para su ubicación un alcance

mínimo al equipo o área a proteger. También se debe considerar que la ubicación entre hidrantes con boquillas monitor tenga un distanciamiento máximo de 30 metros y que la distancia entre ellos no deje superficies sin proteger, esto en conformidad con la NRF-016-PEMEX.

Estos también deben ser protegidos si están sujetos a daño mecánico de manera que no interfieran con la conexión a, u operación del hidrante.

Los monitores deben contar con una placa de identificación de acero inoxidable no auto adherible, indicando la marca, modelo, presión máxima de operación, flujo y diámetro y proyecto específico, (Imagen 7.9).



Imagen 7.9. “Hidrante con Monitor”

7.9 Estimación de Diámetros de la Tubería Principal de Agua Contra Incendios.

El tamaño de las tuberías principales para el servicio contra incendio considera que el diámetro de la tubería principal en redes de agua contra incendio se debe diseñar mediante cálculos hidráulicos, pero en ningún caso debe ser menor de 6” (152 mm) de diámetro, de acuerdo a NFPA 24. En algunos casos en donde antes de diseñar mediante cálculos hidráulicos la red contra incendio se puede llegar a utilizar algunas tablas como las del Libro de Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y

Para la estimación del diámetro de las tuberías principales contra incendio no existe alguna restricción en la velocidad del agua a través de la tubería. Sin embargo, es una buena práctica contar con un rango de velocidades para una estimación inicial de los diámetros requeridos, velocidades entre 6 y 12 ft/seg es un rango aceptable.

En algunas ocasiones se comete el error de utilizar la ecuación de continuidad como una manera de determinar el diámetro de la red contra incendios, cuando ésta forma anillos es incorrecto, ya que sobre dimensiona los diámetros necesarios y es por esta razón que muchas de las redes contra incendio existentes son mucho más grandes (en diámetro) de lo requerido.

La única forma de utilizar la ecuación de continuidad de forma correcta es cuando la red no presenta circuitos cerrados (anillos).

7.10 Cálculos Hidráulicos de la Red de Agua Contra Incendios.

Los cálculos hidráulicos deben mostrar que la tubería principal es capaz de suplir la demanda total a la presión adecuada.

El uso de un software es fundamental para la realización de los cálculos hidráulicos de la red de agua contra incendio, ya que al analizar un conjunto de tuberías conectadas entre sí, y las condiciones del suministro y la descarga de agua, se vuelve complejo de resolver.

Es necesario convertir la red de agua contra incendio en un sistema de tramos (tuberías) y nodos (puntos donde hay cambio de diámetros, donde se bifurca la tubería, donde existe diferencia de altura o donde se tienen salidas o entradas de agua) a fin de introducir toda la información necesaria de la red contra incendio que se pretende simular. Los nodos se denominan desde un nodo de inicio hasta un nodo final por la notación que se deseé, en cada tramo de tubería es necesario

proporcionar información adicional, como por ejemplo: longitud, material, cedula, diámetro, accesorios y valor “C”.

Para cada tramo se necesita introducir su longitud, el diámetro de la tubería, el valor de la cedula, factor “C”, y los accesorios que se encuentran en dichos tramos, como válvulas, codos, tees, etc. Esto con la finalidad de considerar en estos tramos de tubería las caídas de presión que pudiera haber.

También se debe definir en la simulación la elevación a la cual se encuentra cada nodo desde un punto de referencia, que generalmente es el eje de la bomba contra incendio, esto determinara la pérdida o ganancia de presión en cada tramo y por ende de toda la red.

Para un cálculo hidráulico se debe considerar la simulación del sistema por dos formas, la primera por “Demanda” y la segunda por “Suministro”. Por demanda es cuando se simula por medio de los requerimientos del sistema en cuanto al flujo y/o presión mínimos en el punto requerido y por suministro es cuando se introducen los datos del suministro de agua, es decir, la curva de la bomba, con esto se puede saber si el suministro de agua cumple con las necesidades mínimas de flujo y/o presión en el punto requerido.

7.11 Especificación de la Bomba Contra Incendios.

Toda bomba contra incendio deberá estar instalada y cumplir con los requerimientos de acuerdo a NFPA 20, además de estar certificada para el servicio al cual está destinada.

Primero se debe de considerar que toda bomba contra incendio seleccionada tiene que tener la capacidad de cubrir el requerimiento del riesgo mayor de incendio, es decir, que la capacidad (caudal o gasto) tanto en flujo como en presión sea la suficiente.

La potencia también es uno de los factores importantes a considerar para la selección de una bomba, por ejemplo, ya sea un motor eléctrico o de combustión interna a diésel tiene que ser capaz de mover la bomba en todo el rango de flujos, desde el gasto cero hasta el 150% de exceso. Para obtener dicha potencia se usa la ecuación 1:

$$BHp = \frac{Q \times H}{3,960 \times \%Ef}$$

Ecación 1

La cabeza total de descarga (presión de descarga) es otro factor que también se debe de considerar, ya que se debe cubrir no solo los requerimientos del riesgo mayor, sino todos y cada uno de los requerimientos de presión de los sistemas contra incendio a base agua que abastece, cada una de las necesidades deberán determinarse por medio del cálculo hidráulico de la red contra incendio.

Los motores ya sean eléctricos o de combustión interna deben estar listados para el servicio de bombas contra incendio, como lo establece la NFPA 20.

Para los motores eléctricos se debe considerar que la fuente de energía en la instalación sea confiable para una operación ininterrumpida de la bomba o en caso de ser necesario contar con energía alterna cuando la fuente normal no es confiable. Para los motores de combustión interna se debe considerar motores de ignición por compresión y no motores encendidos por chispa, como se establece en NFPA 20.

Los tanques de suministro de combustible deberán tener una capacidad por lo menos igual a 1 galón por hp (5.07 L por kW), además de 5% de volumen para expansión y 5% de volumen de sedimentos, además este debe ser colocado a nivel de piso pero nunca enterrado.

7.12 Sistemas de Aspersión.

(National Fire Protection Association, NFPA 15, 2017)

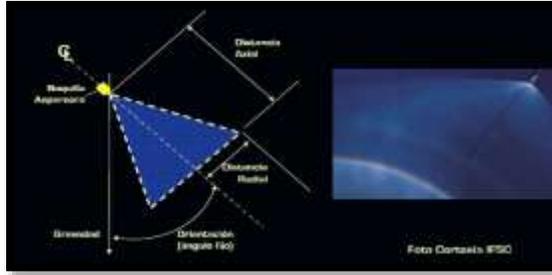
Los sistemas de aspersión como ya se había mencionado anteriormente, se usan para proteger riesgos especiales y son idóneos para proteger una gran variedad de riesgos en instalaciones donde se fabrica, maneja, bombea y se almacenan líquidos y gases inflamables y combustibles. La protección contra incendio a base de aspersores de agua es el medio más eficiente para proteger contra el fuego a equipos de proceso y recipientes de almacenamiento, previniendo así la transferencia de calor desde el fuego al recipiente.

Todo sistema de aspersión debe emplear materiales y accesorios nuevos, listados para el uso en protección contra incendio. Los componentes deben clasificarse para la máxima presión de trabajo del sistema, pero no menor a 175 psi.

Todo componente del sistema instalado en exteriores o en ambientes corrosivos, deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o estar apropiadamente protegidos contra ella.

Todo sistema de aspersión se conforma de los siguientes componentes:

- **Aspersores de agua:** Los aspersores o boquillas de agua son dispositivos que poseen patrones de aspersión de agua especiales y son direccionales. Normalmente son boquillas abiertas (sin elemento fusible); sin embargo, en aplicaciones especiales se pueden utilizar boquillas cerradas con bulbo de vidrio o fusibles metálicos. El agua se aplica mediante un patrón geométrico determinado, tamaño de gota y densidad, usando boquillas de aspersión certificadas para servicio contra incendios, generalmente por UL o FM, que por lo común proporcionan un cono sólido de agua que se proyecta sobre un área definida en un ángulo determinado respecto a la vertical, (Imagen 7.11).



7.11. "Posición de Boquilla"

Cada boquilla debe tener un Factor K y un ángulo de aplicación fácilmente identificables y debe estar acompañada de una tabla de información sobre su patrón geométrico a diferentes presiones de operación, orientaciones y distancias, el cual muchas veces viene graficado en la hoja de datos de la boquilla de aspersión.

- Tuberías y Accesorios: Los sistemas de aspersión pueden estar conformados de diferentes tipos de materiales en sus tuberías, como por ejemplo el Acero, Cobre, Acero Inoxidable, PVC y Hierro Dúctil.

El diámetro mínimo para tuberías de acero es de 1"Ø, mientras que para tuberías de cobre y acero inoxidable es de ¾" Ø.

Las especificaciones de las tuberías deben cumplir como mínimo con los requerimientos normativos que se muestran en la tabla siguiente (Imagen 7.12 y 7.13):

Tabla 5.3.1 Especificaciones de Tubería	
Materiales y Dimensiones	Estandar
Tubería Ferrosa (Soldada y sin Costuras)	
Tubería de Acero Inoxidable	ANSI B 36.19M
Especificación de Norma para Tuberías de Acero Inoxidable Sin Costuras y Soldadura Austenítica	ASTM A 312
†Especificación de Norma para Tubería Negra y tubería de Acero Soldada Sin Costura Cubierta de Cinc por Inmersión en Caliente (Galvanizada). Para uso en Protección Contra Incendios.	ASTM A 795
†Especificación de Norma para Tubería de Acero, Negra y Cubierta de Cinc por Inmersión en Caliente, Soldada y Sin Costuras.	ASTM A 53
Tubería en Acero Forjado Soldada y Sin Costuras.	ANSI B36. 10M
Especificación de Norma para Tubería de acero soldada por resistencia eléctrica	ASTM A 135
Tubo de Cobre (Extruido, Sin Costuras)	
†Especificación de Norma para Tubo de Cobre Sin Costuras.	ASTM B 75
†Especificación de Norma para Tubería de Agua en Cobre sin Costuras	ASTM B 88
Especificación de Norma para Requerimientos Generales para Tubería Forjada de Cobre sin Costuras y tubo de Cobre Aleado	ASTM B 251
Especificación para Metales de Relleno con Soldadura Fuerte y Soldadura de Bronce (Clasificación BCuP-3 o BCuP-4)	AWS A5.8

Imagen 7.12. “Especificaciones de Tubería”

Por otro lado, los accesorios deben cubrir o exceder los requerimientos normativos indicados en la tabla siguiente:

Tabla 5.4.1 Materiales y Dimensión de Accesorios	
Materiales y Dimensiones	Norma
Hierro Fundido	
Accesorios Roscados en Hierro Gris Clase 125 y 250	ANSI B16.4
Bridas Para Tubería de Hierro Fundido y Accesorios bridados	ANSI B16.1
Hierro Maleable	
Accesorios Roscados de Hierro Maleable, Clase 150 y 300	ANSI B16.3
Acero	
Acero Forjado Hecho en Fábrica Accesorios Soldados al Tope	ANSI B16.9
Terminales Soldados al Tope	ANSI B16.25
Especificación de Norma Para Accesorios de Tu- bería en Acero Forjado al Carbono y Acero Aleado Para Temperaturas Moderadas y Eleva- das.	ASTM A 234
Tubería y Accesorios bridados	ANSI B16.5
Accesorios Forjados, de Campana Para Soldar y Roscados	ANSI B 16.11
Cobre	
Accesorios Para Juntas de Presión en Cobre Forja- do y Cobre Aleado Blando	ANSI B16.22
Accesorios Para Juntas de Presión en Cobre Fun- dido Aleado Blando	ANSI B16.18
Hierro Dúctil	
Especificación de Norma Para Fundiciones de Hie- rro Dúctil	ASTM A 536
Acero Inoxidable	
Especificación de Norma Para Tubería de Acero Forjado o Laminado Aleado, Bridas, Acceso- rios Forjados, Válvulas y Partes Para Servicio a Alta Temperatura	ASTM A 182

Imagen 7.13. “Especificaciones de Tubería”

Tubería de acero:

1. La tubería de acero debe tener sus superficies internas y externas galvanizadas.
2. Los extremos roscados de la tubería estarán protegidos contra la corrosión con un método de galvanizado en frío.
3. Tuberías soldadas o ranuradas por deformación, serán cédula 10 hasta 5”, 0.134” para 6” y 0.188” para 8” y 10” para presiones hasta 300 psi.

4. Tuberías roscadas o ranuradas por corte, serán cédula 40 hasta 6" o cédula 30 para diámetros mayores para presiones hasta 300 psi.
5. Se permite el uso de tubería de acero negro llena de agua, protegida externamente.
6. En donde el ambiente o el agua del sistema causen excesiva corrosión a la tubería de acero negro o galvanizado, se debe de utilizar otro tipo de tubería.
7. Se permite en uso de tubería de acero inoxidable.

Tipos de Tubería:

1. Acero Negro, Galvanizadas, soldadas y sin costura, de acuerdo a:
 - ASTM A53,
 - ASTM A135 y
 - ASTM A795.
2. Tuberías de Cobre, extruido, sin costuras:
 - ASTM A75,
 - ASTM B88 y
 - ASTM B251.
3. Tuberías de Acero Inoxidable, sin costura y soldadura austenita:
 - ASTM A75,
 - ASTM B88 y
 - ASTM B251.

Accesorios para tuberías.

