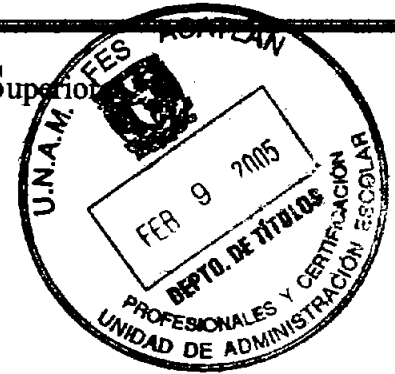




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores  
ACATLÁN



Sistema de Extinción de Fuego a Base  
de Agua en una Plataforma Marina de  
Perforación Petrolera

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

VICTOR HUGO SÁNCHEZ LOREDO



Asesor: Ing. José Pedro Agustín Valera Negrete

FEBRERO, 2005

m. 340982



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico o impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Victor Hugo Sánchez Loredo  
FECHA: 11 Feb 2004  
FIRMA: PA

Relación de profesores que fungirán como sinodales en el examen profesional que presentará el (a) alumno (a): **SÁNCHEZ LOREDO VÍCTOR HUGO** de la carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, que se servirán firmar de enterado:

- PRESIDENTE:** ING. JOSÉ PEDRO AGUSTÍN VALERA NEGRETE *11/02/2004*  
(ASESOR)  
Tel. 56-23-17-67
- VOCAL:** MTRO. IGNACIO MARTÍN LIZÁRRAGA GAUDRY  
Tel. 53-64-04-41
- SECRETARIO:** ING. HUGO CONSTANTINI MARTÍNEZ  
Tel. 53-79-59-59
- SUPLENTE:** ING. LEONARDO ALVAREZ LEÓN  
Tel. 55-51-66-80
- SUPLENTE:** ING. MANUEL GÓMEZ GUTIÉRREZ  
Tel. 56-23-17-43

*[Handwritten signatures and dates for each role]*

- A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera y de formarme como persona.

- A mis padres:

Por haberme brindado su comprensión y darme todo lo necesario para que pudiera salir adelante.

- A mis profesores:

Por dedicarme su tiempo y transmitirme sus enseñanzas.

- A Rocío:

Por su cariño y por motivarme a seguir siempre adelante.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar y diseñar un sistema de extinción de fuego a base de agua, para controlar y apagar incendios en plataformas marinas de perforación petrolera, disminuyendo el riesgo de pérdidas humanas, evitando daños a la estructura, minimizando el deterioro de instalaciones, equipos y materiales, contribuyendo a la disminución de emisiones contaminantes.

### **CAPÍTULO I PLATAFORMAS MARINAS DE PERFORACIÓN PETROLERA.**

Objetivo específico: Describir las características de una plataforma marina, los diferentes tipos que existen y sus usos, identificando los equipos y componentes principales de cada una de ellas, considerando los factores y estudios a realizar para determinar su ubicación.

### **CAPÍTULO II PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

Objetivo específico: Describir los diferentes factores que generan un incendio, analizando las causas que los producen y sus consecuencias, así como las formas de prevenirlos y combatirlos.

### **CAPÍTULO III SISTEMAS CONTRA INCENDIO.**

Objetivo específico: Describir los sistemas contra incendio comúnmente usados en la industria petrolera, seleccionando el más adecuado para extinguir fuegos en una plataforma marina de perforación petrolera.

### **CAPÍTULO IV SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO.**

Objetivo específico: Diseñar un sistema de agua contra incendio aplicable a una plataforma marina de perforación petrolera, describiendo los principales equipos y componentes utilizados.

### **CAPÍTULO V EJEMPLO DE APLICACIÓN.**

Objetivo específico: Determinar la capacidad del equipo de bombeo necesaria que cubra la demanda de agua contra incendio en una plataforma marina de perforación.

---

## ÍNDICE

### JUSTIFICACIÓN

### INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I PLATAFORMAS MARINAS DE PERFORACIÓN PETROLERA

I.1	Plataforma marina.	1
I.2	Tipos de plataformas marinas.	1
	I.2.1 Clasificación de plataformas marinas desde el punto de vista estructural.	1
	I.2.1.1 Sistemas fijos.	2
	I.2.1.2 Sistemas semifijos (flexibles).	3
	I.2.1.3 Sistemas flotantes.	4
	I.2.2 Clasificación de plataformas marinas de acuerdo a su función.	6
I.3	Descripción general de una plataforma marina de perforación petrolera.	8
	I.3.1 Localización y orientación.	8
	I.3.2 Datos del lugar.	8
	I.3.3 Configuración estructural.	9
	I.3.3.1 Superestructura.	9
	I.3.3.2 Subestructura.	10
	I.3.3.3 Pilotes.	11
	I.3.4 Protección mecánica y catódica.	12
	I.3.5 Equipo de proceso y servicios auxiliares.	13

### CAPÍTULO II PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

II.1	Clasificación de incendios.	17
II.2	Importancia de la protección contra incendios.	18
II.3	Causas que provocan un incendio.	20
	II.3.1 Triángulo del fuego.	21
	II.3.2 Fuentes de ignición.	25
	II.3.3 Las etapas de un fuego.	27
II.4	Prevención y extinción de incendios.	28
	II.4.1 Tipos de sistemas contra incendio.	29
	II.4.2 Tipos de extinguidores.	31
	II.4.3 Equipo de seguridad.	34

**CAPÍTULO III SISTEMAS CONTRA INCENDIO**

III.1	Sistemas de espuma.	36
III.1.1	Tipos de concentrados espumantes para espuma mecánica.	38
III.1.2	Características de los sistemas generadores de espuma.	39
III.1.3	Sistemas para aplicación de espuma.	40
III.1.4	Métodos proporcionadores.	41
III.1.5	Usos y limitaciones.	45
III.2	Sistemas de halón.	46
III.2.1	Propiedades y efectos de extinción.	47
III.2.2	Tipos de sistemas.	48
III.2.3	Almacenamiento.	52
III.2.4	Usos y limitaciones.	52
III.3	Sistemas de bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).	54
III.3.1	Propiedades del bióxido de carbono.	55
III.3.2	Tipos de sistemas.	56
III.3.3	Limitaciones de los sistemas de bióxido de carbono.	59
III.4	Sistemas de polvo químico seco.	61
III.4.1	Propiedades de los polvos químicos secos.	61
III.4.2	Tipos de sistemas.	62
III.4.3	Usos y limitaciones.	62
III.5	Sistemas de agua contra incendio.	63
III.5.1	Modos de extinción del agua.	63
III.5.2	Propiedades físicas del agua.	65
III.5.3	Componentes de un sistema contra incendio a base de agua.	65
III.6	Selección del sistema.	66

**CAPÍTULO IV SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO**

IV.1	Propiedades físico-químicas del agua de mar.	67
IV.2	Características del equipo de bombeo.	68
IV.2.1	Bombas para agua contra incendio.	68
IV.2.2	Localización de las bombas contra incendio.	70
IV.2.3	Columna de succión de las bombas contra incendio.	70
IV.2.4	Bomba Jockey.	71
IV.2.5	Hojas de datos de los equipos.	71
IV.3	Red de distribución de agua contra incendio.	74
IV.3.1	Red de distribución de agua contra incendio instalada.	77
IV.4	Monitores, hidrantes, válvulas de inundación, boquillas rociadoras y detectores de calor (pilotos).	78
IV.4.1	Monitores.	78
IV.4.2	Hidrantes.	79
IV.4.3	Válvulas de inundación.	80
IV.4.4	Boquillas rociadoras.	82
IV.4.5	Detectores de calor (pilotos).	83

---

**CAPÍTULO V EJEMPLO DE APLICACIÓN**

V.1	Cálculo manual.	84
V.1.1	Desarrollo de la memoria de cálculo manual.	85
	V.1.1.1 Consideraciones.	85
	V.1.1.2 Demanda de agua contra incendio.	86
	V.1.1.3 Determinación de la demanda máxima.	88
	V.1.1.4 Determinación de los diámetros del sistema.	88
	V.1.1.5 Determinación de la presión de descarga de la bomba.	92
	V.1.1.6 Verificación de la presión de operación del sistema de rociadores en la zona de pozos.	93
	V.1.1.7 Conclusiones.	94
V.2	Cálculo por computadora.	95
V.2.1	Sistema de inundación No. 1 (Zona de pozos).	98
V.2.2	Sistema de inundación No. 2 (Separador de prueba, Cabezal para bombeo neumático y Área de lanzadores de diablos.	110
V.2.3	Sistema de inundación No. 3 (Separador de producción y Paquete de regulación de gas).	122
V.3	Interpretación de los resultados.	134
	V.3.1 Consideraciones.	134
	V.3.2 Observaciones y comentarios.	136
	V.3.3 Conclusiones.	138
V.4	Costo del sistema contra incendio a base de agua.	138
 <b>CONCLUSIONES</b>		 144
 <b>ANEXO</b>		 147
 <b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>		 148
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b>		 155

---



## JUSTIFICACIÓN

Para cumplir con la demanda nacional e internacional de hidrocarburos, en México se han desarrollado nuevos procesos e instalaciones para la exploración y explotación de yacimientos de petróleo en el mar. Esto ha dado como resultado el diseño y construcción de estructuras marinas capaces de proporcionar apoyo a los equipos de perforación, de producción, de proceso, instalaciones habitacionales, etc. Estas estructuras son conocidas como plataformas marinas.

Es de primordial importancia que las operaciones en plataformas marinas sean dirigidas de tal forma que proporcionen seguridad al personal, a las instalaciones y brinden protección al medio ambiente. Los sistemas de procesos y prácticas de operación son diseñados para prevenir la descarga no intencional de hidrocarburos a la atmósfera y para evitar su posible ignición. Sin embargo, la posibilidad de que suceda tal evento debe ser considerada, por lo tanto, se deben tomar en cuenta los métodos empleados para prevenir incendios que puedan ocurrir, así como también, las técnicas usadas para controlarlos y lograr su total extinción.

El progreso en el desarrollo de la ciencia y la tecnología petrolera han traído también un avance en el estudio de la protección contra incendios. La aplicación de esta tecnología, combinada con un diseño, operación y mantenimiento apropiados de las instalaciones completas, proporcionan una adecuada protección de amenaza de incendio. El término protección contra incendios utilizado en esta Tesis incluye medidas tomadas para prevenirlos así como medidas para minimizar, controlar o extinguir fuegos que pudieran ocurrir.

---

## INTRODUCCIÓN

En 1965 se inició en México la exploración de hidrocarburos en el mar<sup>(1)</sup>, estas exploraciones se llevaron a cabo frente a las costas de Tampico, Tamaulipas y Poza Rica, Veracruz. Los resultados de estas exploraciones fueron muy satisfactorios, por lo que Petróleos Mexicanos decidió continuar las perforaciones, pero ahora utilizando plataformas fijas en la Sonda de Campeche; ésta se localiza a unos 80 kilómetros al noreste de la Isla de Ciudad del Carmen; tal vez esta sea una de las zonas petrolíferas costa-fuera más importante incluso a nivel mundial. Esto se debe a que en la Sonda de Campeche las profundidades varían entre 40 y 80 metros, y los mantos petrolíferos se encuentran a profundidades de entre 1,000 y 3,500 metros; además de que estas zonas están relativamente cercanas a tierra. En 1975 se llevó a cabo la perforación del primer pozo exploratorio denominado Chac-1<sup>(1)</sup>, 80 km al norte de la Isla de Ciudad del Carmen, Campeche. Este campo fue el precursor de otros campos productores de aceite y gas; la primera plataforma de perforación que se instaló fue en 1978, a 45 m de profundidad, en la Bahía de Campeche.

La perforación exploratoria que se realizó desde plataformas móviles autoelevables (Jack Up's) y con equipo flotante instalado sobre barcos de gran capacidad, aunado a los trabajos geofísicos y de perforación de los pozos Akal y Nohoch, permitieron confirmar la existencia del yacimiento Cantarell. En 1977 se descubrieron 2 campos más con la perforación de los pozos Akal y Bacab-1. Para 1979 se encontraba ya en explotación esta área con el pozo Cantarell 1-A, por medio del complejo "Akal-C", integrado por una plataforma de perforación, una de enlace y una de producción, a las que posteriormente se adicionaron dos plataformas de compresión, una plataforma de perforación, una de apoyo y un quemador. El promedio de producción por pozo era de 31,000 barriles diarios ( 1 barril = 159 l. ), la mayor producción del mundo en campos marinos.