1. Materiales y Dimensiones de Accesorios:

- Accesorios de Hierro Dúctil según ASTM A536
- Accesorios de Hierro Maleable según ANSI B16.3
- Accesorios de Acero Forjado (para soldar) según ANSI 16.9

Soporte para tuberías:

1. El sistema debe estar soportado para mantener su integridad durante las condiciones de incendio.
2. Las tuberías deberán estar soportadas por miembros estructurales de acero o concreto, o tuberías verticales.
3. Las tuberías verticales usadas para soportar las tuberías deberán estar de acuerdo con la tabla de la NFPA 15 última edición para determinar la altura máxima de las tuberías verticales de soporte para anillos de tubería de varios diámetros, (Imagen 7.14).

Diámetro de la Tubería	Diámetro Standar de la Tubería				
	1½"	2"	2½"	3"	4"
1½"	10 pies	14 pies	18 pies	28 pies	30 pies
2"	8 pies	12 pies	16 pies	26 pies	30 pies
2½"	6 pies	10 pies	14 pies	24 pies	30 pies
3"	—	8 pies	12 pies	22 pies	30 pies
>3"	—	—	—	—	10 pies

Imagen 7.14. "Altura de las Tuberías Verticales"

4. Las tuberías verticales para soporte, deberán estar construidas de tubería roscada de acero cédula 40, con una base formada por una brida de acero maleable y un tapón roscado en la parte alta. Las distancias máximas entre

las tuberías verticales, se muestran en siguiente tabla (NFPA 15), (Imagen 7.15).

Tamaño		Distancia Standar de la Tubería	
Pulg.	mm	Pies	mm
1	25	10	3048
1½	40	12	3658
2	50	14	4267
2½ - 8	65	15	4572

Imagen 7.15. Distancia Estándar de Tuberías”

5. Las tuberías verticales deberán anclarse a una base de concreto o zapata con sus sellos de expansión, tornillos para concreto, o ganchos en forma de J.
6. Las tuberías deben sostenerse a las tuberías verticales con abrazaderas en forma de U o equivalentes.
7. Los soportes de tuberías pueden ser soportados directamente en recipientes u otros equipos, considerando que el equipo es capaz de soportar el sistema y el diseño está certificado por un ingeniero profesional

Válvulas de control:

El suministro de agua se debe controlar a los efectos de poder realizar tareas de mantenimiento y pruebas en el sistema. Existen diversos tipos de válvulas de control: válvulas de vástago ascendente, válvulas mariposa y válvulas de poste indicador. Estas válvulas deben cumplir cuatro requisitos: deben ser listadas para servicio contra incendio (UL o FM); deben ser indicadoras de la posición en que se encuentran; deben operar en no menos de 5 segundos y deben estar supervisadas (cadena, candado o eléctricamente).

1. Cada uno de los sistemas deberá contar con una válvula de control.
2. Todas las válvulas que controlen las conexiones a los sistemas de suministro de agua, deberán ser válvulas indicadoras listadas y no deberán cerrar en menos de 5 segundos cuando sean operadas a su máxima velocidad posible desde la posición totalmente abierta.
3. Estas deberán estar ubicadas de modo que sean accesibles en el caso de alguna emergencia dentro del área que cada sistema en específico protege.
4. Las válvulas de control deben de permanecer abiertas en todo momento, para esto es necesario que sean supervisadas, mediante cualquiera de los siguientes métodos (Imagen 7.16):
 - Una estación central de alarmas, propia o de un servicio remoto.
 - Un servicio de alarma local que produzca un sonido de una señal audible en un punto constantemente atendido.
 - Bloqueando las válvulas en su posición abierta.
 - Colocando un sello en las válvulas y realizando inspecciones semanales donde las válvulas están ubicadas dentro de lugares cerrados bajo el control del propietario.



Imagen 7.16. "Válvulas del Sistema"

Válvulas de Diluvio o Automáticas:

Los sistemas de agua pulverizada pueden activarse manual o automáticamente. Para activarlos automáticamente, se utiliza un tipo de válvula denominada “Válvula de Diluvio”. Las válvulas de diluvio deben ser certificadas para servicio contra incendio (UL o FM), (Imagen 7.17).

1. Los sistemas deben contar con válvulas de activación que son las que controlan el suministro de agua hacia el sistema de aspersión.
2. Estas válvulas deben de localizarse lo más cercanas al riesgo que protege el sistema, pero siempre deben de estar accesibles durante una emergencia en dicho escenario, para ello es necesario evaluar en cada uno de los escenarios lo siguiente:
 - Exposición al calor radiante durante un incendio en dicha área.
 - Explosiones potenciales.
 - Localización de diques, drenajes y trincheras.
 - Posibilidad de daño mecánico.
 - Accesibilidad.
 - Tiempo de descarga del sistema

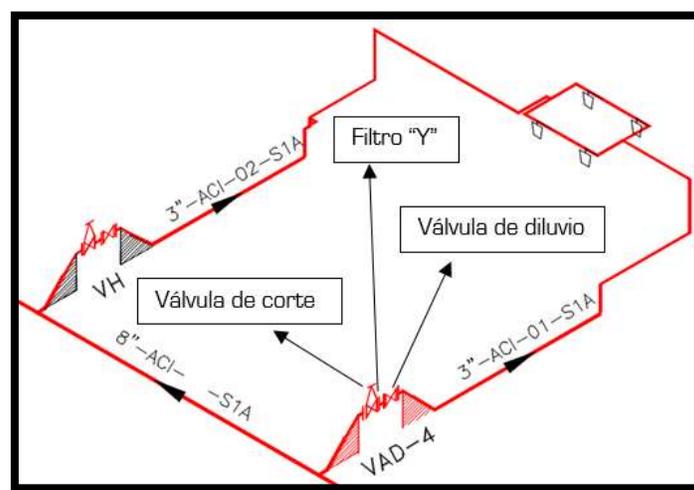


Imagen 7.17. “Sistema de Aspersión”

Se debe de contar con medios de activación manual en el sitio independientes de los sistemas automáticos y dispositivos de activación manual remotos.

Método de activación:

La activación automática debe realizarse a través de detectores de llama o calor, ya sean de temperatura fija, una combinación de detectores de temperatura fija y/o detectores de llama, que operan automáticamente la válvula de diluvio. Independientemente del sistema automático de activación, se debe contar por lo menos con un medio manual que permita la operación de la válvula de diluvio manualmente.

Alarmas:

Todos los sistemas automáticos de aspersores deben contar con una alarma local, que se active a través del sistema de detección.

Filtros (coladores):

En las tuberías de alimentación principales de todos los sistemas de aspersión que utilicen boquillas con pasos de agua menores a 3/8 de pulgada (9.5 mm) y para cualquier sistema donde el agua pueda contener material que cause obstrucción, se deben instalar filtros, (Imagen 7.18).

1. Los filtros deben instalarse en las tuberías principales de tal forma que sean accesibles para hacer pasarles agua o su limpieza.
2. Deben proporcionarse filtros individuales o integrales en cada boquilla que usen pasos de agua menores a 3/16 de pulgada (5 mm).



Imagen 7.18. "Filtros"

Manómetros de Presión (Imagen 7.19):

1. Los manómetros requeridos deben ser certificados y deben tener una lectura máxima de por lo menos el doble de la presión de trabajo del sistema.
2. Los manómetros colocados deben estar fijos, es decir, permanecer en su posición en todo momento con excepción de los manómetros utilizados durante las pruebas del sistema, estos manómetros deben contar con las provisiones necesarias para permitir su retiro.
 - Uno debajo de la válvula de activación del sistema.
 - Arriba y debajo de la válvula check de alarma.
 - Debe instalarse otro en la línea de aire o agua de suministro a las líneas piloto.
 - Debe haber por lo menos una conexión o manómetro instalado en o cerca de la boquilla más remota para poder realizar pruebas.



Imagen 7.19. “Manómetros del Sistema de Aspersión”

Diseño del sistema:

1. Los sistemas deben de ser automáticos pero deben también de poder operarse manualmente, el hecho de que sean automáticos es solo si no representan un riesgo para el personal o si se tiene a personal entrenado que esté atendiendo y monitoreando en todo momento el sistema.
2. Los sistemas deben de tener un tiempo de reacción donde la liberación de agua a través de todas las boquillas sea dentro de los 30 segundos posteriores a la detección.
3. Las boquillas deberán distribuirse de manera tal que los patrones de descarga sobre la superficie que protegen se encuentren o traslapan entre sí (NFPA 15). Para lo anterior es necesario obtener del proveedor las hojas de especificaciones de cada boquilla, en dichas especificaciones se encuentran los diferentes ángulos de cada una de las boquillas en relación a la presión de descarga, en algunos casos (Imagen 7.20).

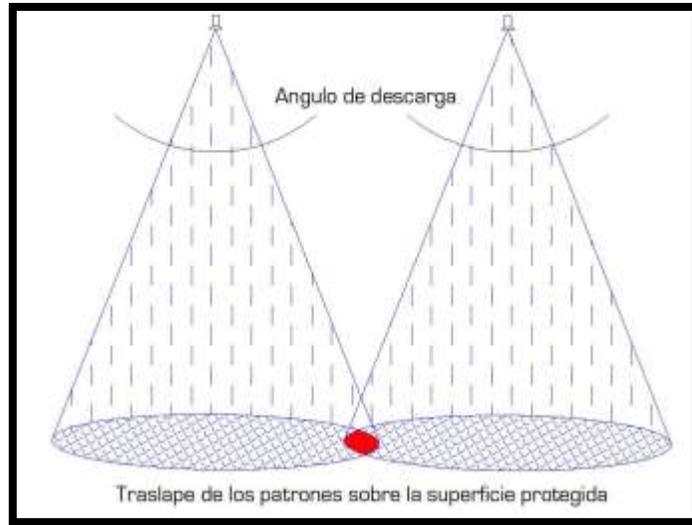


Imagen 7.20. "Patrón sobre Superficie Protegida"

4. Los sistemas de aspersion no pueden cubrir más de un área de incendio, (NFPA 15).
5. El número de sistemas que se esperan funcionen simultáneamente debe determinarse mediante la evaluación de los siguientes factores:
 - Posible flujo de líquidos incendiándose entre áreas antes o durante la operación de los sistemas de aspersion.
 - Posible flujo de gases calientes entre áreas de fuego que enfrían sistemas la activación de sistemas adyacentes, que por lo tanto incrementan la demanda.
 - Detección automática de gases inflamables que inician la activación automática del sistema.
 - Operación manual de sistemas múltiples.
 - Otros factores que pudieran dar como resultado la operación de sistemas fuera del área primaria del fuego.

El diseño de los sistemas de aspersión debe ser capaz de llevar a cabo al menos uno de los objetivos siguientes y considerando además una tasa de descarga hidráulica de diseño.-

Control de la Combustión:

El control de incendios está acompañado de una aplicación de agua pulverizada a los materiales en combustión para producir un fuego controlado. El principio del control debe aplicarse donde los materiales combustibles no son susceptibles de completar la extinción con el agua pulverizada o cuando una extinción completa no es considerada deseable.

1. Para bombas, compresores y equipo relacionado que manejan líquidos o gases inflamables que cuenten con ejes, sellos u otras partes críticas deberán estar envueltas directamente por el agua de aspersión a una tasa neta no menor de 0.50 gpm/ft^2 (20.4 l/min/m^2) de superficie proyectada del equipo.
2. Para derrames incendiados de líquidos inflamables y combustibles, los sistemas de aspersión deben diseñarse para el control del incendio del derrame resultado de líquido combustible o inflamable, considerando la aplicación de una tasa neta de 0.30 gpm/ft^2 (12.2 l/min/m^2) de área protegida.

Protección a Exposiciones:

La protección efectiva de la exposición está acompañada por la aplicación de agua pulverizada directamente a las estructuras o equipos expuestos con el fin de remover o reducir el calor que se les transfiere por la exposición al fuego. Algunas de las condiciones desfavorables pueden incluir factores tales como efecto del viento, corrientes térmicas ascendentes e inadecuado drenaje.

Un sistema para protección de exposiciones debe operar durante toda la exposición al fuego de acuerdo a lo estipulado a su diseño.

1. La densidad de aplicación de agua en la superficie de recipientes los cuales trabajan a una presión mayor a 1.5 psi (recipientes de baja presión y recipientes a presión) debe ser mínimo de 0.25 gpm/ft² (10.2 (L/min)/m²) de superficie expuesta (en el caso de recipientes verticales deben ser incluidas las superficies superiores e inferiores del mismo), (NFPA 15).
2. Las superficies cilíndricas esféricas u horizontales bajo el eje del recipiente no se consideran como humectables por el escurrimiento o revestimiento.
3. La distancia vertical entre boquillas no puede exceder de los 3.7 m (12 ft) cuando la descarga se contempla para superficies verticales o inclinadas.
4. La distancia entre anillos del sistema de aspersion no puede exceder los 3.7 m (12 ft).
5. La distancia horizontal entre boquillas debe ser tal que los patrones de descarga de las boquillas se toquen o queden sobrepuestos.
6. La distancia entre la boquilla y la superficie a proteger debe ser determinada por el fabricante, esta a su vez depende de la posición, el tipo y el ángulo de cobertura del patrón de la misma boquilla.
7. Donde proyecciones tales como bridas de registros de hombre, de tuberías, brazos de soporte, válvulas de relevo, etc. puedan obstruir la cobertura del agua, incluyendo el escurrimiento en superficies verticales, deben instalarse boquillas adicionales alrededor de las proyecciones para mantener el patrón de mojado que de otra manera se vería seriamente interrumpido.

A continuación se muestra en la figura 1 y 2 la distribución de los anillos y boquillas de los sistemas de aspersion:

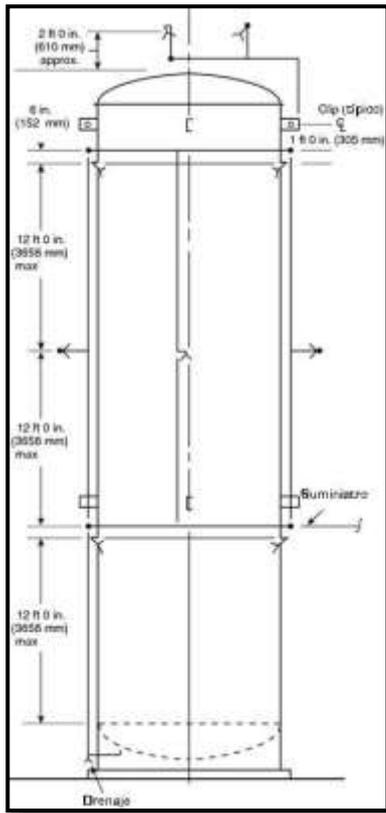


Figura1. Distribución de los anillos para enfriamiento en recipientes verticales de baja presión y sujetos a presión.

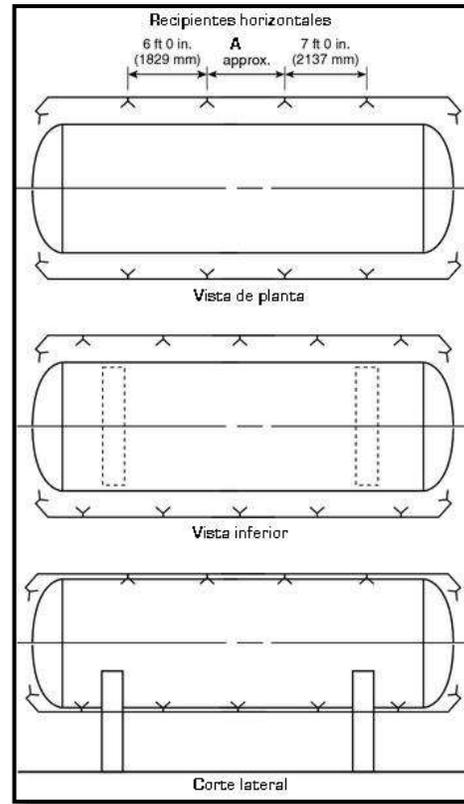


Figura2. Distribución de anillos para recipientes horizontales de baja presión y sujetos a presión.

Prevención de Incendios:

El sistema debe operar como se espera por el tiempo necesario para disolver, diluir, dispersar o enfriar vapores inflamables, gases o materiales peligrosos.

La duración de la liberación de los materiales inflamables debe incluirse en la determinación del tiempo de duración del agua pulverizada.

La tasa neta mínima de aplicación debe basarse en la experiencia con el producto o en información basada en pruebas reales.

En charcos o estanques incendiados de líquidos combustibles la tasa neta de aplicación de agua no debe ser menor a 0.30 gpm/ft² (12.2 (L/min)/m²) de área protegida.

Extinción:

La extinción de incendios con agua pulverizada se realiza por uno o una combinación de los métodos siguientes:

- 1) Por enfriamiento: Donde se contempla la extinción por enfriamiento superficial, el diseño proporciona cubrimiento completo de la superficie entera con agua pulverizada. El enfriamiento superficial no es efectivo en productos gaseosos o líquidos inflamables y no es generalmente satisfactorio en líquidos combustibles que tengan puntos de inflamación por debajo de 140°F (60°C.).
- 2) Sofocación por producción de vapor: Donde este efecto es contemplado, la intensidad esperada del incendio debe ser capaz de generar vapor suficiente del agua pulverizada aplicada y por otra parte las condiciones serán favorables para el efecto de asfixia. El agua pulverizada es aplicada a todas las áreas esenciales de incendio esperadas. Este efecto no será contemplado donde el material protegido podría generar oxígeno cuando es calentado.
- 3) Emulsificación de algunos líquidos: Este efecto será contemplado solo para líquidos no miscibles en agua. El agua pulverizada será aplicada sobre el área entera de líquidos inflamables. Para aquellos líquidos que tienen bajas viscosidades, el cubrimiento será uniforme y la tasa mínima requerida será aplicada con una presión de boquilla no menor al mínimo sobre la cual está basada la aprobación. Para materiales más viscosos, el cubrimiento será

completo pero no necesita ser uniforme y la unidad de tasa de aplicación puede ser baja. Puede considerarse el uso de un aditivo que reduce la tensión superficial del agua donde se contemple el efecto de emulsificación.

- 4) Dilución: Cuando el material es soluble en agua puede considerarse la extinción por dilución. La tasa de aplicación debe ser adecuada para el efecto de extinción dentro del período de tiempo requerido, basándose en el volumen de material esperado y el porcentaje de dilución necesario para volver el líquido no inflamable, pero no menor a la requerida para propósitos de control y enfriamiento.
- 5) Otros factores. El diseño del sistema, puede contemplar otros factores extintores, tales como una película continua de agua sobre la superficie cuando el material no es soluble en agua y su densidad es mucho mayor que 1.0 (tales como asfalto, brea, bisulfuro de carbono y algunas soluciones de nitrocelulosa). La pulverización de agua también puede ser usada sobre algunos materiales para producir extinción como resultado de un rápido enfriamiento por debajo de la temperatura a la cual el material se descompone químicamente a una tasa auto-sostenida.
- 6) La densidad de diseño de aplicación de agua pulverizada que debe ser aplicado a sólidos o líquidos combustibles más ordinarios varía entre 0.15 a 0.50 gpm/ft² (6.1 a 20.4 (L/min)/m²).

Cálculos Hidráulicos de los sistemas de Aspersión.

Los cálculos hidráulicos deben ser parte del diseño del sistema de aspersión para determinar la presión requerida y el flujo disponible en cada boquilla.

1. La presión mínima de operación recomendada en cada una de las boquillas es de 20 psi para riesgos en exteriores, si las boquillas tienen orificios iguales

o menores a 3/8" se recomienda una presión mínima de 30 psi, (NFPA 15, 2017).

2. Será permitido en los cálculos hidráulicos ignorar las correcciones por presión de velocidad cuando la presión de velocidad no exceda el 5% de la presión total en cada punto de unión.
3. Los planos de trabajo deben incluir las elevaciones, estar dibujados a una escala indicada y mostrar todos los detalles esenciales.

CAPÍTULO 8

REALIZACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UNA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL

En este capítulo se realizara la ingeniería básica de protección contra incendio para una estación de compresión de gas natural, para ello se estimaran las medidas de los equipos y áreas a proteger. Para el desarrollo de la ingeniería de protección contra incendio base agua se tomaran las indicaciones del capítulo anterior (capitulo 7).

La estación de compresión de gas natural supuesta tendrá las siguientes áreas y equipos a proteger:

- Tendrá un área de recibo y envío de diablos (trampa de diablos) con un área de aproximadamente 200 m² (2,152 ft²).
- Tendrá un sistema de filtros de separación conformado por 4 separadores de condensados (Separador A, B, C, D).
- Se tendrán dos Compresores de gas natural (Compresor A y B).
- Paquete de Medición de Flujo Másico (PA-01).
- Paquete de Medición de Flujo Másico (PA-02).

8.1 Análisis de Riesgo de las Áreas y Equipos.

8.1.1 Área de Recibo y Envío de Diablos (Trampas de Diablos).

El agua Contra Incendio para esta área (Imagen 8.1) se usa para el control de la combustión. El sistema de control de combustión debe operar con el fin de dar tiempo para que se consuma el material en combustión y que se den los pasos para cortar el flujo del material fugado.



Imagen 8.1 “Trampa de Diablos”

La zona de trampas de diablos con un área total de 200 m² (2,152 ft²). Para calcular el agua para la protección de este escenario se multiplica el área de la trampa de diablos por la densidad mínima de aplicación, que es de 0.25 gpm/ft².

Área de las trampas de diablos x la tasa de aplicación =

$$2,152 \text{ ft}^2 \times 0.25 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2} = 538 \text{ gpm}$$

Por lo tanto, el agua requerida para la trampa de diablos es de **538 gpm**.

8.1.2 Separadores de Condensados.

Los separadores de condensados A/B/C/D, con un diámetro de 1.70 m y una longitud de cuerpo calculada de 3.6 m, las tapas de los separadores, para efectos de cálculo de las superficies expuestas, se asumirán como tapas semi esféricas (Imagen 8.2).



Imagen 8.2 “Área de Separadores”

Superficie del cuerpo.-

$$A_c = \pi x D x L$$

Superficie de las tapas.-

$$A_{ta} = 4x\pi x r^2$$

Sustituyendo para el área del cuerpo:

$$A_c = \pi x 1.70m x 3.6m = 19.22 m^2 (206.88 ft^2)$$

Sustituyendo para el área de las tapas:

$$A_{ta} = 4x\pi x 0.85^2 = 9.08m^2 (97.7 ft^2)$$

Superficie total del recipiente.-

$$A_t = A_c + A_{ta} = 206.88 + 97.7 = 304.58 ft^2 (por separador)$$

Así que por los 4 separadores se tiene un área de:

$$304.58 \text{ ft}^2 \times 4 \text{ separadores} = 1,218.32 \text{ ft}^2$$

Entonces se tiene un total de 1,218.32 ft², para el área de separadores.

Los objetivos de diseño de los sistemas de aspersión (eficiente uso del agua) para el caso de recipientes a presión que manejan gases inflamables (metano), es la protección de exposiciones (7.4, NFPA 15, 2012) mediante una tasa mínima de aplicación de 0.25 gpm/ft² (10.2 lpm/m²) de superficie expuesta.

Por lo tanto, el agua requerida para el enfriamiento es de:

Área de los separadores x densidad mínima de aplicación

$$1,218.32 \text{ ft}^2 \times 0.25 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2} = 304.6 \text{ gpm}$$

Por lo tanto, el agua requerida para el área de separadores es de **305 gpm**.

8.1.3 Compresores.

Para el caso de los compresores de gas natural, el agua contra incendio se usa para el control de la combustión. El sistema de control de combustión debe operar con el fin de dar tiempo para que se consuma el material en combustión, que se den los pasos para cortar el flujo del material fugado, o hasta que se pueda extinguir el material incendiado de otra manera.

Para determinar la superficie a mojar de cada compresor y su turbina se debe considerar un paralelepípedo (caja) que cubra totalmente a estos equipos (motor eléctrico no debe considerarse), de manera que el área estimada a proteger son las cuatro paredes y tapa superior (Imagen 8.3).



Imagen 8.3 “Compresores”

Para el caso de los sistemas de lubricación se deben proteger con sistemas de aspersión (cárter, bombas, válvulas y mirillas), además se debe tener un canal y sardinel en toda la periferia y un sistema de drenaje para el control de un posible derrame de aceite, la llegada de aceite al primer registro debe tener sello hidráulico y salida regulada con válvulas al drenaje pluvial y aceitoso.

Para efectos de cálculo de las superficies expuestas, se asumirán las siguientes medidas:

Superficie del compresor:

$$Ac = 2F + 2L + T$$

Dónde: Ac es el área del compresor

- F es la superficie del frente 19 m^2 (207.09 ft^2).
- L es la superficie lateral 15 m^2 (161.45 ft^2).
- T es la superficie del techo 11 m^2 (118.4 ft^2).

$$Ac = 2 \times 207.09 \text{ ft}^2 + 2 \times 161.45 \text{ ft}^2 + 118 \text{ ft}^2 = 855 \text{ ft}^2$$

Área del sistema de lubricación:

$$Al = 2F + 2L + T$$

Dónde: Al es el área del sistema de lubricación:

- F es la superficie del frente 10 m² (107.6 ft²).
- L es la superficie lateral 19 m² (204.5 ft²).
- T es la superficie del techo 4 m² (43 ft²).

$$Al = 2 \times 107.6 \text{ ft}^2 + 2 \times 204.5 \text{ ft}^2 + 43 \text{ ft}^2 = 667 \text{ ft}^2$$

Superficie total del sistema:

$$At = Ac + Al = 855 \text{ ft}^2 + 667 \text{ ft}^2 = 1,522 \text{ ft}^2$$

De acuerdo a la NFPA 15 la tasa de aplicación de agua debe ser una tasa neta no inferior a 0.50 gpm/ft² (20.4 lpm/m²) de área protegida.

Por lo tanto, el agua requerida para el enfriamiento es:

Área del compresor x densidad mínima de aplicación

$$1,522 \text{ ft}^2 \times 0.50 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2} = 761 \text{ gpm}$$

Por lo tanto, el agua requerida para cada compresor es de **761 gpm**.

8.1.4 Paquete de Medición de Flujo Másico de Entrada (PA-01).

El agua Contra Incendio para esta área (Imagen 8.4) se usa para el control de la combustión. El sistema de control de combustión debe operar con el fin de dar tiempo para que se consuma el material en combustión, que se den los pasos para cortar el flujo del material fugado.

Se tiene un sistema de medición de flujo másico en la estación, en él se recibe el gas que sale del compresor, se registra su flujo, presión y temperatura para posteriormente enviarlo a algún gasoducto, llamémosle gasoducto 1. El sistema de medición de flujo tiene un área total de 45 m² (484 ft²).