En 1997, se inició un proyecto muy importante de inversión para modernizar y optimizar la infraestructura productiva del campo Cantarell. Su alcance incluyó la construcción de gasoductos y oleoductos marinos, plataformas de perforación, producción, compresión, inyección de gas, habitacionales y de enlace. El campo Cantarell es un yacimiento que puede clasificarse entre los más grandes del mundo y se espera incrementar la producción promedio de petróleo crudo que es actualmente de 100 mil a 150 mil barriles diarios aproximadamente.

Hoy en día, la infraestructura en la Sonda de Campeche está conformada por cerca de 200<sup>(2)</sup> plataformas y 1,900 km de líneas, abarcando tirantes de agua hasta de 80 m de profundidad, con las que se tiene una producción diaria aproximada de 2.1 millones de barriles de petróleo y 1,500 millones de pies cúbicos de gas. El empleo de nuevas técnicas de evaluación de yacimientos ha confirmado reservas superiores a lo estimado, y esto a su vez, ha motivado el desarrollo de procedimientos para determinar el estado estructural de las instalaciones con miras a incrementar su vida útil.

La seguridad, confiabilidad y el nivel de protección de las plataformas dependen de una combinación de factores, tales como tamaño, complejidad, naturaleza de las operaciones en ellas realizadas, resistencia estructural, importancia de operaciones simultáneas, fenómenos ambientales, capacidad de operación del personal, eficiencia, calidad de los equipos de proceso, sistemas contra incendio instalados, etc.

(1) Filosofía de inspección y mantenimiento de plataformas marinas fijas localizadas en la Sonda de Campeche, Libro I, PEMEX México, D.F. 1999. Pág. 24.

(2) Evaluación de los daños mecánicos que afectan la integridad estructural de las plataformas marinas en la Sonda de Campeche, Eduardo Hernández Ontiveros, Tesis profesional, México UNAM-ENEP Acatlán, 2002. Pág. 6 y 7.

La construcción de plataformas marinas y la producción de crudo y gas resultan relativamente fáciles, debido a que el personal es altamente especializado y a que hoy en día se cuenta con técnicas modernas. Tiene que tomarse en consideración que la experiencia indica que no hay plantas ni construcciones inmunes a incendios. Es por eso que toda instalación debe contemplar un adecuado sistema de prevención y control contra incendios. Para ello no es suficiente contar con sólo unos cuantos extinguidores, sino que hace falta hacer un estudio de los riesgos reales existentes y tomar las precauciones adecuadas.

Debido a los materiales que se manejan en estas instalaciones, los incendios se clasifican como eventos de alto riesgo, los cuales pueden tener consecuencias catastróficas. Por lo que se tiene que aplicar el uso de nuevas técnicas en cuanto a protección contra incendios se refiere. Para ello es necesario que se destine un porcentaje de la inversión a la protección contra incendios, esto es básicamente para lograr los siguientes objetivos:

- Salvaguardar la vida de todo el personal que labora en la plataforma.
- Evitar daños a los equipos y a la estructura.
- Evitar al máximo daños y contaminación al medio ambiente.

Se debe tener en consideración que si llegase a ocurrir un incendio en una plataforma marina, éste debe ser controlado por el equipo contra incendio que se encuentre instalado en la plataforma, puesto que la ayuda que se pudiera recibir en uno de estos casos, tardaría mucho tiempo en llegar debido a la lejanía con tierra firme y a su difícil acceso.

El objetivo de esta Tesis es analizar y diseñar un sistema de extinción de fuego a base de agua, para controlar y apagar incendios en plataformas marinas de perforación petrolera, disminuyendo el riesgo de pérdidas humanas, evitando daños a la estructura, minimizando el deterioro de instalaciones, equipos y materiales, contribuyendo a la disminución de emisiones contaminantes. Además se enfoca en recalcar la importancia que tiene la instalación de los sistemas contra incendio en las plataformas marinas, para evitar accidentes que resulten catastróficos, considerando que lo primordial es salvaguardar la vida de la tripulación. Para lograr lo anterior se diseñará un sistema contra incendio a base de agua para una plataforma marina de perforación petrolera, debido a que las propiedades del agua, la hacen un elemento muy eficaz en la extinción de incendios, además de que en el sitio de instalación es un recurso relativamente fácil de conseguir y de bajo costo.

Dentro de los sistemas contra incendio instalados, se incluyen además de las bombas contra incendio y red de tuberías de distribución de agua, los monitores, hidrantes, extinguidores portátiles, unidades móviles, sistemas de rociadores, sistema de detección de gases tóxicos y gases combustibles, sistemas de extinción de incendio a base de gas inerte, etc. Aunado al equipo y sistemas anteriores, deben considerarse otros factores que son de vital importancia para lograr una protección integral en la plataforma y proporcionar una respuesta rápida a fuegos incipientes para prevenir su propagación, como son: la operación automática de los sistemas de detección y extinción de incendio, el número de operadores y la destreza del personal para operar el equipo de extinción de incendio, las áreas y equipos protegidos por los sistemas y la disponibilidad del equipo localizado en la plataforma.

Los criterios, principios y lineamientos generales expuestos en la presente Tesis, están basados en la experiencia adquirida en el desarrollo de ingeniería de proyecto para plataformas marinas y tienen como intención minimizar la posibilidad de incendios accidentales en este tipo de instalaciones, además de complementar otros métodos y dispositivos existentes.

---

## CAPÍTULO I PLATAFORMAS MARINAS DE PERFORACIÓN PETROLERA

### I.1 Plataforma marina.

Una plataforma marina es una estructura que se encuentra instalada en el mar y cuyas funciones son muy variadas, pero que en general proporciona una superficie de apoyo para la instalación de los equipos de perforación, de proceso e instalaciones habitacionales utilizados para la industria petrolera en la exploración y explotación de los yacimientos de petróleo.

La Sonda de Campeche (ver Fig. I.1) es una zona en la cual se llevan a cabo muchas operaciones de explotación y producción de crudo en el mar; para llevar a cabo estas operaciones se cuenta con estructuras fijas formadas por una, dos, tres o más cubiertas; sobre cada una de estas cubiertas se tienen diversos equipos e instalaciones, esto es, dependiendo de las funciones que habrán de desempeñarse en dichas estructuras; al conjunto de estructuras, equipos e instalaciones se le conoce con el nombre de Plataforma Marina.<sup>(3)</sup>

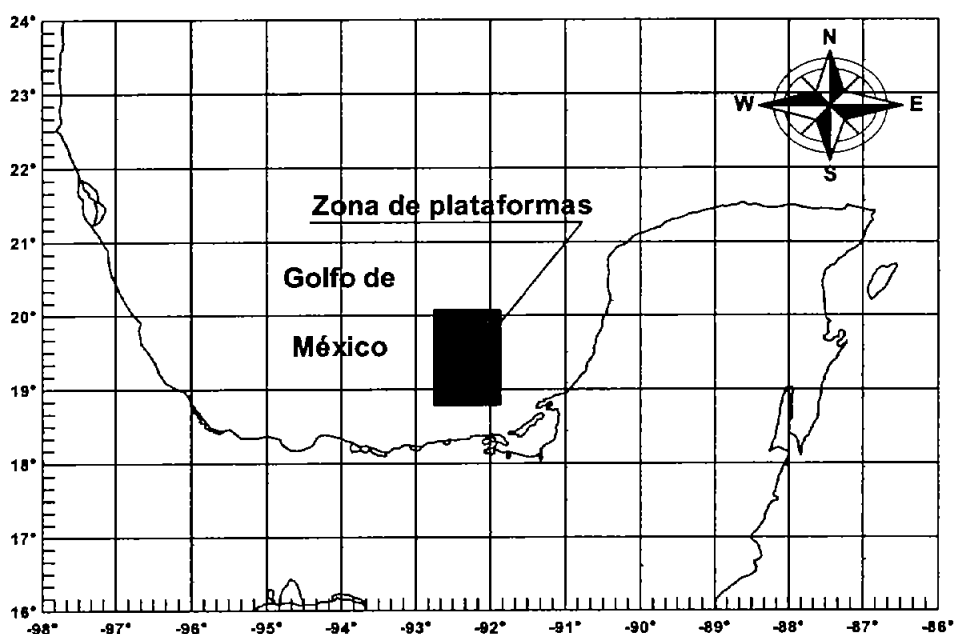


Fig. I.1 Localización de Plataformas en la Sonda de Campeche.<sup>(3)</sup>

### I.2 Tipos de plataformas marinas.

#### I.2.1 Clasificación de plataformas marinas desde el punto de vista estructural.

Las plataformas marinas desde el punto de vista estructural pueden ser clasificadas en:

- Sistemas fijos
- Sistemas semifijos (flexibles)
- Sistemas flotantes

<sup>(3)</sup> Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas Fijas en la Sonda de Campeche. Norma NRF-003-PEMEX-2000. PEMEX. México diciembre 2000. Pág. 5, 6, 7 y 8.

### 1.2.1.1 Sistemas fijos.

Son aquellas estructuras metálicas y/o de concreto las cuales se encuentran fijas en el lecho marino, con respecto al cual son estables y se extienden hasta la superficie del mar. Operan en un solo lugar durante el transcurso de su vida útil.

Los tipos de plataformas fijas son:

#### **Plataforma tipo "jacket" o de acero convencional. (4)**

Es una estructura metálica en forma de pirámide truncada sujeta al fondo marino. Es el tipo de plataforma más comúnmente usado. Su estructuración se basa en un sistema de marcos contraventeados que tienen como finalidad proporcionar soporte lateral a los pilotes que se encuentran dentro de las piernas.

Los componentes estructurales principales que constituyen una plataforma marina tipo "jacket" están bien identificados, tanto en su posición en la estructura, como por la función que cumplen, siendo éstos: superestructura, subestructura y los pilotes.

La superestructura es la parte que se ubica sobre el nivel medio del mar y que comprende las cubiertas donde se alojará el equipo de proceso o de perforación. Su estructuración es a base de marcos y armaduras, los cuales soportan las cubiertas, y éstas a su vez dan apoyo al sistema de piso y a los equipos. Una plataforma puede contar con una o más cubiertas, dependiendo del servicio para el cual se requiere la estructura.

La subestructura es la parte de la estructura que se localiza desde el nivel medio del mar hasta el fondo marino o línea de lodos. Su función principal es la de soportar la superestructura, además proporciona soporte lateral (arriostramiento) a los pilotes que forman la cimentación, resiste las fuerzas laterales inducidas por el oleaje, corrientes marinas y el viento, además sirve como guía para el hincado de pilotes.

Los pilotes son elementos tubulares de acero estructural a los que se conecta la superestructura y la subestructura. Los pilotes penetran a través de las piernas de la subestructura y se hincan en el subsuelo marino a la profundidad requerida.

Este tipo de plataformas es el que se diseña y construye en México, para la Sonda de Campeche, teniendo como ventajas las siguientes:

- La tecnología empleada es conocida y ha sido probada muchas veces.
- Presentan movimientos insignificantes en la cubierta, lo que permite condiciones cómodas para su operación.
- Relativamente no tienen restricciones en cuanto al equipo que soportan.

#### **Plataforma de concreto por gravedad. (4)**

Es una estructura de concreto postensado formado por dos partes: la base y la superestructura. Es muy común que la base sea la de concreto y que la superestructura sea metálica. La ventaja principal es que ofrece la mayor capacidad de carga debido a las estructuras robustas.

Algunas de las desventajas que tiene con respecto a las plataformas tipo "jacket" son:

- El comportamiento del acero de refuerzo del concreto es inadecuado bajo condiciones de filtración de agua salada.
- Para que las secciones trabajen a tensión adecuadamente, se requiere de la utilización de una gran cantidad de cables de pre-esfuerzo.
- En algunos de los sitios en que este tipo de plataformas han sido instaladas, se ha presentado el fenómeno de hundimiento.
- Se requiere hacer una inversión con un alto costo para lograr grandes profundidades.

En la figura I.2 se muestra un sistema fijo.