De acuerdo a la NFPA 15 la tasa de aplicación de agua debe ser una tasa neta no inferior a 0.50 gpm/ft² (20.4 lpm/m²) de área protegida.

Área del sistema de medición x tasa mínima de aplicación =

$$484 \text{ ft}^2 \times 0.5 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2} = 242 \text{ gpm.}$$

Por lo tanto, el agua requerida para el área de medición de flujo másico a la entrada del compresor es de **242 gpm**.

8.1.5 Paquete de Medición de Flujo Másico de Salida (PA-02).

El agua Contra Incendio para esta área (Imagen 8.4) se usa para el control de la combustión. El sistema de control de combustión debe operar con el fin de dar tiempo para que se consuma el material en combustión, que se den los pasos para cortar el flujo del material fugado.



Imagen 8.4 “Área de Medición”

Se tiene un sistema de medición de flujo másico en la estación, en él se recibe el gas que sale del compresor y registra su flujo, presión y temperatura para posteriormente enviarlo a algún gasoducto, llamémosle gasoducto 2. El sistema de medición de flujo tiene un área total de 50 m² (538 ft²).

De acuerdo a la API-2030 (Application of fixed water spray systems for fire protection in the petroleum industry) la tasa de aplicación de agua debe ser una tasa neta no inferior a 0.50 gpm/ft² (20.4 lpm/m²) de área protegida.

Área del sistema de medición x tasa mínima de aplicación =

$$538 \text{ ft}^2 \times 0.5 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2} = 269 \text{ gpm.}$$

Por lo tanto, el agua requerida para el área de medición de flujo másico a la salida del compresor es de **269 gpm**.

8.2 Selección de Capacidad de Bomba Contra Incendios.

Basado en el análisis de riesgos de incendios, donde se determinaron las diferentes áreas de riesgo de incendio y sus demandas de agua contra incendio, se elabora la siguiente tabla “Tabla de Escenarios de Riesgos de Incendio y Necesidades Mínimas de Agua para la Estación de Compresión. En ella se muestran los requerimientos de agua contra incendio para cada escenario de riesgo, y se señalara los que son considerados los riesgos mayores de incendio por tener una alta demanda de agua.

Escenarios de riesgos de incendio y necesidades mínimas de agua para la Estación de Compresión		
Escenario	Área.	Requerimiento de Agua (gpm)
1	Área de recibo y envío de diablos, (Trampas de diablos).	538
2	Sistema de filtros de separación conformado por 4 separadores de condensados A/B/C/D.	305
3	Compresor (A y B).	761
4	Paquetes de medición de flujo másico (PA-01).	242
5	Paquetes de medición de flujo másico (PA-02).	269

Como se mencionó con anterioridad, debido a que el Compresor de gas natural demanda la mayor cantidad de agua, es considerado el escenario de mayor riesgo de incendio. Con base a este resultado obtenido y considerando la aplicación de agua adicional de 250 gpm en chorros de mangueras para la protección a la exposición del fuego conforme a lo establecido por "API 2030", artículo 7.2.1, se puede establecer que la demanda de agua necesaria es de 1,011 gpm.

Si tomamos como referencia la "Tabla 4.9.2 de NFPA 20 edición 2016", donde se muestran las capacidades nominales de bombas centrifugas contra incendio podemos determinar la capacidad de nuestra bomba.

A continuación se indica de la capacidad nominal de la bomba contra incendio que se necesita en la instalación.

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

De acuerdo a lo mostrado en la tabla, se tiene que la capacidad nominal de nuestro sistema de bombeo es de **1,000 gpm**.

8.3 Abastecimiento de Agua Contra Incendios.

De acuerdo al Análisis de Riesgo de Incendio (ARI), la cantidad de agua Contra Incendio con la que debe contar la estación de compresión debe ser suficiente para combatir el riesgo mayor, en un tiempo ininterrumpido determinado, de acuerdo a la clasificación de la instalación.

El área de Compresión es el escenario de mayor riesgo de incendio pues demanda la mayor cantidad de agua, esta área demanda 761 gpm más 250 gpm de protección suplementaria de mangueras, por lo que se tiene un total de 1,011 gpm, este resultado determina el almacenamiento de agua contra incendio de la siguiente manera:

El tiempo para el combate del incendio en esta área se considera de 2 horas (120 minutos).

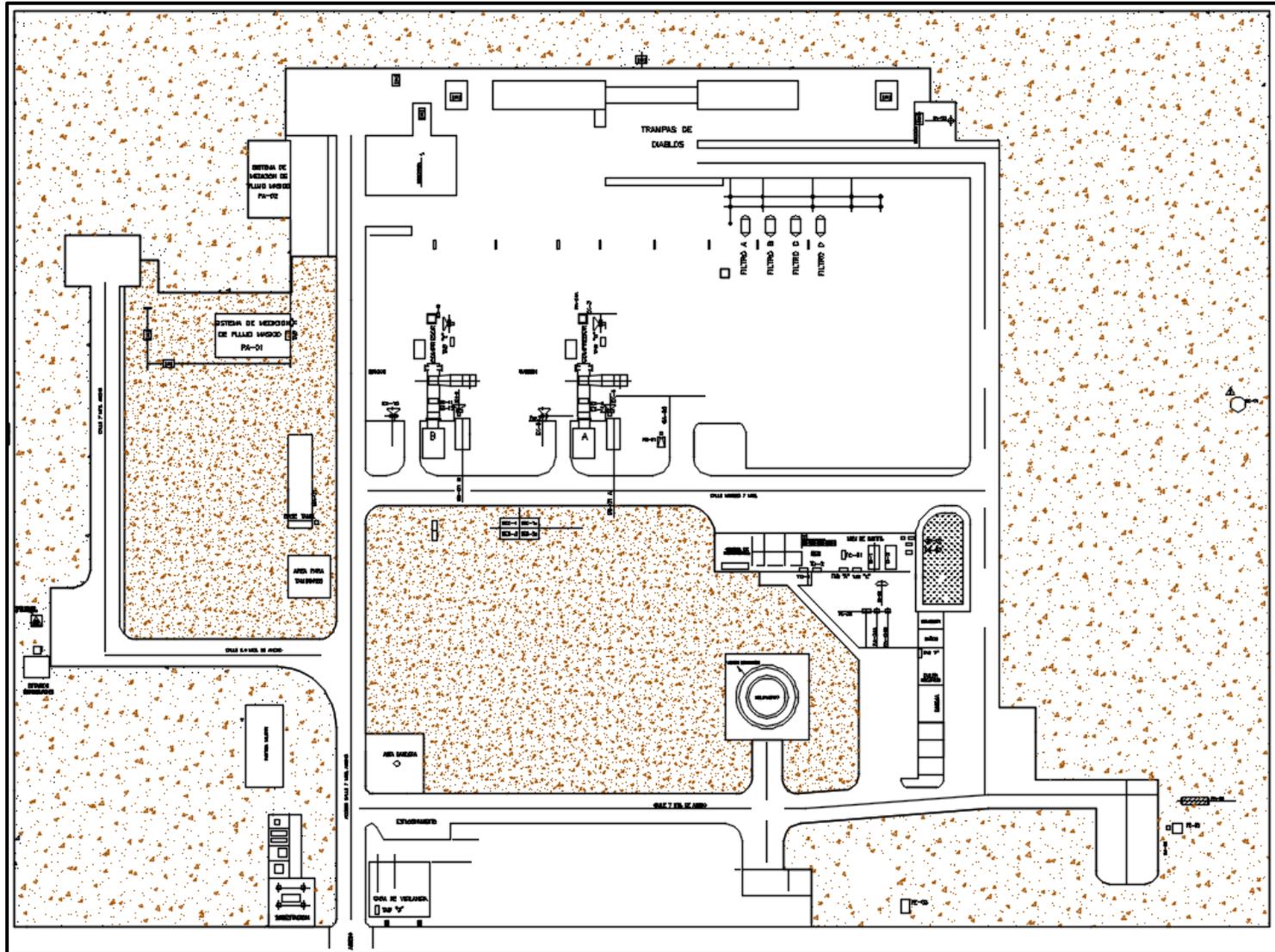
Flujo x Tiempo: Almacenamiento de agua contra incendio

$$1,011 \text{ gpm} \times 120 \text{ minutos} = \mathbf{121,320 \text{ gal (459.24 m}^3\text{)}}$$

El almacenamiento de agua contra incendio requerido para la estación de compresión puede ser en un tanque de almacenamiento, una cisterna, o cualquier otro contenedor que satisfaga la demanda del riesgo mayor de incendio.

8.4 Trazado de la Red de Agua Contra Incendios.

Este capítulo muestra una estación común de compresión de gas natural y en ella se mostrara la trayectoria de la red de agua contra incendio, la ubicación de las bombas contra incendio y el almacenamiento de agua para este servicio, esto a fin de garantizar un suministro confiable de agua a los sistemas contra incendio y un desempeño hidráulico adecuado, (Imagen 8.5):



8.5 "Estación de Compresión"

Uno de los primeros pasos a seguir para el trazado de la red de agua contra incendio, es determinar de dónde partirá o iniciará la trayectoria, queda claro que la red debe de partir de la descarga de la bomba contra incendio y para esto se debe determinar dónde estará nuestro sistema de bombeo, al igual que nuestro sistema de abastecimiento de agua para el servicio contra incendio.

En la imagen 8.6 y 8.7 se muestra indicada la ubicación donde se optó por poner nuestro sistema contra incendio (Bombas y Tanque), este lugar fue seleccionado tomando en cuenta varios factores que fueron mencionados en el capítulo 6, los factores considerados fueron los siguientes:

- Topografía del terreno.
- Fácil acceso en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
- Eficiencia hidráulica del sistema de distribución.
- Disponibilidad de energía eléctrica.

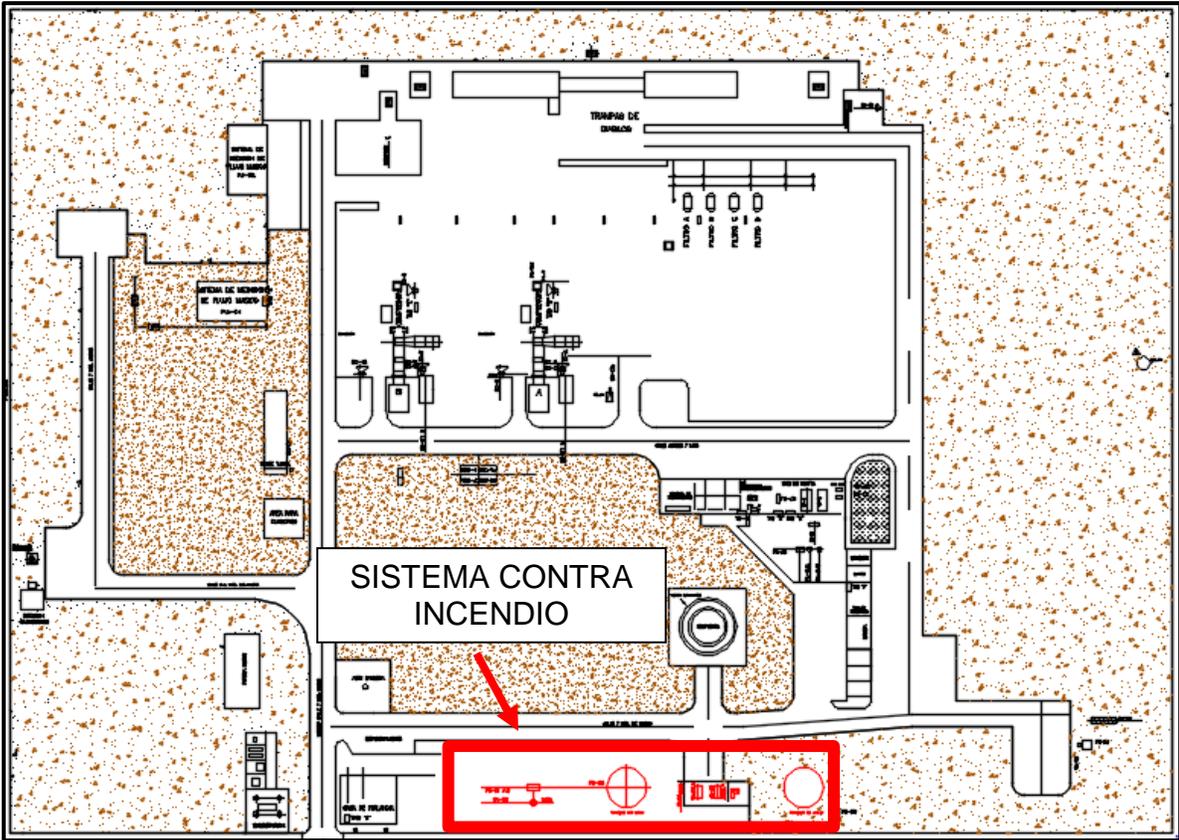


Imagen 8.6 “Ubicación del sistema Contra Incendio”