Fig. I.2 Sistema fijo.

### **I.2.1.2 Sistemas semifijos (flexibles).**

Son estructuras esbeltas en las cuales la estabilidad se logra por medio de cables anclados en el fondo marino, o mediante tanques de flotación colocados en la parte superior, teniéndose los siguientes tipos principales:

#### **Torres atirantadas. (4)**

Están formadas por una estructura de acero cuyas piernas de la subestructura no tienen ninguna pendiente, es decir son perpendiculares al fondo marino y un sistema de cables o tirantes en la parte superior de la torre los cuales se anclan en el fondo marino. La estructura de acero soporta las cargas verticales y los tirantes resisten las cargas horizontales. La torre en sí se encuentra piloteada. Su mayor ventaja es poder soportar cargas similares a una de tipo convencional, sin embargo presenta las siguientes desventajas:

- Su instalación es difícil, impone muchas operaciones marinas y submarinas.
- Los tirantes imponen restricciones muy grandes a la navegación.
- Los tirantes deben proporcionar una gran rigidez en movimientos leves, como en condiciones de tormenta.

### Plataformas flexibles. (4)

Estas plataformas están conformadas por una armadura de sección constante, tanques de flotación y la cimentación es a través de pilotes. Su característica principal en lo que respecta al comportamiento estructural, es que las cargas axiales que se transmiten a los pilotes son nulas, razón por la cual éstos últimos se diseñan a fuerza cortante y a una mínima fuerza axial producto de la variación de marea.

En la figura 1.3 se muestra un sistema semifijo.

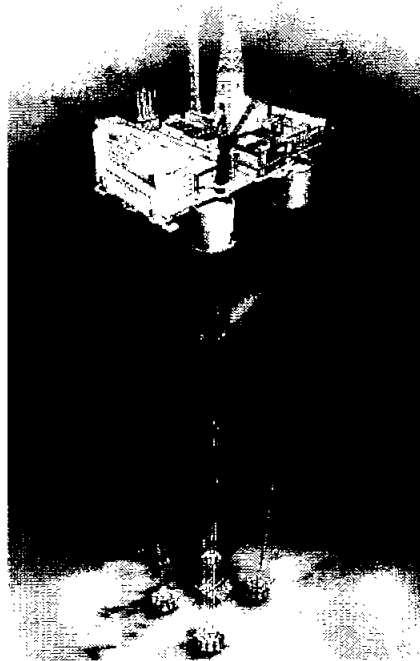


Fig. 1.3 Sistema semifijo.

#### 1.2.1.3 Sistemas flotantes.

La característica principal de estos sistemas consiste en que las cubiertas de operación se ven soportadas por 3 o 4 columnas de grandes dimensiones, las cuales se conectan a tanques de flotación (pontones). Estos sistemas fueron creados debido a la necesidad de sustituir a las estructuras fijas sobre todo en los campos petroleros con reservas pequeñas o localizados en sitios a grandes profundidades.

Además, este tipo de sistemas se pueden transportar, sea por medios propios o por ayuda externa (remolcadores o barcos cargueros) hasta el lugar donde operan, y una vez finalizada su operación, se pueden llevar a otro sitio para utilizarse de nuevo.

Se tienen los siguientes tipos:

### Sumergible. <sup>(4)</sup>

Son estructuras construidas sobre grandes pontones, generalmente dos, que cuando están en la zona de operación se hunden hasta tocar el fondo. Se utilizan para operaciones de perforación de poca profundidad (15 m).

### Semisumergible. <sup>(4)</sup>

Son estructuras similares a las anteriores, sólo que se hunden hasta cierto límite y posteriormente se anclan en el fondo marino cuando están en operación.

### Piernas tensionadas. <sup>(4)</sup>

Son estructuras flotantes ancladas al fondo marino por cables sujetos a tensión. Una gran ventaja lo constituye su costo, ya que éste es prácticamente independiente de su profundidad.

### Autoelevables. <sup>(4)</sup>

Su función principal es la perforación de pozos en desarrollo. Ubicada en el sitio de interés se bajan las piernas hasta el fondo marino y se eleva la cubierta al nivel deseado.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, en la Fig. 1.4 se muestran algunos tipos de plataformas marinas, en base a su estructuración.

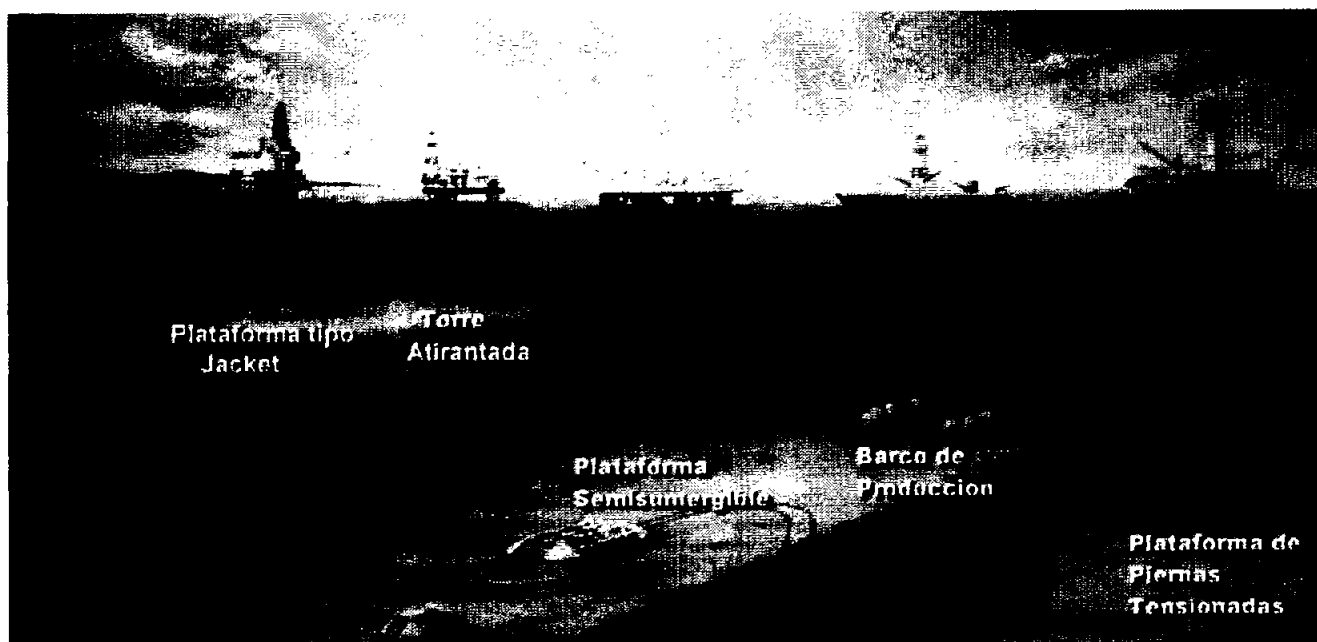


Fig. 1.4 Tipos de Plataformas Marinas. <sup>(4)</sup>

<sup>(4)</sup> Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms. American Petroleum Institute, E.U.A. 1998. Pag. 25, 26, 27, 28, 41, 42, 43.



## **I.2.2 Clasificación de plataformas marinas de acuerdo a su función.**

Por su función, las estructuras marinas se clasifican principalmente en 7 grupos:

### **Plataformas de perforación.**

Utilizadas para la perforación de pozos petroleros y extracción del crudo de los yacimientos marinos. En estas plataformas se alojan todos los equipos de perforación, así como los que sirven para la instalación de las tuberías denominadas de producción y las de extracción de los hidrocarburos de los yacimientos marinos. Son las más numerosas dentro de cualquier complejo petroquímico y por lo general son de 8 patas, instaladas en tirantes de agua que oscilan entre los 30 y 75 metros de profundidad.

### **Plataformas de enlace.**

Usadas para unir la red de tuberías procedentes de las plataformas de perforación cuando éstas se encuentran diseminadas. Algunas veces en ellas se realizan etapas iniciales del proceso de separación del crudo antes de llevarlo a las plataformas de producción. Otras de las funciones de estas plataformas es la de distribuir, recibir y/o enviar los hidrocarburos a plataformas de producción o compresión adyacentes o remotas, además de que los hidrocarburos pueden ser enviados a estaciones de almacenamiento y proceso en tierra firme, a través de tuberías submarinas.

### **Plataformas de producción.**

Realizan la separación de los hidrocarburos (separación de la mezcla de gas, agua y aceite) para su posterior refinamiento en tierra. Pueden ser de 2 tipos: producción permanente y producción temporal, siendo la diferencia entre éstas la capacidad de los equipos de proceso empleados.

Las plataformas de producción temporal se utilizan cuando los volúmenes de extracción disminuyen o cuando se inicia la extracción y los volúmenes son pequeños. Las de producción permanente cuentan con grandes equipos que manejan grandes gastos, el aceite y gas obtenidos se mandan a las plataformas de compresión y rebombeo. Una instalación importante que existe en estas plataformas, es el sistema de bombeo para el transporte del crudo, ya sea a otras plataformas o a tierra firme para su almacenamiento.

### **Plataformas de compresión.**

Estas plataformas siempre se encuentran localizadas junto a las plataformas de producción y tienen como función alojar a los sistemas de compresión de gas, los cuales aumentan la presión del gas para hacerlo llegar a tierra.

Otra actividad que realizan son los procesos de deshidratación y endulzamiento para evitar la corrosión en las tuberías. El gas ya endulzado se utiliza para operación de las turbinas de gas de los sistemas de bombeo, compresión y generación de energía eléctrica en la propia plataforma y en plataformas adyacentes.

### **Plataformas de rebombeo.**

Su labor es hacer llegar el crudo o aceite entre las plataformas, cuando la distancia entre éstas es muy grande, contando para ello con una serie de bombas centrífugas horizontales de gran capacidad.

**Plataformas de inyección.**

Su función es inyectar líquido (agua tratada o gas) a un manto (estrato del yacimiento petrolífero) cuando éste pierde su presión debido a la gran extracción, y así recuperar la presión.

**Plataformas habitacionales.**

Su función es dar albergue al personal que labora dentro del complejo, proporcionando todos los servicios (alimentación, alojamiento, recreación, etc.).

Las plataformas pueden desarrollar una o más funciones de las descritas, convirtiéndose en plataformas mixtas o de servicios múltiples. Existen además estructuras menores fijas, casi siempre de 3 piernas (trípodes) que se usan como apoyo de puentes de interconexión, quemadores de gas, torres de comunicación, recuperación de pozos exploratorios, etc.

Se cuenta además con plataformas móviles autoelevables (Jack Up's) que son estructuras que dan apoyo en las maniobras de perforación, por su cualidad de posicionarse en algún sitio. En algunas ocasiones, es conveniente hacer la instalación de varias plataformas que realicen diferentes funciones en un mismo sitio. Al conjunto de estas plataformas se le denomina complejo petroquímico. En la Fig. 1.5 se muestra un complejo petroquímico tipo, ubicado en la Sonda de Campeche.

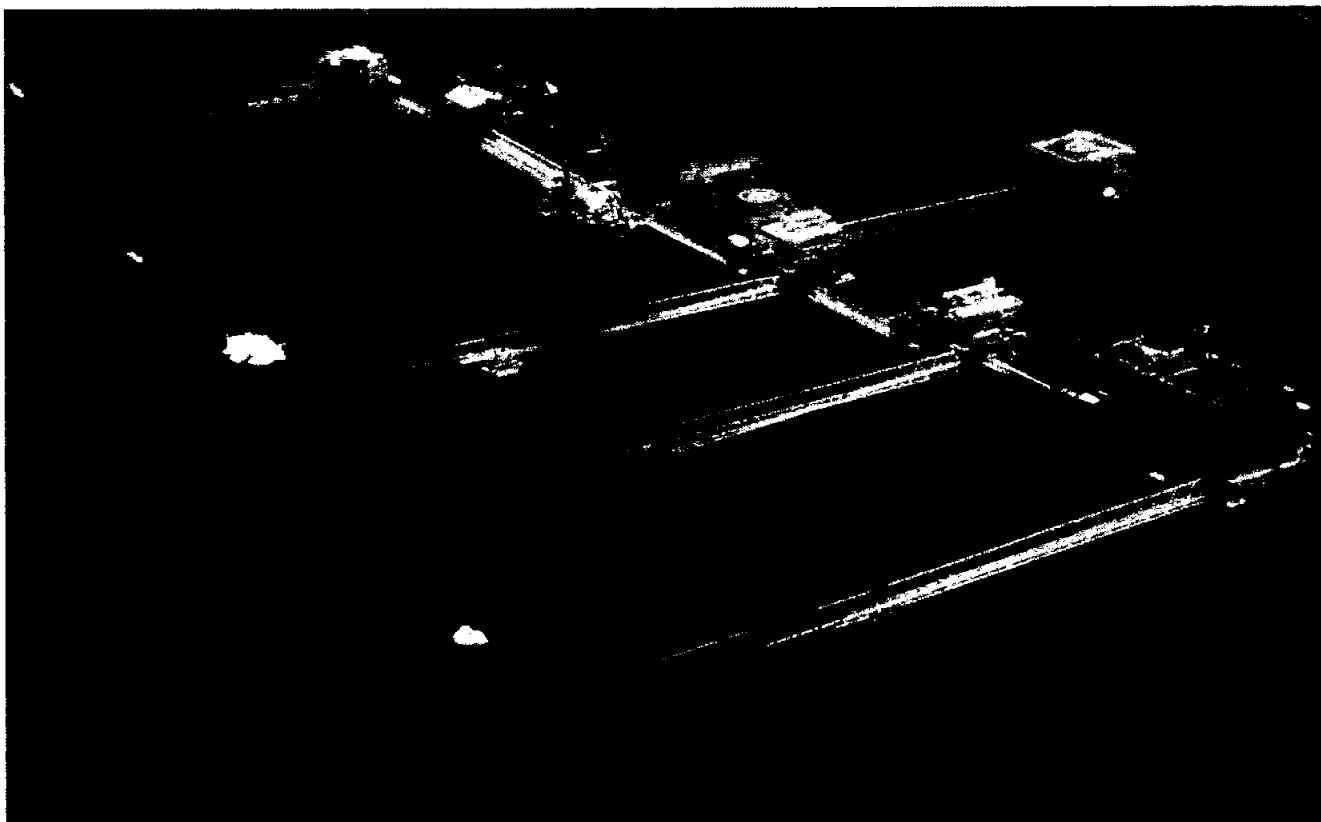


Fig. 1.5 Complejo Petroquímico.

### **I.3 Descripción general de una plataforma marina de perforación petrolera.**

Este tipo de plataformas están diseñadas para soportar un equipo marino de perforación que tiene un peso de 4,000 ton. y pueden contener hasta 18 pozos productores o inyectoras, el espaciamiento entre los pozos de centro a centro es de 8'- 0" (2.438 m) en sentido longitudinal y de 7'- 6" (2.286 m) en sentido transversal.

Son construidas de acero y constan de pilotes, subestructura, superestructura, embarcaderos, pasillos y barandales.

En forma general, la operación de una plataforma de este tipo comprende dos etapas:

- Tripulada: cuando en la plataforma se encuentra instalado el equipo de perforación.
- No tripulada: cuando no se encuentra instalado el equipo de perforación.

Los servicios que se requieren para el funcionamiento de la plataforma en la primera etapa, son generados por los paquetes del equipo de perforación o pueden ser suministrados desde embarcaderos; en tanto que para la segunda etapa no se requerirán.

El diseño estructural permite que la plataforma se utilice para pozos inyectoras y/o productores, de acuerdo a las necesidades operativas, por lo tanto están previstos los soportes y espacios necesarios para contener los equipos requeridos en cada caso. La homogeneidad lograda en las estructuras, facilita el intercambio de las cubiertas entre proyectos, con lo cual se eliminan costos adicionales por adecuaciones a las mismas.<sup>(5)</sup>

#### **I.3.1 Localización y orientación.**

Las coordenadas donde se ubica cada plataforma, son proporcionadas por la Gerencia de Obras y Servicios de Apoyo de Petróleos Mexicanos. El tirante de agua es obtenido por medio de un estudio de batimetría. La orientación es de 45° NE con respecto a su eje longitudinal, teniendo la sección de los conductores ubicada en el extremo Suroeste (ver Plano No. 1 en Anexo).

#### **I.3.2 Datos del lugar.**

##### **Información oceanográfica y meteorológica.**

La información meteorológica y oceanográfica de cada una de las regiones de la Sonda de Campeche que se considera tanto para las condiciones normales de operación, como para las de tormenta puede consultarse en la norma NRF-003-PEMEX "Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas Fijas en la Sonda de Campeche", cada uno de los parámetros ahí indicados varía dependiendo de la región que se esté tomando en cuenta.

Las solicitaciones ambientales de tormenta, son las características de una tormenta con un periodo de recurrencia de 100 años; en tanto las de operación son de tal magnitud que no afecten las actividades normales de la plataforma.<sup>(3)</sup>

<sup>(5)</sup> Bases de Diseño. Plataformas Fijas de Perforación. Subdirección de producción primaria, México 1989. Pág. 26, 27, 35 y 43.

## Estudio geofísico y geotécnico.

En cada ubicación, se tiene que realizar un estudio geofísico del lugar el cual tiene el propósito de determinar el comportamiento topográfico, las características del fondo marino, el espesor de los sedimentos no consolidados, la configuración del horizonte estructural de las primeras capas del subsuelo y las zonas anómalas debidas a posibles acumulaciones de gas, paleocanales, fallas geológicas, etc., que pudieran afectar la estabilidad estructural de la plataforma.

Adicionalmente se elabora un estudio geotécnico en la localización propuesta, para determinar las condiciones mecánicas del subsuelo marino y proporcionar los criterios de diseño para la capacidad de carga axial de los pilotes, profundidad de desplante, resistencia lateral del subsuelo, factores de seguridad y capacidad de carga del lecho marino, así como dar recomendaciones generales para la instalación de los pilotes. Ambos estudios son proporcionados por la Gerencia de Obras y Servicios de Apoyo de Petróleos Mexicanos.

### I.3.3 Configuración estructural.

#### I.3.3.1 Superestructura.

Es un diseño típico y único en el aspecto estructural y de distribución de equipos y servicios, de tal manera que en cualquier momento se puedan realizar cambios de superestructura entre plataformas sin hacer ninguna adecuación y/o modificación. La superestructura consta de dos cubiertas, cada una con un área nominal de 78' - 8" x 154' - 6" (23.978 m x 47.092 m). (Ver Fig. I.6).

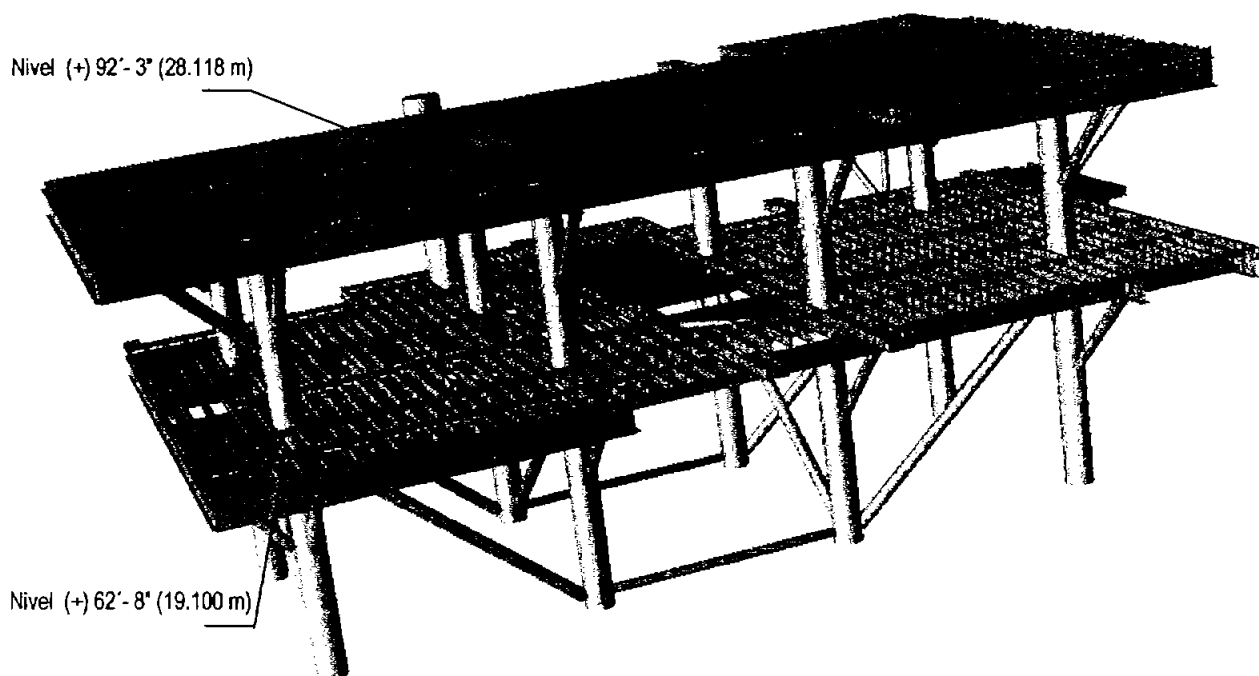


Fig. I.6 Isométrico de la Superestructura.

La cubierta superior se localiza en la elevación (+) 92'- 3" (28.118 m) sobre el Nivel Medio de Baja Mar (N.M.B.M.) y tiene un cantiliver de 6.60 m x 11.53 m en el lado NW, entre los ejes "2" y "3", el cual se utiliza para área de maniobras; en este nivel se instala también el equipo de registros geofísicos.

La cubierta inferior se localiza en el nivel (+) 62'- 8" (19.100 m) sobre el N.M.B.M., cuenta con un cantiliver de 3.2 m x 6.8 m, el cual sirve para maniobras de descarga en el lado SE, entre los ejes "2" y "3". Se cuenta con un pasillo central de 5'- 0" de ancho, que corre desde el área de conductores hasta el extremo NE de la plataforma, a lo largo de todo ese pasillo se tiene instalada lámina corrugada.

En la zona de conductores del nivel (+) 92'- 3" (28.118 m), se encuentran instaladas placas de seguridad, esto con el objeto de proteger los árboles de navidad y al personal en el nivel de producción; estas placas no son fijas lo cual permite su reubicación. Las cubiertas son soportadas por ocho columnas de 48" de diámetro, las cuales están dispuestas en una matriz de 2 x 4; en el sentido longitudinal mantienen una separación de 40'- 0" (12.192 m) entre sí y en el sentido transversal, la separación es de 45'- 0" (13.716 m). La distancia libre entre la cara inferior de las trabes de la cubierta superior y la rejilla de la cubierta inferior es de 24'- 4" (7.417 m). El piso de las cubiertas, está formado por rejilla galvanizada en su totalidad; la cubierta superior está formada por polines de madera, en el área que corresponde a la zona de pozos.

Se tienen contempladas en la plataforma, las preparaciones para recibir un puente de aproximadamente 100 metros de longitud, el cual puede proceder de una plataforma de producción futura o una de enlace; el puente será ubicado en el extremo SE, ejes 4-A, en el nivel (+) 62'- 8" (19.100 m). Se cuenta además con un pedestal para una grúa de 25 ton de capacidad, alineado con el eje "2". (Ver Plano No.1 en Anexo).

### **1.3.3.2 Subestructura.**

Es una estructura de tipo piramidal totalmente tubular, sus elementos principales son cuatro marcos trapezoidales paralelos, cada uno está formado por un par de piernas o columnas de acero de 50" de diámetro, el espacio entre cada una de ellas en su sentido longitudinal es de 40'- 0" (12.192 m) en la parte superior de la estructura.

Se cuenta con dos escaleras fijas, un sistema de pasillos para acceso en el nivel (+) 20'- 0" (6.096 m), dos embarcaderos y ocho defensas, guías para 18 conductores de 30" de diámetro localizados entre los ejes "1" y "2", los cuales penetran desde la cubierta inferior hasta 200'- 0" (60.96 m) bajo el lecho marino.