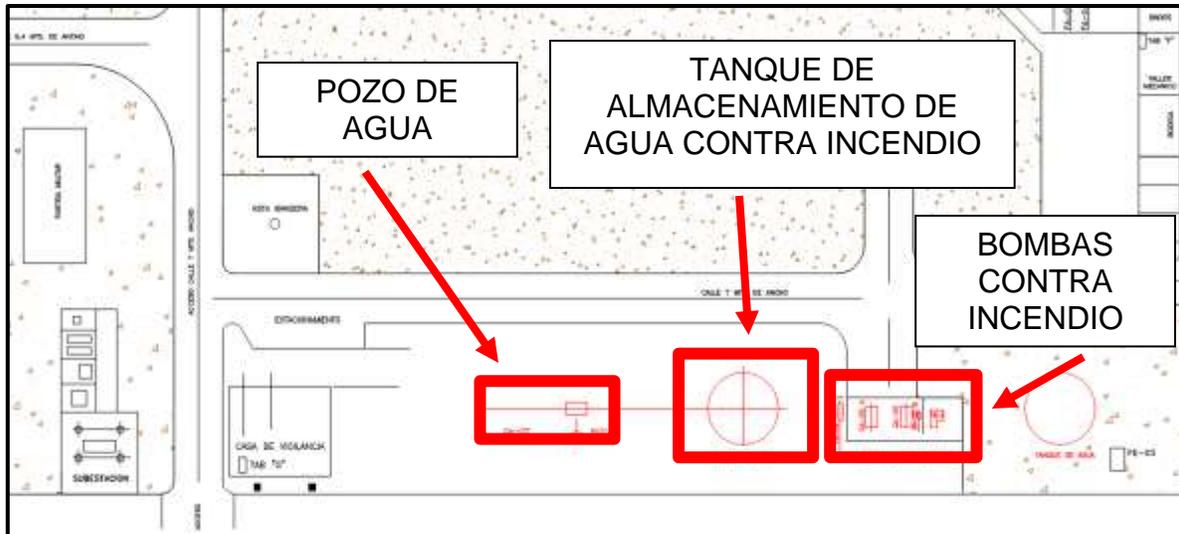


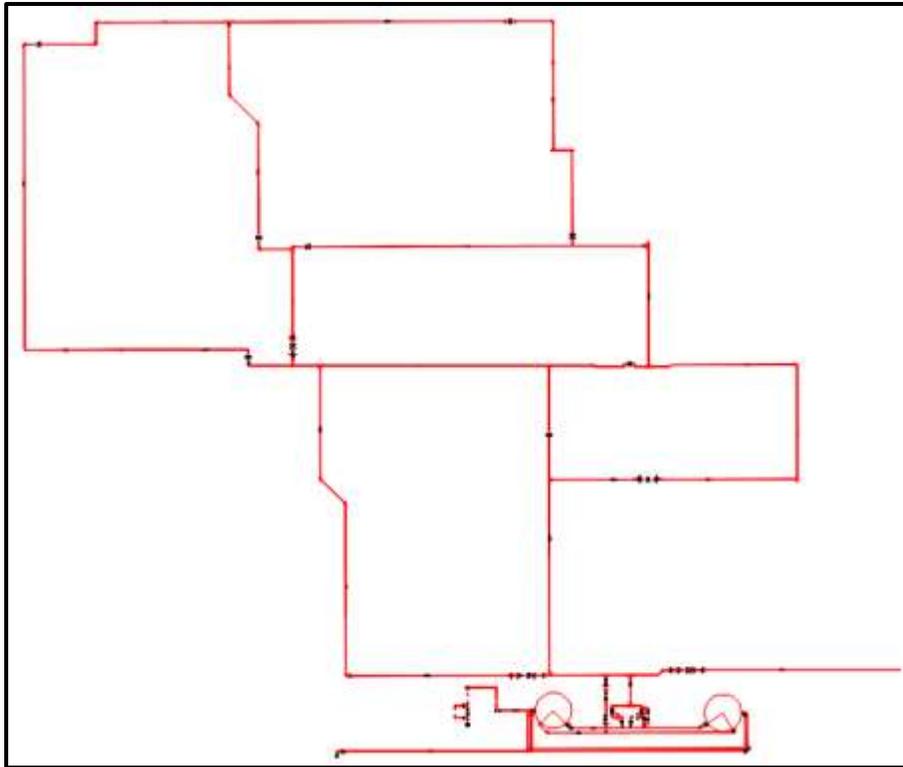
Imagen 8.7 “Ubicación del sistema Contra Incendio”

Después de haber definido la ubicación de nuestro sistema contra incendio el siguiente paso a seguir es el trazado de la red contra incendio, tomando en cuenta tramos rectos de tubería y formando varios anillos ya que esto mejora el desempeño hidráulico y la confiabilidad de la red. La formación de anillos además ayuda a un mejor suministro de agua a los hidrantes, monitores y sistemas de aspersión.

Se considera que toda la tubería de agua contra incendio valla enterrada ya que una estación de compresión de gas natural es un lugar donde existe el riesgo de explosión y esta se vería seriamente afectada, por lo que al estar enterrada se protegería de los daños ocasionados por la explosión y seguiría combatiendo el incendio causado por este evento.

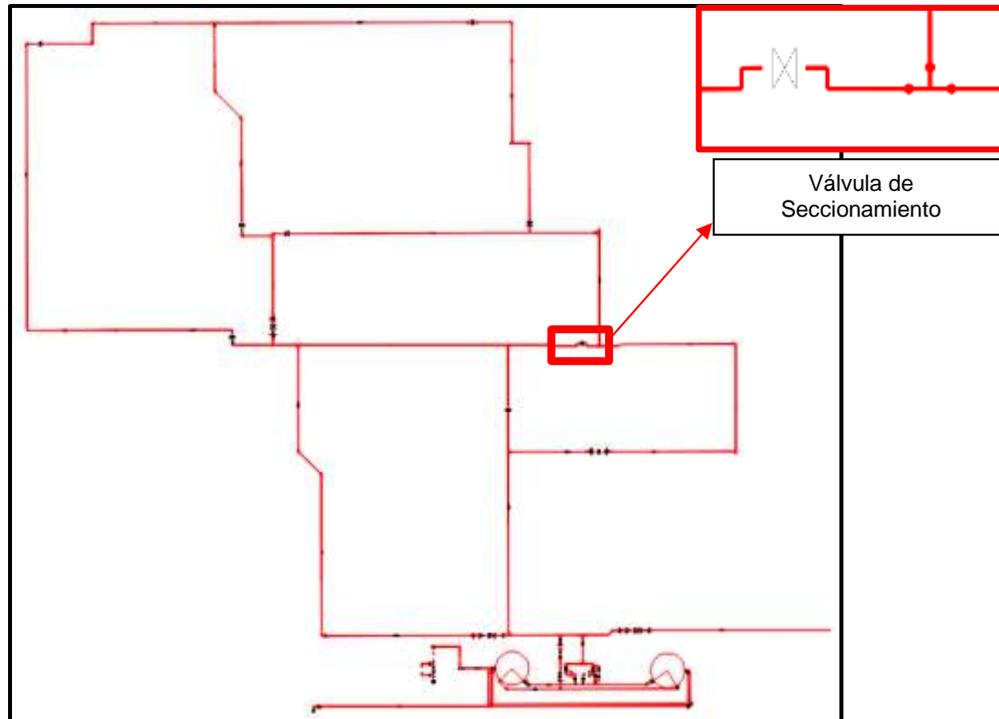
El tipo de material seleccionado para la red principal de agua contra incendio, considerando que la red se encuentra enterrada (subterránea), y tomando en cuenta que todo material para uso de agua contra incendio debe de estar certificado para dicho servicio, se considera un material de PEAD.

En la imagen 8.8 se muestra la trayectoria considerada para la red de agua contra incendio:



8.8 "Trayectoria de la Red"

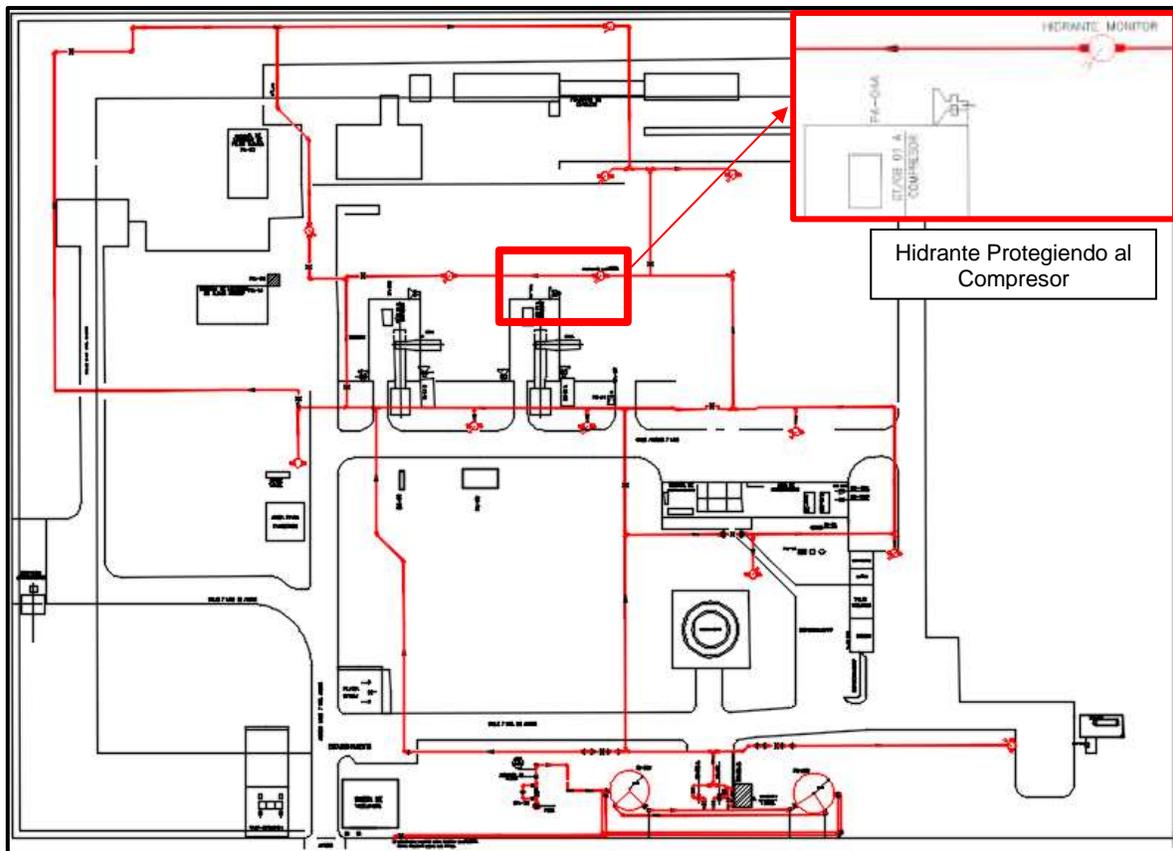
Por otro lado, también se colocaron válvulas de seccionamiento, esto con la finalidad de aislar tramos de tuberías en caso de daños o para el mantenimiento del sistema. Estas válvulas de seccionamiento son del tipo indicadoras y certificadas para el uso contra incendio (Imagen 8.9).



8.9 “Ubicación de Válvulas”

Ya que se tiene la trayectoria de la red contra incendio y la ubicación de las válvulas de seccionamiento, el siguiente paso a seguir es la ubicación de los hidrantes, este equipo o sistema como se describe en el “Capítulo 5” (Descripción del equipo contra incendio) apartado 5.1 (Hidrantes), están conectados a la tubería principal de agua contra incendio y su localización es cercana a los equipos con mayor riesgo de incendio de la estación de compresión, esto con la finalidad de la protección a la exposición de fuego de algún otro equipo u área incendiada.

Algunos hidrantes podrán suministrar agua por medio de mangueras y otros a por medio de monitores. Cada hidrante está equipado con una válvula individual de corte localizada sobre la derivación que se conecta a la red principal, (Imagen 8.10).



8.10 "Ubicación de Hidrantes"

Después se lleva a cabo la ubicación de las alimentaciones a los sistemas de aspersión que protegerán a los equipos y áreas con mayor riesgo de incendio (Imagen 8.11), como se muestra a continuación:

- 1 Compresores de gas natural.
- 2 Filtros de Separación de Condensados
- 3 Paquete de Medición de Flujo Másico (PA-01).
- 4 Paquete de Medición de Flujo Másico (PA-02).

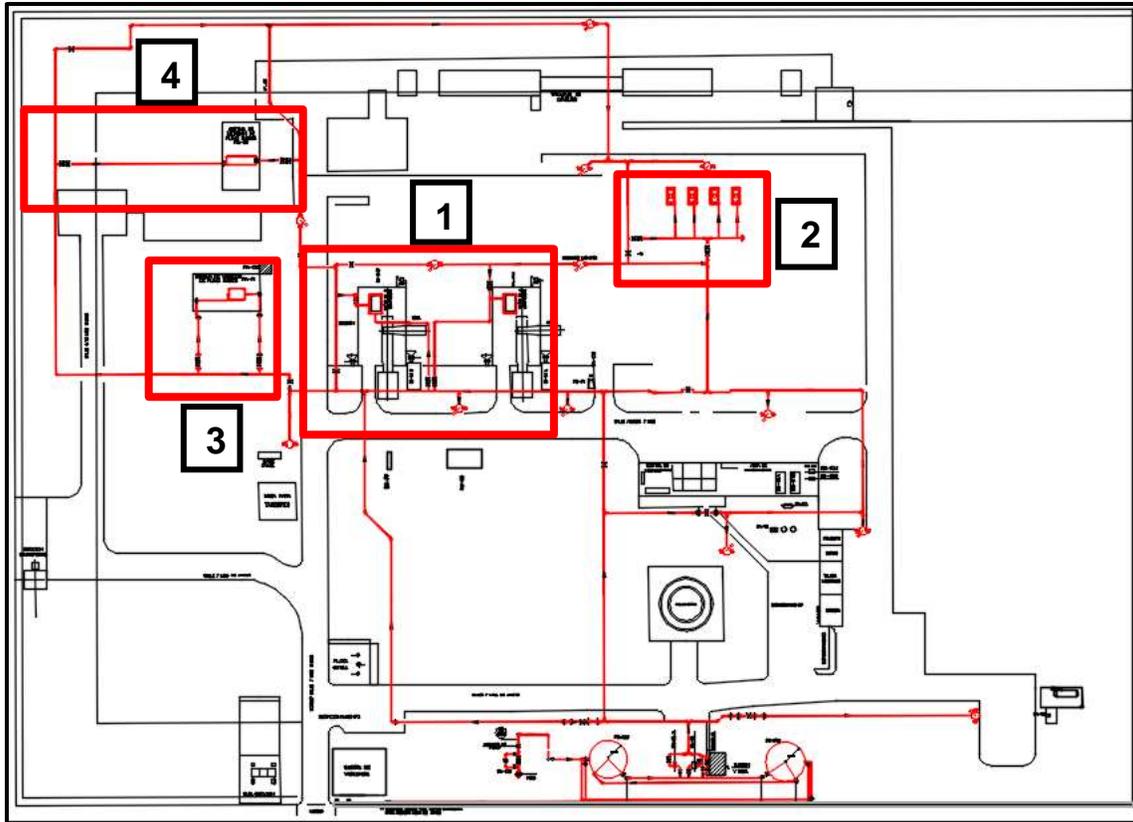


Imagen 8.11 “Alimentaciones de los Sistemas de Aspersión”

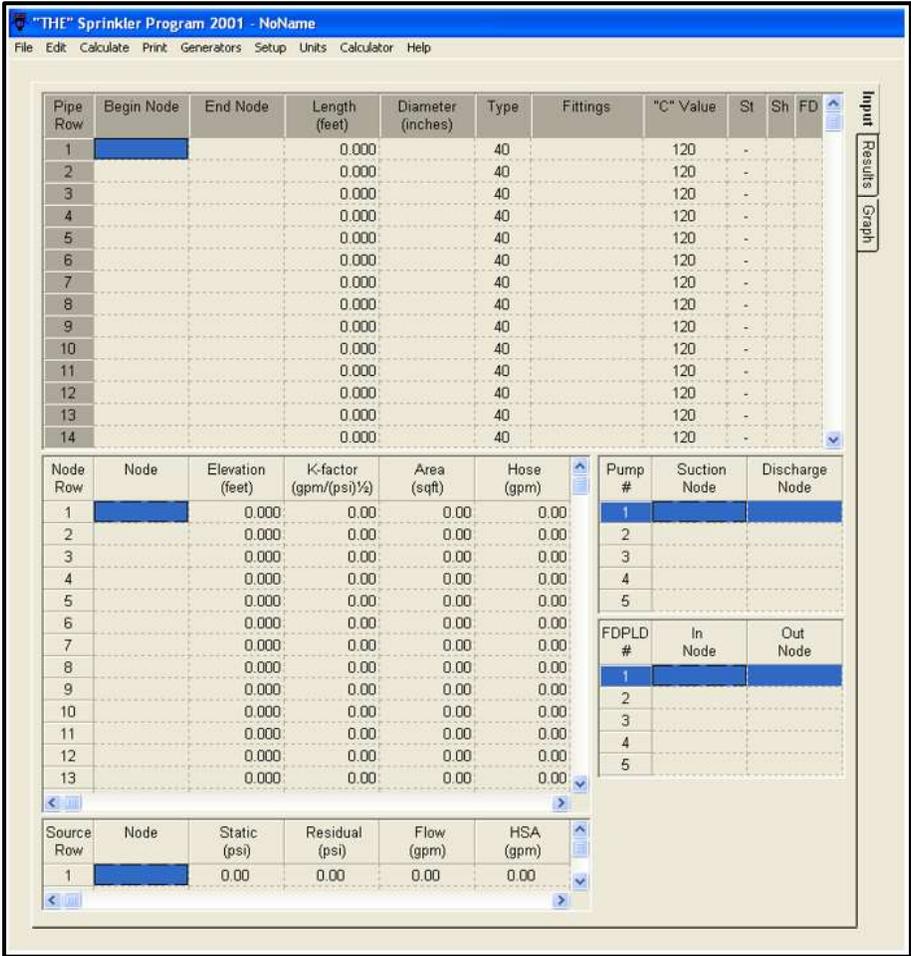
8.5 Estimación de Diámetros de la Tubería Principal de la Red de Agua Contra Incendios.

Ya que se tiene la localización de válvulas, hidrantes y las alimentaciones a los sistemas de aspersión, el siguiente paso a seguir es la estimación de diámetros de la tubería principal de agua contra incendio, esta estimación se diseña mediante cálculos hidráulicos como lo establece la NFPA 24, pero por ningún motivo esta debe ser menor a 6” de diámetro.

Para llevar a cabo los cálculos hidráulicos se hace uso de un software y se siguen los pasos antes mencionados por el capítulo 7 (Desarrollo de la ingeniería básica de protección contra incendio) apartado 7.9 (Cálculos hidráulicos de la red de agua contra incendio), por este motivo se utilizó el programa “THE” SPRINKLER

PROGRAM 2001, desarrollado por FPE Software, Inc. utilizado para las simulaciones hidráulicas de sistemas contra incendios.

En la imagen 8.12 se muestra la pantalla de alimentación de datos necesaria para introducir la información básica al software de simulación:



8.12 "Pantalla de Alimentación de Datos"

Es importante mencionar que primero se realiza una simulación del sistema por demanda, que es cuando se simula por medio de los requerimientos del sistema en cuanto al flujo y/o presión mínimos en el punto requerido, que en este caso, el requerimiento en flujo se hace con base al riesgo mayor, el cual es el área de compresores. Cabe la pena mencionar que en todo caso los sistemas diseñados

hidráulicamente, deben estar proyectados para proveer la tasa de flujo de agua requerida a una presión residual de por lo menos 100 psi (NFPA 14, 2016, Cap.7).

Una vez que se tiene claro el objetivo de diseñar por demanda y de los requerimientos del sistema, se procede a la elaboración de un plano con nodos hidráulicos (imagen 8.13), estos nodos hidráulicos son los puntos donde existe un cambio de diámetro en la tubería, donde existe una bifurcación o donde se tienen salidas o entradas de agua, esto se realiza con la finalidad de obtener el comportamiento que se desea tener en la red de agua contra incendio que se está simulando.

Conociendo las presiones mínimas de salida de cada uno de los nodos, los diámetros de las tuberías y el factor "K", el cual es un coeficiente que relaciona al flujo y la presión de una salida de agua (rociador, aspersor, hidrante, etc.), es como se puede obtener la cantidad de agua que demanda el sistema (gasto y presión).

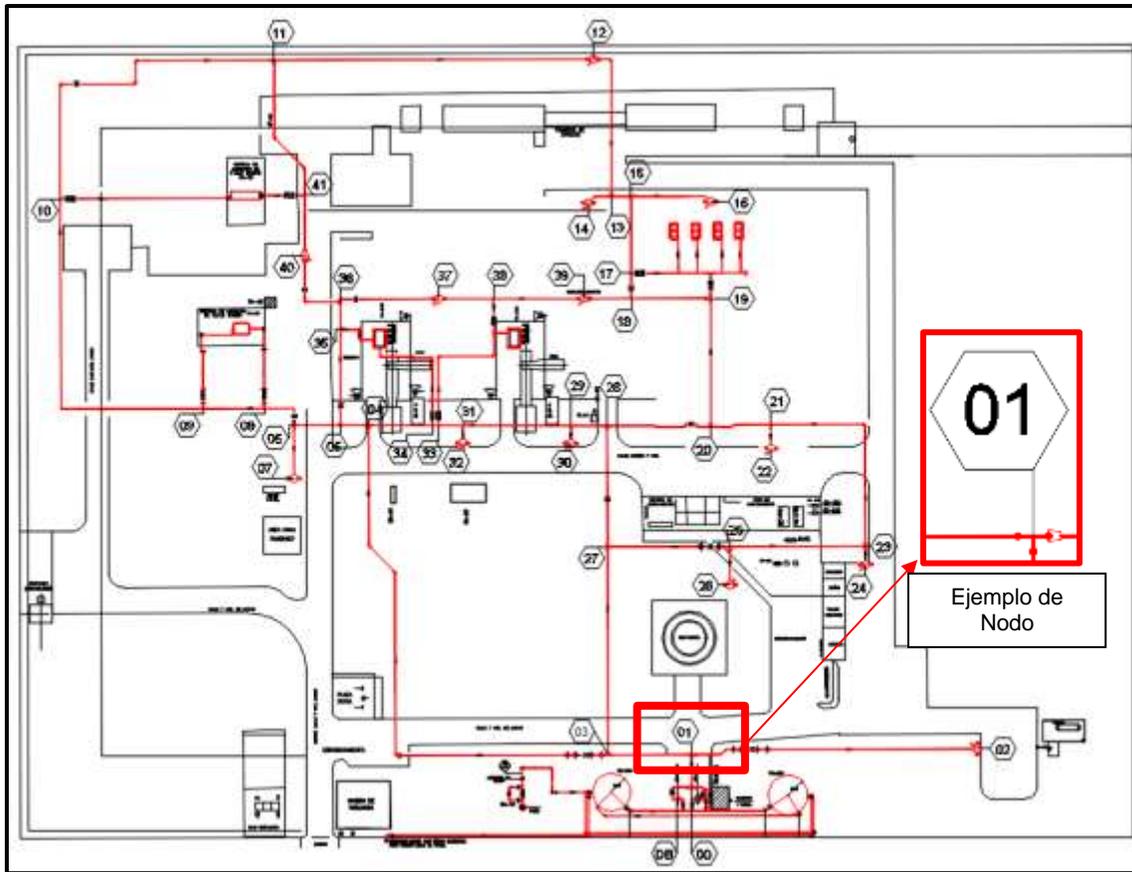
$$\text{Factor: } K = Q/P^{1/2}$$

Donde:

K esta defino en $\text{gpm}/\text{psi}^{1/2}$.

Q que es el caudal en gpm y

P que es la presión en psi.



8.13 “Plano donde se indican los Nodos Hidráulicos”

El requerimiento de flujo de nuestro sistema es aquel que demanda la mayor cantidad de agua, por lo que la necesidad de agua del área de compresores será nuestro requerimiento de flujo a cubrir, más 250 gpm a la salida de agua de hidrantes.

8.6 Resumen Hidráulico.

(Simulación por Demanda)

Área	Compresores
Demanda de agua del área de compresores	761 gpm
Demanda de agua de Hidrantes	250 gpm
Caudal obtenido en la simulación	1010.14 gpm
Presión requerida.	106.72 psi
Nodos	38 y 39
Factor K.	76 y 25 gpm/psi ^{1/2}

Cabe mencionar que se necesita mostrar evidencia de los cálculos hidráulicos realizados para garantizar que se realizaron las correctas consideraciones de cálculo.

En las imágenes siguientes (Imagen 8.14, 8.15, 8.16 y 8.17) se muestra el resumen de los cálculos hidráulicos realizados:

“Resumen Hidráulico por Demanda”

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
00 to DB	q	0.00	6.065	lgth 28.790		Pt	104.91
	Q	1,010.14	120 GV CV 3E	ftg 77.000	0.036	Pf	3.79
				tot 105.790		Pe	-1.99
01 to 00	q	0.00	6.693	lgth 28.500		Pt	104.00
	Q	1,010.14	150 E T	ftg 33.987	0.015	Pf	0.92
				tot 62.490		Pe	0.00
01 to 02	q	0.00	5.349	lgth 248.000		Pt	104.00
	Q	0.00	150 GV	ftg 2.459	0.000	Pf	0.00
				tot 250.460		Pe	0.00
03 to 01	q	0.00	6.693	lgth 73.890		Pt	102.58
	Q	1,010.14	150 T	ftg 22.444	0.015	Pf	1.41
				tot 96.330		Pe	0.00
04 to 03	q	0.00	6.693	lgth 481.700		Pt	101.08
	Q	415.75	150 GV E 2EE T	ftg 48.095	0.003	Pf	1.51
				tot 529.790		Pe	0.00
27 to 03	q	0.00	6.693	lgth 183.700		Pt	101.45
	Q	594.39	150 T	ftg 22.444	0.006	Pf	1.13
				tot 206.140		Pe	0.00
05 to 04	q	0.00	6.693	lgth 24.900		Pt	100.85
	Q	557.21	150 T	ftg 22.444	0.005	Pf	0.23
				tot 47.340		Pe	0.00
04 to 34	q	0.00	6.693	lgth 56.400		Pt	101.08
	Q	141.46	150	ftg 0.000	0.000	Pf	0.02
				tot 56.400		Pe	0.00
06 to 05	q	0.00	6.693	lgth 41.000		Pt	100.82
	Q	148.32	150 T	ftg 22.444	0.000	Pf	0.03
				tot 63.440		Pe	0.00
35 to 05	q	0.00	6.693	lgth 84.600		Pt	100.61
	Q	408.89	150	ftg 0.000	0.003	Pf	0.23
				tot 84.600		Pe	0.00
06 to 07	q	0.00	5.349	lgth 43.600		Pt	100.82
	Q	0.00	150	ftg 0.000	0.000	Pf	0.00
				tot 43.600		Pe	0.00
08 to 06	q	0.00	6.693	lgth 40.250		Pt	100.80
	Q	148.32	150	ftg 0.000	0.000	Pf	0.02
				tot 40.250		Pe	0.00

8.14.