También se cuenta con seis camisas de succión de bombas: dos de 20" de diámetro con espesor de 0.375", para el sistema de agua de mar para servicios; dos de 24" de diámetro con espesor de 0.5", para el servicio de agua contra incendio y 2 de 20" de diámetro con espesor de 0.375" para el servicio de agua de mar para potabilizadora. Estas camisas se localizan entre los ejes longitudinales "A" y "B" y los ejes transversales "3" y "4". (Ver Plano No. 1 en Anexo).

El conjunto de piernas de los cuatro marcos transversales constituyen dos ejes longitudinales, espaciados entre sí 45'- 0" (13.716 m) en la parte superior de la estructura. El sistema de arriostamiento de los ejes verticales y las plantas, está formado por diagonales sencillas en forma de "X" y de "K". Las cuatro patas de esquina tienen doble pendiente y las piernas interiores tienen una pendiente sencilla.

La subestructura se apoya en el lecho marino, en el tirante de agua correspondiente a la localización de que se trate y está cimentada a base de pilotes, los cuales son hincados a través de las piernas. (Ver Fig. I.7).

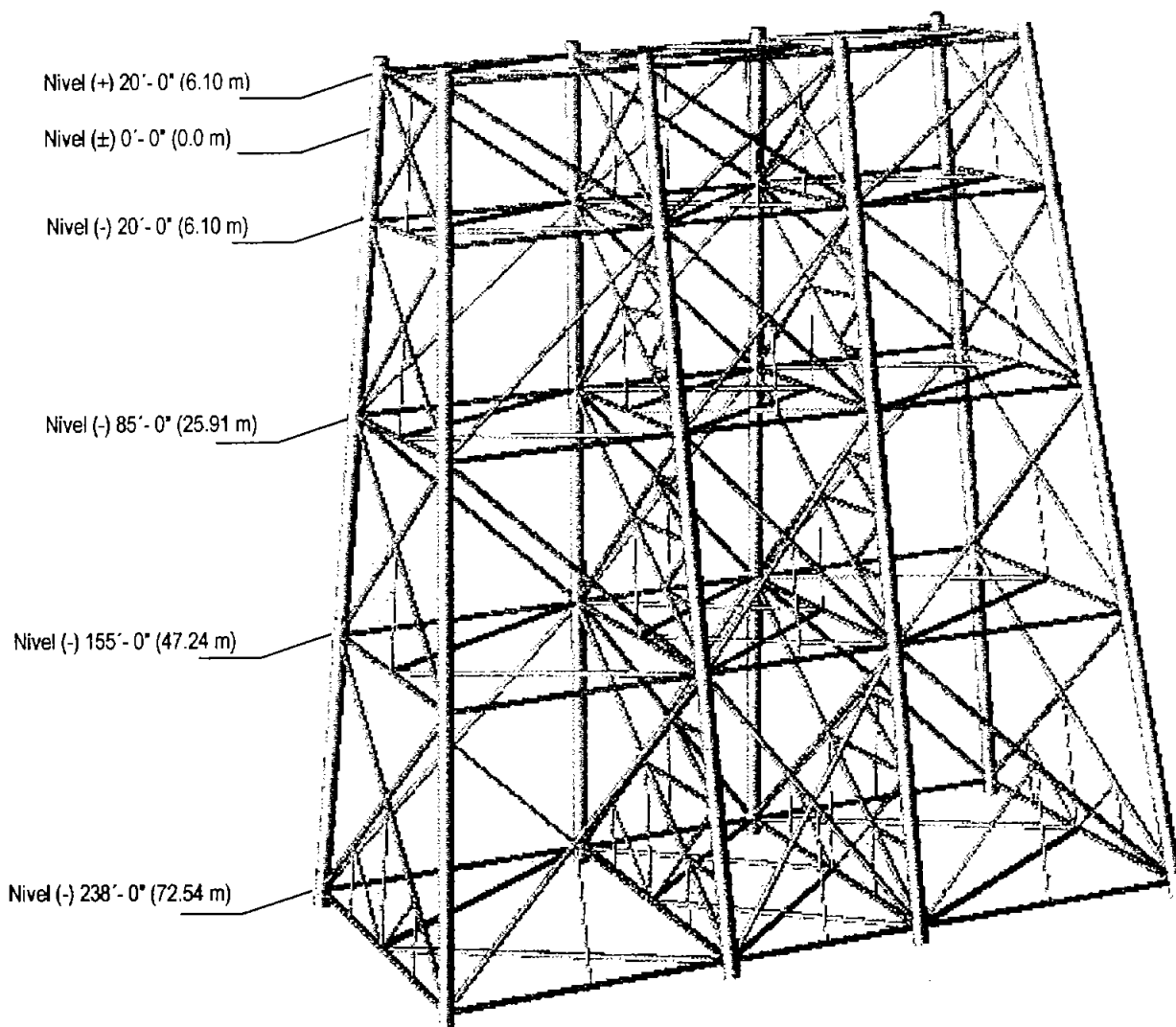


Fig. I.7 Isométrico de la Subestructura.

### I.3.3.3 Pilotes.

Los pilotes son de punta abierta de 48" de diámetro y son colocados de manera concéntrica en el interior de cada una de las piernas, hincándose desde la elevación (+) 24' - 0" (7.315 m) hasta que penetran dentro del suelo marino a la profundidad requerida, esto de acuerdo al sondeo geotécnico específico del lugar. Como material base se usa acero ASTM (American Society for Testing of Materials) A-36 y únicamente en los segmentos que están en las inmediaciones del lecho marino se utiliza acero ASTM A-537 Clase I ó ASTM A-633 Clase C ó D.

En la Fig. I.8 se muestra una Plataforma de Perforación (ubicada en la parte izquierda), conectada por medio de un puente a una Plataforma de Producción central, con un módulo habitacional.

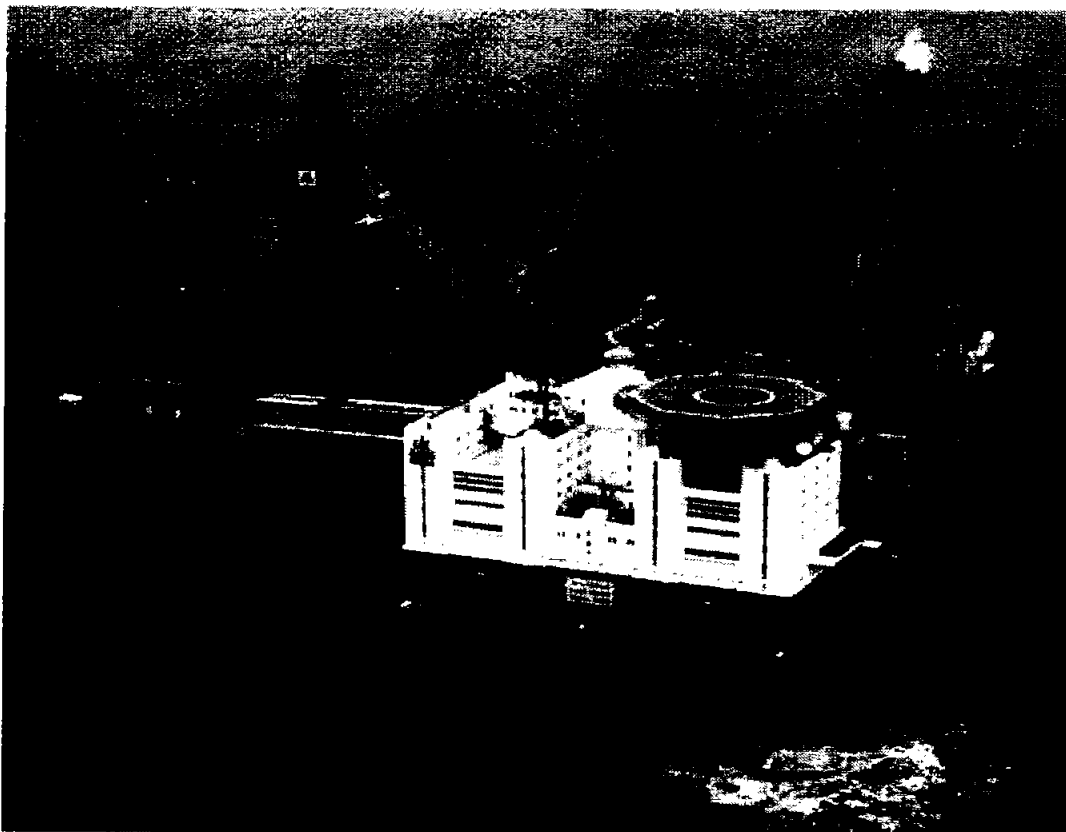


Fig. I.8 Plataforma de Perforación Conectada a Plataforma de Producción con Módulo Habitacional.

### I.3.4 Protección mecánica y catódica.

Para proteger los elementos estructurales de la plataforma contra la corrosión, se usan sistemas anticorrosivos. Estos sistemas son específicos para cada una de las diferentes zonas estructurales de cada uno de los niveles, teniéndose:

#### Zona de oleaje.

Todo elemento estructural localizado entre los niveles (-) 10'- 0" (3.048 m) y (+) 10'- 0" (3.048 m) respecto al N.M.B.M., se protege aumentando en 1/4" el espesor de pared requerido por diseño, también se aplica un recubrimiento epóxico especificación PEMEX RE-32-80, aplicando una limpieza previa con chorro de arena acabado tipo comercial norma PEMEX 3.132.01, por último se aplica un reforzamiento de película protectora "Tide Guard".<sup>(6)</sup>

#### Zona sumergida.

En esta zona se encuentran todos los elementos estructurales que se localizan entre el lecho marino y la zona de oleaje, además de los elementos que se encuentran en el suelo no consolidado del fondo marino. Este tipo de elementos se protege a base de un sistema de protección catódica, utilizando ánodos de sacrificio atomillados a la estructura.<sup>(6)</sup>

<sup>(6)</sup> Aplicación de Recubrimientos para Protección Anticorrosiva, Norma de PEMEX 3.132.01. PEMEX, México 1974. Pág. 36.

### **Zona seca.**

Esta zona comprende a todos los elementos estructurales que se localizan por arriba de la zona de oleaje, los cuales son protegidos con un recubrimiento primario especificación PEMEX RP-4-80 tipo A ó B, Norma 4.132.01, previamente se tiene que hacer una limpieza utilizando un chorro de arena a metal blanco Norma PEMEX 3.132.01 y un acabado epóxico especificación PEMEX RA-26-80 color amarillo 202, Norma 4.132.01. <sup>(6)</sup>

### **Boyas de amarre.**

Las boyas de amarre tienen la función de proporcionar un punto de amarre a los barcos abastecedores y son de acero estructural ASTM A-36, con un recubrimiento epóxico especificación PEMEX RE-32-74, Norma 4.132.01 y con un acabado epóxico color amarillo. Estas boyas son ancladas al lecho marino mediante un pilote de 70' - 0" (21.33 m) de longitud, a una distancia aproximada del embarcadero de 492' - 0" (150 m). Se instala una boya por embarcadero.