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
09 to 08	q Q	0.00 148.32	6.693 150	lgth ftg tot	53.800 0.000 53.800	Pt Pf Pe	100.78 0.02 0.00
10 to 09	q Q	0.00 148.32	6.693 150 E	lgth ftg tot	308.200 11.543 319.740	Pt Pf Pe	100.64 0.13 0.00
11 to 10	q Q	0.00 148.32	6.693 150 3E GV T	lgth ftg tot	299.800 59.638 359.440	Pt Pf Pe	100.49 0.15 0.00
12 to 11	q Q	0.00 111.01	6.693 150	lgth ftg tot	281.700 0.000 281.700	Pt Pf Pe	100.42 0.07 0.00
41 to 11	q Q	0.00 37.31	6.693 150 2EE	lgth ftg tot	125.300 11.543 136.840	Pt Pf Pe	100.49 0.00 0.00
13 to 12	q Q	0.00 111.01	6.693 150 E T	lgth ftg tot	134.500 33.987 168.490	Pt Pf Pe	100.38 0.04 0.00
13 to 14	q Q	0.00 0.00	5.349 150 E	lgth ftg tot	22.960 11.474 34.430	Pt Pf Pe	100.38 0.00 0.00
15 to 13	q Q	0.00 111.01	6.693 150 T	lgth ftg tot	17.200 22.444 39.640	Pt Pf Pe	100.37 0.01 0.00
15 to 16	q Q	0.00 0.00	5.349 150 EE	lgth ftg tot	72.200 5.737 77.940	Pt Pf Pe	100.37 0.00 0.00
17 to 15	q Q	0.00 111.01	6.693 150	lgth ftg tot	67.800 0.000 67.800	Pt Pf Pe	100.36 0.02 0.00
18 to 17	q Q	0.00 111.01	6.693 150 GV T	lgth ftg tot	22.300 25.009 47.310	Pt Pf Pe	100.34 0.01 0.00
18 to 19	q Q	0.00 452.93	6.693 150	lgth ftg tot	69.900 0.000 69.900	Pt Pf Pe	100.34 0.23 0.00

8.15.

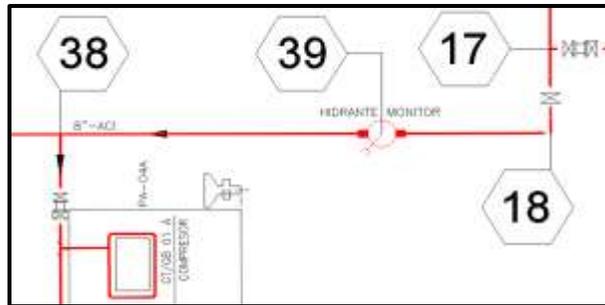
Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
19 to 20	q Q	0.00 452.93	6.693 150 T	lgth 113.500 ftg 22.444 tot 135.940	0.003	Pt 100.58 Pf 0.45 Pe 0.00	
20 to 21	q Q	0.00 202.85	6.693 150 EE T	lgth 53.850 ftg 28.216 tot 82.070	0.001	Pt 101.03 Pf 0.06 Pe 0.00	
20 to 28	q Q	0.00 250.09	6.693 150 2EE GV T	lgth 96.170 ftg 36.552 tot 132.720	0.001	Pt 101.03 Pf 0.15 Pe 0.00	
21 to 22	q Q	0.00 0.00	5.349 150	lgth 21.000 ftg 0.000 tot 21.000	0.000	Pt 101.09 Pf 0.00 Pe 0.00	
21 to 23	q Q	0.00 202.85	6.693 150 E T	lgth 187.500 ftg 33.987 tot 221.490	0.001	Pt 101.09 Pf 0.17 Pe 0.00	
23 to 24	q Q	0.00 0.00	6.693 150	lgth 16.200 ftg 0.000 tot 16.200	0.000	Pt 101.26 Pf 0.00 Pe 0.00	
23 to 25	q Q	0.00 202.85	6.693 150 T	lgth 119.700 ftg 22.444 tot 142.140	0.001	Pt 101.26 Pf 0.11 Pe 0.00	
25 to 26	q Q	0.00 0.00	5.349 150	lgth 33.900 ftg 0.000 tot 33.900	0.000	Pt 101.36 Pf 0.00 Pe 0.00	
25 to 27	q Q	0.00 202.85	6.693 150 GV	lgth 108.100 ftg 2.565 tot 110.670	0.001	Pt 101.36 Pf 0.08 Pe 0.00	
28 to 27	q Q	0.00 391.54	6.693 150	lgth 106.900 ftg 0.000 tot 106.900	0.003	Pt 101.18 Pf 0.27 Pe 0.00	
29 to 28	q Q	0.00 141.46	6.693 150 T	lgth 31.800 ftg 22.444 tot 54.240	0.000	Pt 101.15 Pf 0.02 Pe 0.00	
29 to 30	q Q	0.00 0.00	5.349 150	lgth 15.400 ftg 0.000 tot 15.400	0.000	Pt 101.15 Pf 0.00 Pe 0.00	

8.16.

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
31 to 29	q Q	0.00 141.46	6.693 150 T	lgth ftg tot	95.500 22.444 117.940	Pt Pf Pe	101.11 0.05 0.00
31 to 32	q Q	0.00 0.00	3.632 150	lgth ftg tot	15.400 0.000 15.400	Pt Pf Pe	101.11 0.00 0.00
33 to 31	q Q	0.00 141.46	6.693 150	lgth ftg tot	21.600 0.000 21.600	Pt Pf Pe	101.10 0.01 0.00
34 to 33	q Q	0.00 141.46	6.693 150	lgth ftg tot	5.300 0.000 5.300	Pt Pf Pe	101.10 0.00 0.00
36 to 35	q Q	0.00 408.89	6.693 150 T	lgth ftg tot	24.400 22.444 46.840	Pt Pf Pe	100.48 0.13 0.00
37 to 36	q Q	0.00 446.20	6.693 150 G V E	lgth ftg tot	86.920 14.108 101.030	Pt Pf Pe	100.16 0.33 0.00
36 to 40	q Q	0.00 37.31	6.693 150 E G V	lgth ftg tot	69.600 14.108 83.710	Pt Pf Pe	100.48 0.00 0.00
38 to 37	76.00 q Q	759.98 446.20	6.693 150	lgth ftg tot	48.400 0.000 48.400	Pt Pf Pe	100.00 0.16 0.00
38 to 39	76.00 q Q	759.98 313.78	6.693 150	lgth ftg tot	79.800 0.000 79.800	Pt Pf Pe	100.00 0.13 0.00
39 to 18	25.00 q Q	250.16 563.94	6.693 150	lgth ftg tot	41.800 0.000 41.800	Pt Pf Pe	100.13 0.21 0.00
40 to 41	q Q	0.00 37.31	6.693 150	lgth ftg tot	53.000 0.000 53.000	Pt Pf Pe	100.49 0.00 0.00
	Qt	1,010.14				Pt	106.72

8.17.

El nodo hidráulico número 38 representa la alimentación de agua del sistema de aspersión que protege el compresor A, mientras que el nodo hidráulico número 39 representa la salida de agua en el hidrante ubicado cerca del compresor A, la presión mínima necesaria a la cual debe salir agua en ambos casos es de 100 psi, (Imagen 8.18).



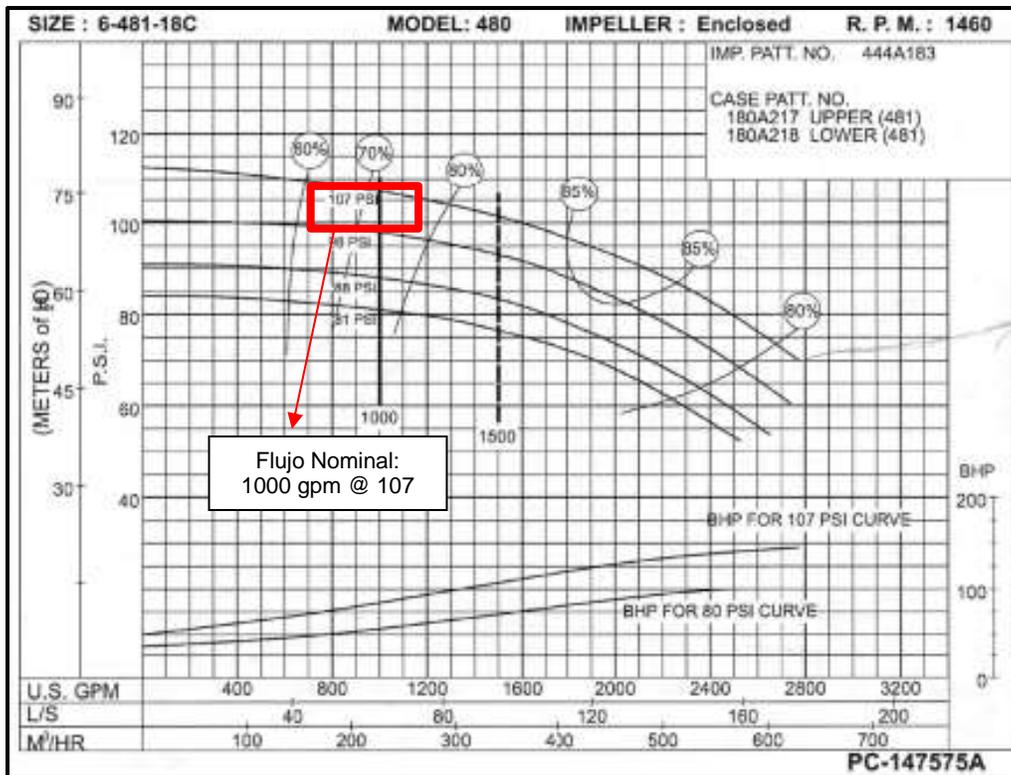
8.18 Nodos Hidráulicos”

8.7 Determinación del Equipo de Bombeo.

Con base a los resultados de la simulación hidráulica por demanda de agua contra incendio y a la presión necesaria del sistema contra incendio, es como se determinó el equipo de bombeo, (Imagen 8.19).

Por lo anterior se seleccionó una bomba contra incendio con las siguientes características:

- Flujo Cero: 0 gpm @ 113 psi.
- Flujo Nominal: 1,000 gpm @ 107 psi.
- Flujo al 150 %: 1,500 gpm @ 102 psi.



8.19 “Curva de Operación de Bomba Contra Incendios”

Los datos de la curva de la bomba contra incendio que se seleccionó se introdujeron al software de simulación, en la siguiente imagen se muestra los datos introducidos:

Suction Node		Discharge Node	
DB		00	
REQ. POINT 1:	<input type="text" value="0"/>	gpm @	<input type="text" value="113,00"/> psi
Point 2:	<input type="text" value="0"/>	gpm @	<input type="text" value="0,00"/> psi
Point 3:	<input type="text" value="0"/>	gpm @	<input type="text" value="0,00"/> psi
REQ. POINT 4:	<input type="text" value="1.000"/>	gpm @	<input type="text" value="107,00"/> psi
Point 5:	<input type="text" value="0"/>	gpm @	<input type="text" value="0,00"/> psi
REQ. POINT 6:	<input type="text" value="1.500"/>	gpm @	<input type="text" value="102"/> psi

Pump data must be entered in succession (i.e., Required Point 1 is Zero Flow at Maximum Pressure, through Required Point 6, which is Maximum Flow at Minimum Pressure.)

Any missing data points (2,3 or 5) will be interpolated by the program.

OK Cancel

8.20 “Introducción de Datos”

Con esto se puede saber si el suministro de agua cumple con las necesidades mínimas de flujo y/o presión en el punto requerido.

El nodo de suministro se utilizó para describir el o los puntos finales de los cálculos hidráulicos, representa el suministro de agua de la red y es el nodo de referencia para determinar las pérdidas o ganancias de presión en la red debido a las alturas a las cuales se encuentran los nodos que la integran. Se requiere introducir el valor de la presión estática del mismo y la presión residual a un flujo determinado.

Para el caso de la simulación realizada, se denominó al nodo de suministro de agua como “DB”, este nodo, como se menciona en el punto anterior, simula la existencia de los tanques de almacenamiento verticales. En este punto, es importante simular la presión hidrostática que provoca la columna de agua que mantiene el nivel en los tanques de almacenamiento contra incendio, (Imagen 8.21).

Source Row	Node	Static (psi)	Residual (psi)	Flow (gpm)	HSA (gpm)
1	DB	13,00	3,00	1010,00	0,00

8.21 “Nodo de Suministro”

Los resultados que se obtuvieron, después de haber alimentado al software de simulación los diámetros de las tuberías, y los datos nominales de flujo y presión de la bomba contra incendios son:

(Simulación por Suministro)

Área de Compresores	Caudal Requerido (gpm)	Caudal Obtenido en la Simulación (gpm)	Nodo hidráulico	Presión en el Nodo hidráulicamente más alejado (psi)
Demanda de agua	761	775.78	38	104.19
Hidrante	250	255.36	39	104.33

Con estos datos obtenidos se sabe que la bomba contra incendios y los diámetros de la tubería propuestos suministran en caudal y presión requeridos en el sistema contra incendio propuesto para la estación de compresión.