### **I.3.5 Equipo de proceso y servicios auxiliares.**

El desarrollo de la ingeniería de proceso considera la construcción y el diseño de los cabezales de producción general y medición de crudo en dos fases, además de tomar en cuenta los espacios y las preparaciones necesarias para la instalación de equipos, instrumentos y controles requeridos. Los servicios auxiliares que son demandados para la operación de la plataforma durante la etapa tripulada, son suministrados desde los embarcaderos, a excepción de la energía eléctrica, aire de instrumentos y de planta, que son generados en los paquetes de perforación; el agua de enfriamiento, el agua para potabilizadora y el agua contra incendio son generados en el piso de producción. <sup>(7)</sup>

La ingeniería de diseño, debe prever los espacios para la instalación de los equipos principales, así como de los sistemas de tuberías para su rápida interconexión y puesta en operación; por lo tanto se debe considerar normativo el arreglo típico de localización de equipo en el nivel de producción de plataformas de perforación. Los equipos que se tienen que instalar son los siguientes:

#### **Trampas de diablos.**

El servicio que presta este equipo, es para limpieza interior de la línea submarina. La trampa de diablos también denominada lanzador o receptor de diablos está formada por un arreglo de tuberías tipo "by-pass" (en derivación) en la que se introduce el "diablo", el cual es un dispositivo que sirve para eliminar la acumulación de materiales extraños que se fijan en las paredes interiores de las tuberías. Se hará la instalación de dos lanzadores de diablos del tipo horizontal. <sup>(7)</sup>

#### **Separador de prueba.**

La corriente de hidrocarburos producida por los pozos, compuesta por una mezcla de gases, hidrocarburos líquidos y agua, es hecha pasar por este equipo para lograr su separación. Es un tanque del tipo horizontal sometido a presión, con cabezas semielípticas. Su diámetro interior es de 8'-0" (2.438 m) y la longitud entre costuras de 20' - 0" (6.1 m). El equipo incluye un paquete de regulación de presión, control de nivel, medidor de gas, medidor de crudo, instrumentación completa, boquillas de entrada y salida de gas, crudo y agua. <sup>(7)</sup>



**Separador de producción.**

Al igual que el separador de prueba, es un tanque del tipo horizontal sometido a presión, con cabezas semielípticas. Su diámetro interior es de 13'- 0" (3.962 m) y la longitud entre costuras de 45'- 0" (13.716 m). Incluye también un paquete de regulación de presión, control de nivel, medidor de gas, medidor de crudo, instrumentación completa, boquillas de entrada y salida de gas, crudo y agua. (7)

**Depurador de gas a sistema de control.**

Este equipo es del tipo vertical y sirve para suministrar gas amargo al tablero hidroneumático de control de pozos. El fluido que maneja este equipo es gas amargo crudo, siendo su capacidad de 192.6 lt. Su diámetro exterior es de 12" (0.304 m) y la longitud entre costuras es de 9'- 0" (2.743 m). (7)

Los servicios considerados como auxiliares que son necesarios para una adecuada operación de la plataforma son:

**Sistema de agua contra incendio.**

Este sistema tiene como objetivo el de proporcionar agua de mar para controlar y extinguir cualquier conato de fuego en la plataforma. Está formado por dos bombas centrífugas tipo turbina vertical accionadas una con motor eléctrico y la otra con motor de combustión interna, para proporcionar agua a una red de tuberías, las cuales forman un anillo de distribución, del cual a su vez son alimentados equipos de distribución como hidrantes, monitores y sistemas de rociadores.

Este anillo cuenta a su vez con preparaciones para suministrar agua a la paquetería de perforación, además de contar con conexiones para suministro de agua contra incendio desde barcasas, en caso necesario. (7)

**Sistema de agua fresca.**

El equipo que compone este sistema se utiliza para suministrar agua tratada, la cual es usada en la preparación de lodos de perforación, siendo suministrada por medio de barcasas de aprovisionamiento. Las tuberías de abastecimiento son de 4" de diámetro y van desde los embarcaderos hasta la elevación (+) 92'- 3" (28.118 m) dejando una preparación para interconectarse a la paquetería de perforación. Este sistema es independiente del sistema de agua potable. (7)

**Sistema de agua potable.**

El servicio que presta este sistema es para consumo humano, siendo la fuente de suministro desde barcasas o un equipo de potabilización; las tuberías de abastecimiento son de 4" de diámetro, las cuales van desde los embarcaderos hasta llegar a dos tanques horizontales de almacenamiento de agua potable ubicados en la paquetería de perforación. (7)

Para la distribución se usan dos bombas del tipo centrífugas horizontales, con accionador eléctrico, mientras una opera la otra queda de relevo. Este servicio es también proporcionado por un equipo de potabilización que se encuentra ubicado en la paquetería de perforación y es alimentado por dos bombas centrífugas tipo vertical. (7)

**Sistema de agua de mar para servicios.**

El objetivo de este sistema es el de proporcionar agua de mar para el enfriamiento de los motores de los generadores de corriente eléctrica, de la paquetería de perforación. También proporciona agua a seis estaciones de servicio ubicadas en el piso de perforación. El suministro es a base de dos bombas tipo vertical accionadas con motor eléctrico. El sistema de distribución es a base de tuberías de 8" o 10" de diámetro, dependiendo del equipo de perforación que se utilice. (7)

**Sistema de abastecimiento de lodo y cemento.**

Este sistema proporciona fluidos de perforación a la paquetería, directamente de los embarcaderos, por lo que la fuente de suministro es a base de barcazas. El sistema de distribución es por medio de tuberías de 6" de diámetro; estas tuberías van desde cada uno de los embarcaderos hasta el nivel (+) 92' - 3" (28.118 m). Se consideran cambios de dirección de cinco diámetros como mínimo, así como puntos de purga en las zonas de cambio de dirección y válvulas de seccionamiento. En las líneas, en sus tramos horizontales se cuenta con una pendiente mínima hacia los puntos de purga, para facilitar la limpieza. (7)

**Sistema de abastecimiento de diesel.**

El objetivo de este sistema es abastecer de combustible a las máquinas en la paquetería de perforación y a la bomba de agua contra incendio. La fuente de suministro es a base de barcazas, mientras que el sistema de distribución se hace por medio de tuberías de 4" de diámetro, que parten desde los embarcaderos y llegan hasta el nivel (+) 92' - 3" (28.118 m). (7)

**Drenajes atmosféricos.**

Este servicio sirve para recolectar y recuperar el aceite que no genera vapores de crudo, consta de un recipiente colector con una capacidad de 2 m<sup>3</sup>, ubicado en el nivel 62' - 8" (19.100 m). Su recuperación es por medio de tuberías a través de las cunetas de los equipos y de los cabezales recolectores. (7)

**Drenajes a presión.**

Sirve para recolectar las purgas de aceite y gas de los separadores de prueba y de producción, de los cabezales de crudo y de las trampas de diablos. Durante la etapa "tripulada" las purgas de aceite y gas se integran al cabezal de un quemador provisional; durante la etapa "no tripulada" se hace la instalación de un quemador para este servicio. (7)

**Tablero de control de pozos con válvulas motorizadas e interruptores para el Sistema de Control y Adquisición de Datos Automáticos (S.C.A.D.A.).**

Este sistema recibe señales hidroneumáticas del tablero de control de pozos y a través de un contacto (on-off), puede transmitir estas señales hacia una caja de interconexión y retransmitir las señales del S.C.A.D.A. Las dimensiones de este tablero son 2.20 m de largo x 1.9 m de alto x 0.70 m de ancho. (7)

**Tablero hidroneumático de control de pozos.**

El objetivo de este servicio es accionar por medio de señales de alta o baja presión en el cabezal de producción, a las válvulas automáticas de corte de los pozos en producción. (7)

**Quemador para prueba de pozos.**

Consta de un quemador tipo Otis. El soporte del quemador tiene un pedestal, el cual se encuentra instalado en el nivel (+) 62' - 8" (19.100 m), localizado en la pierna 1-B. Se utilizan varias tuberías: una tubería de 4" de diámetro para aceite, una tubería para agua de enfriamiento de 3" de diámetro, una tubería para quemar de 3" de diámetro y una tubería para aire de 2 1/2" de diámetro. <sup>(7)</sup>

**Aire de planta y aire de instrumentos.**

Estos servicios son suministrados por la paquetería de perforación, durante la etapa "tripulada". El aire de planta es proporcionado a dos estaciones de servicio y a los embarcaderos. El aire de instrumentos es proporcionado al tablero hidroneumático de control de pozos. <sup>(7)</sup>

En el Plano No. 1 incluido en el Anexo, se puede ver un arreglo general del equipo utilizado en una plataforma marina de perforación petrolera tipo, instalada en la Sonda de Campeche.

---

<sup>(7)</sup> Manual de Procedimientos de Ingeniería de Diseño PEMEX SPCO, México 1990. Pág. 52, 53, 54, 55 y 56.

## **CAPÍTULO II PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

### **II.1 Clasificación de incendios.**

Un incendio o fuego es el fenómeno de combustión, que puede definirse como la oxidación rápida de un combustible, con desprendimiento de energía en forma de luz, flama y calor. Se puede decir que es un fenómeno destructivo no controlado, de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

Este fenómeno de combustión normalmente es un proceso de reacción exotérmica, que involucra un combustible en su fase condensada o gaseosa, o ambas. El proceso es generalmente (pero no necesariamente) asociado con la oxidación de un combustible por un comburente, el comburente más común es el oxígeno atmosférico. La combustión en la fase condensada es generalmente referida como una combustión incandescente. Si el proceso está confinado en forma tal, que ocurre una elevación apreciable de presión, es llamada una explosión. Si la onda de combustión se propaga a una velocidad supersónica, este proceso es llamado detonación.

El primer paso para combatir un incendio correctamente es saber seleccionar el agente extintor adecuado para ese tipo de incendio. Es por esto que los fuegos se han clasificado, en cuatro tipos básicos, de acuerdo con los materiales combustibles que los alimentan. Estas clases de incendio se denominan con las letras "A", "B", "C" y "D".<sup>(8)</sup>

#### **Incendios Clase "A".**

Estos incendios ocurren en materiales combustibles sólidos ordinarios, tales como madera, telas, plástico, papel, caucho, y en general materiales que se caracterizan porque conforme se queman, se les van formando grietas, dejando además residuos como brasas y cenizas. Su extinción es lograda mediante los efectos de enfriamiento y absorción de calor, siendo el agente extintor más usado el agua o alguna solución que la contenga en grandes porcentajes, tal como soluciones de agua-espuma. También se puede recurrir al uso de polvo químico seco llamado ABC, el cual se utiliza con buenos resultados para abatir las flamas rápidamente, formando una capa en la superficie de estos materiales, que tiende a impedir una combustión posterior.

#### **Incendios Clase "B".**

Los incendios de la clase "B" son aquellos que se presentan al incendiarse la mezcla de los vapores inflamables que se desprenden de la superficie de los líquidos combustibles o inflamables, con el oxígeno, estos líquidos inflamables pueden ser gasolinas, aceites, pinturas, lacas, grasas, solventes, y en general combustibles líquidos y gases inflamables derivados del petróleo. Para extinguir este tipo de fuegos o evitar la combustión, es necesario lograr un efecto de sofocamiento e inhibidor, reduciendo la cantidad de aire (oxígeno). No resulta apropiado el uso de agua en forma de chorro para extinguir estos incendios, ya que generalmente se esparce el líquido y el fuego se extiende, por lo cual es peligroso este método para combatir tal clase de incendios. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias puede resultar efectivo utilizar el agua en forma de neblina. Para el combate de estos incendios es indicado el empleo de polvo químico seco, bióxido de carbono, halon, y espuma, su selección depende de las características del fuego.

<sup>(8)</sup> Standard for Portable Fire Extinguishers, National Fire Protection Association, NFPA 10, E.U.A. 2002. Pag. 52, 53, 54.

### **Incendios Clase "C".**

Los incendios clase "C", son aquellos que ocurren en o cerca de equipo eléctrico energizado, es decir, equipo eléctrico que se encuentra en funcionamiento, como puede ser maquinaria y cableado eléctrico bajo tensión. Para combatir este tipo de incendios deben usarse agentes extintores no conductores, tales como los polvos químicos secos, bióxido de carbono y halon. La espuma o chorros de agua no deben usarse ya que ambos son buenos conductores de la electricidad y exponen al operador a una fuerte descarga eléctrica.

### **Incendios Clase "D".**

Los incendios clase "D" se presentan en cierto tipo de metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio. Para el control de los fuegos en combustibles metálicos se han desarrollado técnicas especiales y equipos de extinción generalmente a base de cloruro de sodio con aditivos de fosfato tricálcico o compuestos de grafito o coque. Para combatir este tipo de incendios no deben usarse los extinguidores comunes, ya que en la mayoría de los casos se aumenta la intensidad del fuego, debido a una reacción química entre el agente y el metal ardiendo. La eficacia de los extinguidores portátiles especiales para este tipo de fuego es particularmente importante, ya que aún tratándose de extinguidores para uso en fuegos clase D, éstos no son igualmente efectivos en fuegos con diferentes metales combustibles.

## **II.2 Importancia de la protección contra incendios.**

Un incendio no es entendido por la mayoría de la gente como una amenaza personal, considerándolo como un evento con una probabilidad muy remota, de ahí su indiferente actitud hacia éste; sólo cuando se presenta causando daños y destrucción es cuando se reconoce su existencia.