En las imágenes siguientes se muestra el resumen de los cálculos hidráulicos realizados:

“Resumen Hidráulico por Suministro”

Para poder sustentar los cálculos hidráulicos, se anexan las corridas hidráulicas con los resultados obtenidos de la simulación con el software del escenario de mayor riesgo de incendio, (Ver imagen 8.22, 8.23, 8.24 y 8.25).

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes	
00 to DB	q Q Source	0.00 1,031.14	Fire Pump	lgth ftg tot		Pt Pf Pe	1,031.14 at -1.99 -104.70	
01 to 00	q Q	0.00 1,031.14	6.693 150 E T	lgth ftg tot	28.500 33.987 62.490	0.015	Pt Pf Pe	108.35 0.95 0.00
01 to 02	q Q	0.00 0.00	5.349 150 GV	lgth ftg tot	248.000 2.459 250.460	0.000	Pt Pf Pe	108.35 0.00 0.00
03 to 01	q Q	0.00 1,031.13	6.693 150 T	lgth ftg tot	73.890 22.444 96.330	0.015	Pt Pf Pe	106.88 1.47 0.00
04 to 03	q Q	0.00 424.39	6.693 150 GV E 2EE T	lgth ftg tot	481.700 48.095 529.790	0.003	Pt Pf Pe	105.31 1.56 0.00
27 to 03	q Q	0.00 806.74	6.693 150 T	lgth ftg tot	183.700 22.444 206.140	0.006	Pt Pf Pe	105.70 1.18 0.00
05 to 04	q Q	0.00 568.79	6.693 150 T	lgth ftg tot	24.900 22.444 47.340	0.005	Pt Pf Pe	105.07 0.24 0.00
04 to 34	q Q	0.00 144.40	6.693 150	lgth ftg tot	56.400 0.000 56.400	0.000	Pt Pf Pe	105.31 0.02 0.00
06 to 05	q Q	0.00 151.40	6.693 150 T	lgth ftg tot	41.000 22.444 63.440	0.000	Pt Pf Pe	105.05 0.03 0.00
35 to 05	q Q	0.00 417.39	6.693 150	lgth ftg tot	84.600 0.000 84.600	0.003	Pt Pf Pe	104.83 0.24 0.00
06 to 07	q Q	0.00 0.00	5.349 150	lgth ftg tot	43.600 0.000 43.600	0.000	Pt Pf Pe	105.05 0.00 0.00
08 to 06	q Q	0.00 151.41	6.693 150	lgth ftg tot	40.250 0.000 40.250	0.000	Pt Pf Pe	105.03 0.02 0.00

8.22.

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
09	q	0.00	6.693	lgth	53.800	Pt	105.00
to	Q	151.40	150	ftg	0.000	Pf	0.02
08				tot	53.800	Pe	0.00
10	q	0.00	6.693	lgth	308.200	Pt	104.86
to	Q	151.40	150 E	ftg	11.543	Pf	0.14
09				tot	319.740	Pe	0.00
11	q	0.00	6.693	lgth	299.800	Pt	104.71
to	Q	151.40	150 3E G V T	ftg	59.638	Pf	0.16
10				tot	359.440	Pe	0.00
12	q	0.00	6.693	lgth	281.700	Pt	104.63
to	Q	113.32	150	ftg	0.000	Pf	0.07
11				tot	281.700	Pe	0.00
41	q	0.00	6.693	lgth	125.300	Pt	104.70
to	Q	38.09	150 2EE	ftg	11.543	Pf	0.00
11				tot	136.840	Pe	0.00
13	q	0.00	6.693	lgth	134.500	Pt	104.59
to	Q	113.32	150 E T	ftg	33.987	Pf	0.04
12				tot	168.490	Pe	0.00
13	q	0.00	5.349	lgth	22.960	Pt	104.59
to	Q	0.00	150 E	ftg	11.474	Pf	0.00
14				tot	34.430	Pe	0.00
15	q	0.00	6.693	lgth	17.200	Pt	104.58
to	Q	113.29	150 T	ftg	22.444	Pf	0.01
13				tot	39.640	Pe	0.00
15	q	0.00	5.349	lgth	72.200	Pt	104.58
to	Q	0.00	150 EE	ftg	5.737	Pf	0.00
16				tot	77.940	Pe	0.00
17	q	0.00	6.693	lgth	67.800	Pt	104.56
to	Q	113.34	150	ftg	0.000	Pf	0.02
15				tot	67.800	Pe	0.00
18	q	0.00	6.693	lgth	22.300	Pt	104.55
to	Q	113.30	150 G V T	ftg	25.009	Pf	0.01
17				tot	47.310	Pe	0.00
18	q	0.00	6.693	lgth	69.900	Pt	104.55
to	Q	462.35	150	ftg	0.000	Pf	0.24
19				tot	69.900	Pe	0.00

8.23.

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
19	q	0.00	6.693	lgth	113.500		Pt 104.79
to	Q	462.35	150 T	ftg	22.444	0.003	Pf 0.47
20				tot	135.940		Pe 0.00
20	q	0.00	6.693	lgth	53.850		Pt 105.26
to	Q	207.07	150 EE T	ftg	28.216	0.001	Pf 0.06
21				tot	82.070		Pe 0.00
20	q	0.00	6.693	lgth	96.170		Pt 105.26
to	Q	255.29	150 2EE GV T	ftg	36.552	0.001	Pf 0.15
28				tot	132.720		Pe 0.00
21	q	0.00	5.349	lgth	21.000		Pt 105.33
to	Q	0.00	150	ftg	0.000	0.000	Pf 0.00
22				tot	21.000		Pe 0.00
21	q	0.00	6.693	lgth	187.500		Pt 105.33
to	Q	207.06	150 E T	ftg	33.987	0.001	Pf 0.17
23				tot	221.490		Pe 0.00
23	q	0.00	6.693	lgth	16.200		Pt 105.50
to	Q	0.00	150	ftg	0.000	0.000	Pf 0.00
24				tot	16.200		Pe 0.00
23	q	0.00	6.693	lgth	119.700		Pt 105.50
to	Q	207.06	150 T	ftg	22.444	0.001	Pf 0.11
25				tot	142.140		Pe 0.00
25	q	0.00	5.349	lgth	33.900		Pt 105.61
to	Q	0.00	150	ftg	0.000	0.000	Pf 0.00
26				tot	33.900		Pe 0.00
25	q	0.00	6.693	lgth	108.100		Pt 105.61
to	Q	207.06	150 GV	ftg	2.565	0.001	Pf 0.09
27				tot	110.670		Pe 0.00
28	q	0.00	6.693	lgth	106.900		Pt 105.42
to	Q	399.68	150	ftg	0.000	0.003	Pf 0.28
27				tot	106.900		Pe 0.00
29	q	0.00	6.693	lgth	31.800		Pt 105.39
to	Q	144.40	150 T	ftg	22.444	0.000	Pf 0.02
28				tot	54.240		Pe 0.00
29	q	0.00	5.349	lgth	15.400		Pt 105.39
to	Q	0.00	150	ftg	0.000	0.000	Pf 0.00
30				tot	15.400		Pe 0.00

8.24.

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
31 to 29	q Q	0.00 144.40	6.693 150 T	lgth 95.500 ftg 22.444 tot 117.940		Pt 105.35 Pf 0.05 Pe 0.00	
31 to 32	q Q	0.00 0.00	6.693 150	lgth 15.400 ftg 0.000 tot 15.400	0.000	Pt 105.35 Pf 0.00 Pe 0.00	
33 to 31	q Q	0.00 144.40	6.693 150	lgth 21.600 ftg 0.000 tot 21.600	0.000	Pt 105.34 Pf 0.01 Pe 0.00	
34 to 33	q Q	0.00 144.40	6.693 150	lgth 5.300 ftg 0.000 tot 5.300	0.000	Pt 105.34 Pf 0.00 Pe 0.00	
36 to 35	q Q	0.00 417.38	6.693 150 T	lgth 24.400 ftg 22.444 tot 46.840	0.003	Pt 104.70 Pf 0.13 Pe 0.00	
37 to 36	q Q	0.00 455.47	6.693 150 GV E	lgth 86.920 ftg 14.108 tot 101.030	0.003	Pt 104.36 Pf 0.34 Pe 0.00	
36 to 40	q Q	0.00 38.07	6.693 150 E GV	lgth 69.600 ftg 14.108 tot 83.710	0.000	Pt 104.70 Pf 0.00 Pe 0.00	
38 to 37	76.00 q Q	775.78 455.46	6.693 150	lgth 48.400 ftg 0.000 tot 48.400	0.003	Pt 104.19 Pf 0.16 Pe 0.00	
38 to 39	76.00 q Q	775.78 320.30	6.693 150	lgth 79.800 ftg 0.000 tot 79.800	0.002	Pt 104.19 Pf 0.14 Pe 0.00	
39 to 18	25.00 q Q	255.36 575.66	6.693 150	lgth 41.800 ftg 0.000 tot 41.800	0.005	Pt 104.33 Pf 0.22 Pe 0.00	
40 to 41	q Q	0.00 38.08	6.693 150	lgth 53.000 ftg 0.000 tot 53.000	0.000	Pt 104.70 Pf 0.00 Pe 0.00	
	Qt	1,031.14				Pt 2.61	

8.25.

Después de haber realizado la simulación hidráulica, se observa que los diámetros propuestos en conjunto con la bomba contra incendios tienen la capacidad de abastecer el flujo y presión necesarios para el escenario de mayor riesgo de incendio, por lo que al cubrir con estos requerimientos se puede considerar que también se cubrirán los demás escenarios de la instalación.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES

Toda instalación de compresión de gas natural requiere de sistemas de protección contra incendios, ya que así se puede disminuir las pérdidas humanas y económicas causadas por un incendio, es muy importante mencionar que el propósito principal de todo sistema de protección contra incendios es el de salvaguardar la vida humana.

En los primeros capítulos se definieron las áreas que conforman una estación de compresión de gas natural, así como también las características principales del gas, esto con la finalidad de poder entender el propósito de la protección a este tipo de instalaciones. Así mismo se explicó brevemente en que consiste la ingeniería básica de los proyectos de protección contra incendio.

Se dio una explicación de cada uno de los equipos de protección contra incendio base agua que conforman un sistema de este tipo.

En este trabajo se describió de manera práctica, como seleccionar un sistema de bombeo contra incendios, como realizar un análisis de riesgo de incendio para determinar el escenario que representa el mayor riesgo dentro de la estación de compresión, la cantidad de agua necesaria que se debe de tener almacenada para combatir un incendio, el trazado de la red, diámetros, colocación de equipos contra incendio, etc. Todo lo anterior tomando en cuenta las consideraciones principales de la normativa NFPA.

A través de un software especial de sistemas contra incendios se puede observar cómo se está comportando el sistema diseñado, la demanda de agua y presión necesaria calculada para combatir un incendio en cada una de las áreas de riesgo de incendio de la estación de compresión se pueden demostrar con los resultados obtenidos en una simulación hidráulica.

La correcta implementación de esta disciplina en una estación de compresión de gas natural puede hacer la diferencia que permita actuar de forma adecuada en un evento de incendio, por lo que se asegurará la confiabilidad de que en todo momento el proceso de distribución de gas seguirá con sus operaciones normales y principalmente no se pondrá en peligro la vida humana.

BIBLIOGRAFÍA

I. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2015). NFPA 1. FIRE CODE. (CODIGO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO).

II. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2017). NFPA 14. STANDARD FOR THE INSTALLATION OF STANDPIPE AND HOSE SYSTEMS. (NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERIA VERTICAL Y MANGUERAS).

III. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2017). NFPA 15. STANDARD FOR WATER SPRAY FIXED SYSTEMS FOR FIRE PROTECTION. (NORMA PARA SISTEMAS FIJOS ASPERSORES DE AGUA PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS).

IV. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2016). NFPA 20. STANDARD FOR THE INSTALLATION OF STATIONARY PUMPS FOR FIRE PROTECTION. (NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS ESTACIONARIAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS).

V. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2016). NFPA 24. STANDARD FOR THE INSTALLATION OF PRIVATE FIRE SERVICE MAINS AND THEIR APPURTENANCES. (NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PARA SERVICIO PRIVADO DE INCENDIOS Y SUS ACCESORIOS).

VI. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2017). NFPA 25. STANDARD FOR THE INSPECTION, TESTING, AND MAINTENANCE OF WATER-BASED FIRE PROTECTION SYSTEMS. (NORMA PARA INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS A BASE DE AGUA).

VII. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2009). MANUAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, VOLUMEN 1.

VIII. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (2009) MANUAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, VOLUMEN 2.

IX. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, (1991). NFPA. FIRE PROTECTION HANDBOOK, (MANUAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE NFPA), DECIMOSÉPTIMA EDICIÓN, EDITORIAL MAPFRE.

X. API 2030:2005. APPLICATION OF FIXED WATER SPRAY SYSTEMS FOR FIRE PROTECTION IN THE PETROLEUM AND PETROCHEMICAL INDUSTRIES. (APLICACIÓN DE SISTEMAS FIJOS DE ASPERSIÓN CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y LAS PETROQUÍMICAS).

XI. NRF-016-PEMEX-2010. DISEÑO DE REDES CONTRA INCENDIOS (INSTALACIONES TERRESTRES).

XII. PROSPECTIVA DE GAS NATURAL Y GAS L.P. 2013 - 2027 SECRETARIA DE ENERGIA "SENER".

XIII. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS, GAS NATURAL, PEMEX, 2000).

XV. SOCIETY OF FIRE PROTECTION ENGINEERS "SFPE", (www.sfpe.org).