La aplicación de la tecnología de protección contra incendio para salvaguardar la vida e instalaciones, normalmente resulta con un alto costo, por lo que frecuentemente resulta más atractivo una protección parcial o mínima que proteger una instalación dada en forma total. Esta decisión debe considerar su costo en relación a las posibles pérdidas materiales por un incendio y las pérdidas humanas, que son invaluable.

Las instalaciones marinas involucradas en el manejo y producción de hidrocarburos ya sean líquidos o gaseosos pueden tener grandes riesgos de incendio y de seguridad, los cuales están asociados con su forma de operación.

La plataforma marina es una instalación compacta, aislada y ocupada por gente. Por lo que se requiere un diseño combinado de sistemas manuales y automáticos, los cuales puedan proporcionar el nivel de protección necesario para el personal, el equipo y las instalaciones.

Cualquier complejo petrolero ubicado en la Bahía de Campeche es un conjunto de plataformas entre las cuales se pueden encontrar plataformas de perforación, de enlace, de rebombeo, de producción e instalaciones habitacionales. Cada una de estas plataformas contienen riesgos únicos y característicos.

Los requerimientos de protección para un riesgo específico están basados en recomendaciones de los códigos y normas aplicables; pero el diseño final debe estar basado en un buen juicio de ingeniería. Por lo que el mismo riesgo en diferentes circunstancias puede requerir una protección totalmente diferente.<sup>(9)</sup>

<sup>(9)</sup> El fuego. Módulo 2. Instituto Superior Federico Grote. España 2003. Pág. 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

Identificar las plataformas como áreas de operación con gente o sin ella es esencial para definir los requerimientos apropiados de protección contra incendio. La seguridad del personal de operación es el objetivo primario de cualquier diseño de protección contra incendio, por lo que una plataforma tripulada requiere un mayor grado de protección.

Por lo anterior, es de primordial importancia que las operaciones en estas plataformas sean conducidas de tal forma que suministren un adecuado nivel de protección y de seguridad al personal y a las instalaciones, además de tratar de evitar al máximo cualquier contaminación al medio ambiente, por lo que el principal propósito de los sistemas de protección contra incendio es detectar e identificar rápidamente una situación de fuego desde su inicio incipiente, advertir a todo el personal ubicado en las plataformas y controlar el problema antes de que se presente como un riesgo significativo, tanto para el personal como para las instalaciones mencionadas.

En las plataformas marinas es muy importante tener un sistema contra incendio que sea rápido y efectivo, esto por tres principales razones:

- Una vez que el acero alcanza una temperatura mayor de 550°C (1022°F), comienza a deformarse y luego eventualmente se colapsa.
- Un fuego de hidrocarburos puede alcanzar temperaturas en exceso de 1000°C (1832°F) en tan sólo 5 minutos.
- Los fuegos de hidrocarburos presentan una amenaza a la vida humana y a los activos fijos.

La Fig II.1 muestra la extinción de un incendio en una plataforma marina.



Fig. II.1 Extinción de un Incendio en una Plataforma Marina.

### II.3 Causas que provocan un incendio.

La combustión es uno de los fenómenos de la naturaleza que ha sido objeto de intensas investigaciones para su aprovechamiento y una adecuada utilización como agente energético. Cuando la combustión es producto de un incendio, no brinda utilidad y se convierte en un agente devastador que puede acabar con vidas humanas, equipos, propiedades y causar pérdidas de tiempo de operación; todo lo anterior se traduce en pérdidas económicas.

La combustión es una oxidación que ocurre muy rápidamente y se origina cuando se une el oxígeno a una sustancia o un material combustible; cuando esta unión se efectúa, muchas veces ocurre a una gran velocidad y se produce calor, lo que puede originar que se produzca fuego; si la oxidación ocurre lentamente, el calor se disipa antes de que pueda ser perceptible al tacto.

La combustión necesita altas temperaturas, por lo tanto las reacciones que se producen deben ocurrir de forma muy rápida para que se genere calor a una velocidad mayor de la que se disipa, de modo que la zona de reacción no se enfríe. Si se hace algo para alterar este equilibrio de calor, como aplicar un refrigerante, es posible que ya no se pueda producir la combustión.

El proceso de combustión puede describirse como una reacción química de oxidación-reducción, exotérmica y autoalimentada, la cual se cumple a una temperatura elevada y con evolución de suficiente calor que pueda mantener la mínima temperatura necesaria para que la reacción prosiga. El proceso está generalmente asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz, a esta emisión de luz se le nombra "llama".

Una llama se produce cuando arde un cuerpo sólido y parte del calor de la llama se transmite al combustible sólido haciendo que se evapore, esta evaporación puede producirse con o sin descomposición química de las moléculas, si existe descomposición química, la reacción se llama pirólisis. La llama es una reacción de oxidación en fase gaseosa que se produce en una zona mucho más caliente que sus alrededores, y que generalmente produce luz.

Existe un modo de combustión que no produce llama y se denomina combustión incandescente. Este tipo de combustión se limita a materiales porosos que pueden formar una escoria carbonosa al calentarse. El oxígeno del aire se propaga lentamente entre los poros del material y dentro del mismo se produce una zona de reacción brillante, aunque este brillo no se vea desde el exterior.

Estos materiales porosos son malos conductores del calor, de modo que aunque la reacción de combustión se produce lentamente, conservan suficiente calor en la zona de reacción para mantener la temperatura necesaria para que la reacción continúe.

Como resultado de la combustión se tiene el fuego, los que tienen buena ventilación liberan menos humo que los que tienen una ventilación deficiente, esto es porque el aire circundante se mezcla rápidamente con los productos combustibles no incendiados antes de que los vapores del combustible se enfríen.

En los fuegos que tienen una ventilación deficiente los vapores del combustible no disponen de aire suficiente para su combustión completa, por lo que se libera gran cantidad de humo y gases de la combustión incompleta. <sup>(10)</sup>

---

<sup>(10)</sup> Sistemas Fijos para Protección Contra Incendio. Petróleos Mexicanos. México 1977. Pág. 18, 19, 20, 21, 22 y 23.

### II.3.1 Triángulo del fuego.

Para que se pueda generar fuego se necesita "combustible" que entre en contacto con el "oxígeno" (comburente) y con una fuente de "energía-calor".

De esta forma podemos ver que el proceso de combustión necesita algunos factores primordiales como: presencia de combustible, calor y oxígeno. Si alguno de estos componentes no estuviera presente, no podría existir la combustión. Además debe existir el calor suficiente para vaporizar parte del combustible y este vapor generado se pueda mezclar con el oxígeno existente en la atmósfera, formando una mezcla inflamable que sólo necesitaría una fuente de ignición para poder inflamarse. Para que este proceso se pueda mantener, el fuego que se produce debido a la combustión, debe generar suficiente calor para que se siga vaporizando parte del combustible y que este a su vez se mezcle con el oxígeno para que se inflamen.

El fenómeno del fuego se puede representar por un triángulo equilátero, en el que cada lado representa cada uno de los componentes: combustible, calor y oxígeno. A esta representación se le denomina "Triángulo del Fuego".

Si cualquiera de los tres lados del "Triángulo del Fuego" es retirado o no está presente en la proporción adecuada, el incendio no podrá existir. Esta es la base sobre la que se apoya la prevención y extinción de incendios: el combate a los mismos consiste en romper el triángulo del fuego.

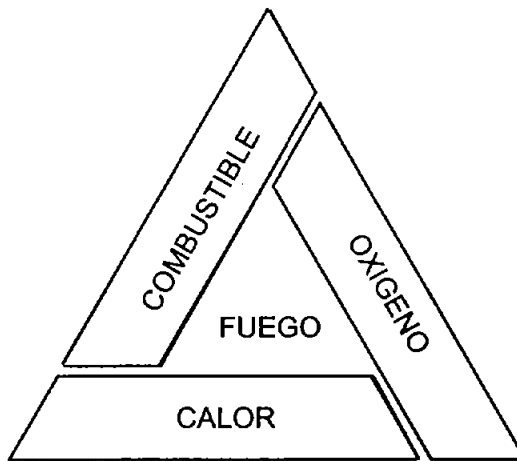


Fig. II.2 Triángulo del Fuego.

Para que la combustión pueda ser autoalimentada, la cantidad de calor generada por la combustión de los gases combustibles y los elementos adyacentes, debe ser mayor o al menos igual a la que está consumiendo el frente de llama para que se genere el desprendimiento de suficiente cantidad de gases combustibles.

El combustible es en sí un material que reduce a un agente oxidante cediéndole electrones a este último. Puede encontrarse en cualquier estado de agregación ya sea sólido, líquido o gaseoso; pero lo que arde son los vapores combustibles que se desprenden durante la combustión. Por lo que el combustible se puede encontrar en cualquiera de estos estados.



### Combustibles sólidos.

Por orden de potencial calorífico, los combustibles sólidos más comunes son: el carbón, el coque, la madera, la turba y materiales plásticos como PVC, nylon, acetatos, etc. El calentamiento de estos materiales provoca la descomposición del combustible y la formación de materias volátiles (neblina finamente dividida), que arden en presencia de una fuente de energía o calor con una llama tiznosa. Los residuos de sólidos carbónicos arden dependiendo de la difusión de oxígeno en su superficie. Esta combustión precisa una temperatura en la superficie que oscile entre 400 y 800 °C, que puede conseguirse por la radiación del calor procedente de un objeto o medio de temperatura elevada. Para que se pueda quemar este tipo de combustibles el aire debe ir atravesando el combustible sólido, manteniéndose así la temperatura necesaria, por lo que la relación oxígeno-combustible es muy importante y depende del tipo de combustible empleado. Por ejemplo, 1 kg de carbón común bituminoso requiere un mínimo de 11 kg de aire para completar la combustión. <sup>(1)</sup>

### Combustibles líquidos.

Los combustibles líquidos más comunes son el fuel-oil, la gasolina y las naftas derivadas del petróleo; les siguen en importancia el alquitrán de hulla, el alcohol y el bencol obtenidos en el proceso de elaboración de coque. Para que estos combustibles puedan arder, es necesario que el combustible se evapore y se transforme en gas. Por ejemplo, en un motor de combustión interna de ciclo Otto, los combustibles volátiles como la gasolina o las mezclas de alcohol y gasolina (gasolina reformada) se evaporan y la mezcla penetra en el cilindro del motor, donde la combustión se provoca con una chispa. En el caso de estos combustibles se necesitan entre 16 y 23 kg de aire para la combustión de 1 kg de combustible. <sup>(1)</sup>

### Combustibles gaseosos.

Este tipo de combustibles ya se encuentran en estado gaseoso, por lo que sólo necesitan oxígeno y una fuente de energía para arder. A los combustibles gaseosos como el gas natural, el gas refinado o los gases manufacturados, se les añade aire antes de la combustión para proporcionarles una cantidad suficiente de oxígeno. La mezcla de aire y combustible surge del quemador a una velocidad mayor que la de la propagación de la llama, evitando así el retroceso de ésta al quemador, pero permitiendo el mantenimiento de la llama en éste. Estos combustibles, en presencia de poco aire, arden con llamas relativamente frías y humeantes. Cuando el gas natural arde en el aire alcanza temperaturas que superan los 1,930 °C. <sup>(1)</sup>

Por lo tanto, para que se pueda llevar a cabo la combustión y se produzca fuego se necesita:

- 1) Combustible: El cual para poder quemarse se debe encontrar en forma gaseosa cuando se trata de un líquido, o en forma de neblina finamente dividida en caso de tratarse de un sólido.
- 2) Calor: El cual será suministrado por una fuente de energía y que aplicado al combustible eleva su temperatura con el consecuente desprendimiento de vapores combustibles, hasta alcanzar una temperatura suficiente para iniciar el proceso químico de la combustión.
- 3) Oxígeno: El cual será proporcionado por el aire del medio ambiente y que mezclado en la proporción adecuada con el vapor combustible formará la mezcla que podrá ser incendiada.

---

<sup>(1)</sup> Standard for Foam Extinguishing, Systems, National Fire Protection Association, NFPA 11, E.U.A. 2002. Pag. 29, 30, 31.

No hay que confundir entre calor y fuente de ignición. En ambos casos se trata de generar energía, pero una fuente de calor debe ser suficiente para evaporar un líquido o pirolizar un sólido; y una fuente de ignición sólo debe tener la energía necesaria para encender la mezcla de gases inflamables, y se puede considerar con un valor energético menor.

Entonces para que se pueda iniciar la combustión de los gases inflamables hay que elevar la temperatura de los mismos hasta su temperatura de ignición y después acercarle una fuente de ignición; para que se siga manteniendo el proceso de combustión sin necesidad de una fuente de ignición, es necesario elevar la temperatura de los gases inflamables hasta su temperatura de inflamación.

En algunos casos la mezcla de gases inflamables se enciende espontáneamente sin necesidad de una fuente de ignición, esto debido a que la mezcla de los gases inflamables alcanzó su temperatura de autoinflamación, esta temperatura suele ser muy superior a las anteriores.

Como ejemplo en la Tabla II.1 se muestran algunos productos con sus respectivas temperaturas de ignición y autoinflamación.

PRODUCTO	TEMPERATURA DE IGNICIÓN (°C)	TEMPERATURA DE AUTOINFLAMACION (°C)
Aceite castor	229	448
Acetato de metilo	9	501
Alcohol etílico	21	378
Eter isopropílico	27	463
Keroseno	37	254
Nafta	7	260

Tabla II.1 Temperaturas de Ignición y Autoinflamación de Algunos Productos.<sup>(9)</sup>

Para que se pueda generar el fuego se necesita además del calor suficiente para alcanzar la temperatura de ignición, que la relación combustible-oxígeno esté dentro de los límites de inflamabilidad, esto es dentro del rango inflamable, el cual está delimitado por el límite inferior de inflamabilidad (LII) y por el límite superior de inflamabilidad (LSI), tal como se muestra en la figura II.3.

LII = Límite Inferior de Inflamabilidad (Límite mínimo).

LSI= Límite Superior de Inflamabilidad (Límite máximo).



Fig. II.3 Límites Superior e Inferior de Inflamabilidad.<sup>(9)</sup>

Los límites de inflamabilidad son los límites máximo y mínimo de la concentración de un combustible dentro de un medio oxidante. Si la mezcla combustible-oxígeno no se encuentra dentro del rango inflamable, la combustión no se puede llevar a cabo.

En la Tabla II.2 se muestran los límites superior e inferior de algunas sustancias.

SUSTANCIA	LII % DE COMBUSTIBLE EN AIRE	LSI % DE COMBUSTIBLE EN AIRE
Gas natural	3.8	13.0
Gasolina	1.4	7.6
Keroseno	0.7	5.0
Monóxido de carbono	12.5	74.0
Propano	2.2	9.5

Tabla II.2 Límites Superior e Inferior de Algunas Sustancias. <sup>(9)</sup>

### Transferencia de calor.

La transferencia de calor es el proceso por el que se intercambia energía calorífica entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura.

El calor puede transferirse de tres formas: por conducción, por convección y por radiación. La conducción es la transferencia de calor a través de un objeto sólido: es lo que hace que el asa de un atizador se caliente aunque sólo la punta esté en el fuego. La convección transfiere calor por el intercambio de moléculas frías y calientes: es la causa de que el agua de una tetera se caliente uniformemente aunque sólo su parte inferior esté en contacto con la llama. La radiación es la transferencia de calor por radiación electromagnética (generalmente infrarroja): es el principal mecanismo por el que un fuego calienta la habitación.

Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos, (ver Fig II.4).



Fig. II.4 Transferencia de Calor. <sup>(12)</sup>

<sup>(12)</sup> Enciclopedia Encarta, Microsoft

La Ley Cero de la Termodinámica establece que si dos sistemas distintos están en equilibrio termodinámico con un tercero, entonces también estarán en equilibrio entre sí. Pero si uno de estos sistemas se pone en contacto con un entorno que se encuentra a una temperatura distinta, los sistemas acabarán alcanzando el equilibrio termodinámico, es decir llegarán a adquirir la misma temperatura de su entorno.

### **II.3.2 Fuentes de ignición.**

Es el proceso de encendido de una sustancia combustible. Se produce cuando la temperatura de una sustancia se eleva hasta el punto en que sus moléculas reaccionan espontáneamente con el oxígeno, y la sustancia empieza a arder. Esta temperatura se llama temperatura de ignición o punto de ignición.

Una fuente de ignición sirve como el elemento iniciador para el proceso de un incendio, siempre y cuando se cuente con una mezcla apropiada de vapor inflamable-oxígeno. Después de iniciado dicho incendio, el calor generado en el mismo proporcionará la energía requerida para continuar con la reacción química considerando que el combustible y el aire se encuentran presentes en la proporción adecuada.<sup>(13)</sup>

Como ejemplos de los tipos generales de fuentes de ignición se tienen los siguientes:

#### **Flama.**

Cuando los combustibles comunes son quemados, se desprende energía en forma de calor. Este fenómeno es generalmente acompañado por una luminosidad llamada flama. Algunos ejemplos de flamas que pueden estar presentes en una plataforma marina son las siguientes: quemadores, calentadores de fuego directo, soldadura y corte con soplete de oxígeno, calentamiento y preparación de alimentos.

#### **Chispas y arcos eléctricos.**

Una chispa es la descarga de una corriente eléctrica a través de un espacio entre dos cuerpos cargados. Aunque la electricidad estática y el relámpago son formas de chispas eléctricas, son listadas como fuentes de ignición separadas para enfatizar su importancia. Las chispas eléctricas ocurridas en las instalaciones de suministro eléctrico están por arriba de la temperatura de ignición y generalmente encenderán una mezcla inflamable, por que la intensidad de la chispa y su duración produce suficiente calor para iniciar la combustión.

Un arco eléctrico aparece cuando un circuito eléctrico que conduce corriente es interrumpido, ya sea por causas intencionales o por accidente. La corriente eléctrica la cual está fluyendo a través de un contacto, tratará de seguir circulando cuando ese flujo es interrumpido. La misma carga viajará más a través de un espacio como un arco que como una chispa, por esta razón la apertura de interruptores es más peligrosa que cerrarlos.

Algunas fuentes de chispas y arcos eléctricos pueden ser las siguientes: motores eléctricos y generadores, interruptores y otros componentes que abran y cierren circuitos eléctricos bajo condiciones normales de operación, alambrado y equipo eléctrico defectuosos, soldadura con arco eléctrico, baterías, motores de combustión interna con sistema eléctrico para arranque, instalaciones de alumbrado, etc.

---

<sup>(13)</sup> Sistemas Fijos para Protección Contra Incendio. Petróleos Mexicanos. México 1977. Pág. 86, 87, 88, 89 y 90.

### **Superficies calientes.**

Las superficies calientes son una fuente de ignición si su tamaño y emisión de calor son suficientes. Algunas superficies calientes consideradas como fuentes de ignición incluyen las siguientes: escorias de soldadura, chimeneas de escape de gases calientes, equipo de proceso y tuberías calientes, dispositivos eléctricos de alta temperatura tales como lámparas incandescentes, calor debido a fricción tal como rodamientos no lubricados, calentamiento y preparación de alimentos, partículas de metal caliente en forma de chispas.

### **Chispas eléctricas estáticas.**

Si dos objetos están en contacto físico y posteriormente son separados, éstos algunas veces acumulan una carga eléctrica ocasionada por fricción o inducción. Cargas eléctricas similares pueden ser generadas por flujo rápido de gases o líquidos. Si los objetos no están aterrizados, pueden acumular suficiente carga eléctrica de tal forma que puede ocurrir un chispazo. Estas chispas eléctricas estáticas son normalmente de muy corta duración y no producen suficiente calor para incendiar materiales combustibles ordinarios, tal como papel. Sin embargo algunos chispazos son capaces de incendiar vapores inflamables y gases. Esta situación es más común en una atmósfera seca. Las chispas eléctricas estáticas pueden ser un problema en situaciones como las siguientes: manejo de combustibles, llenado de contenedores, tanques y recipientes a presión, velocidades altas en la salida de fluidos, transmisiones con banda, operaciones de limpieza con chorros de arena, limpieza con vapor.

### **Calor generado mecánicamente.**

El calor generado mecánicamente, es el calor de fricción. Se genera cuando dos superficies rozan entre sí. La fricción transforma la energía mecánica en energía calorífica y esta energía calorífica puede llegar a ser tan alta que pueda iniciar la combustión de gases inflamables.

### **Energía solar.**

La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es de aproximadamente unas 2 cal/min/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0.2% en un periodo de 30 años.

El calor radiante de los rayos solares puede concentrarse sobre materiales combustibles mediante una lupa, una botella, un vaso de agua, el cristal de una ventana y prácticamente a través de cualquier objeto transparente. Si los gases inflamables alcanzan su temperatura de ignición, el calor solar puede llegar a inflamarlos.

### **Combustión espontánea.**

En la naturaleza existen sustancias que son inestables y que reaccionan cuando se mezclan con otra sustancia, generando luz y calor. Un ejemplo de estas sustancias es el sulfato ferroso, el cual al extraerlo y ponerlo en contacto con el aire arde; por lo que este tipo de sustancias deben estar ubicadas en un lugar donde no representen ningún peligro. También en ocasiones la temperatura de ignición de un sistema es inferior a la temperatura ambiente, en estos casos sólo basta poner en contacto las sustancias reaccionantes.

## **Rayos.**

El rayo es una descarga eléctrica que se produce entre varias nubes o entre una de estas nubes y la tierra. La descarga es visible con trayectorias sinuosas y de ramificaciones irregulares, a veces de muchos kilómetros de distancia. Los rayos pueden alcanzar muy altas temperaturas en cualquier material de alta resistencia que se le interponga. Dichos rayos tienden a descargar en puntos altos tales como antenas y quemadores elevados.

## **Calor de compresión.**

Si una mezcla inflamable es comprimida rápidamente se incendiará cuando el calor generado por la acción de compresión sea suficiente para elevar la temperatura del vapor a su punto de autoinflamación. Por ejemplo en un motor diesel, cuando el aire que se encuentra dentro de la cámara de combustión es comprimido a una fracción mínima de su volumen, alcanza temperaturas de hasta 440°C.

## **Reacciones químicas.**

En una reacción química se combinan dos o más sustancias para formar otras nuevas. Algunas reacciones químicas para que tengan lugar requieren aportación de calor (endotérmicas), otras desprenden calor cuando tienen lugar (exotérmicas). En este caso puede generarse calor suficiente para calentar o encender mezclas inflamables, si cualquiera de las sustancias originales o productos de la reacción son combustibles, también pueden resultar inflamados.

## **Calor generado eléctricamente.**

En ocasiones el calor producido por cableado de equipos eléctricos, puede llegar a ser tan alto, que llegue a prender gases inflamables que pudieran encontrarse cerca, por lo que este tipo de calor provoca un gran número de fuegos. Dentro de los equipos que se deben de tener en cuenta se pueden citar: transformadores, tableros eléctricos, cables, interruptores, lámparas eléctricas, motores eléctricos y soldadoras eléctricas.

### **II.3.3 Las etapas de un fuego.**

Un fuego se desarrolla en cuatro etapas básicas, teniéndose:

a) Etapa incipiente.

La combustión de un material sólido produce grandes cantidades de partículas invisibles. Estas son partículas sólidas y líquidas (en forma de aerosol) compuestas de carbono, vapor de agua y otros gases. Esta etapa del fuego involucra solamente materiales sólidos.

b) Etapa de humo.

Cuando un fuego en un combustible sólido continúa hasta desarrollarse, alcanza la etapa de humo. La combustión se incrementa hasta un punto donde el volumen y masa reunidos de las partículas son visibles. En esta segunda etapa, el calor generado puede ser insuficiente para mantener una combustión continua.

## c) Etapa de flama.

La etapa de flama es alcanzada cuando una cantidad suficiente de calor es generada para incendiar los gases y partículas combustibles liberadas por la descomposición térmica del sólido. En esta etapa, un fuego se vuelve auto-sostenido. Debido a que los líquidos inflamables y gases son volátiles, las flamas se desarrollarán inmediatamente.

## d) Etapa de calor.

La cuarta y etapa final de un fuego es la etapa de calor que rápidamente sigue a la etapa de flama. Este calor es el resultado de la energía liberada por la reacción exotérmica del fuego.

En la Fig. II.5 se muestran las cuatro etapas de un fuego.

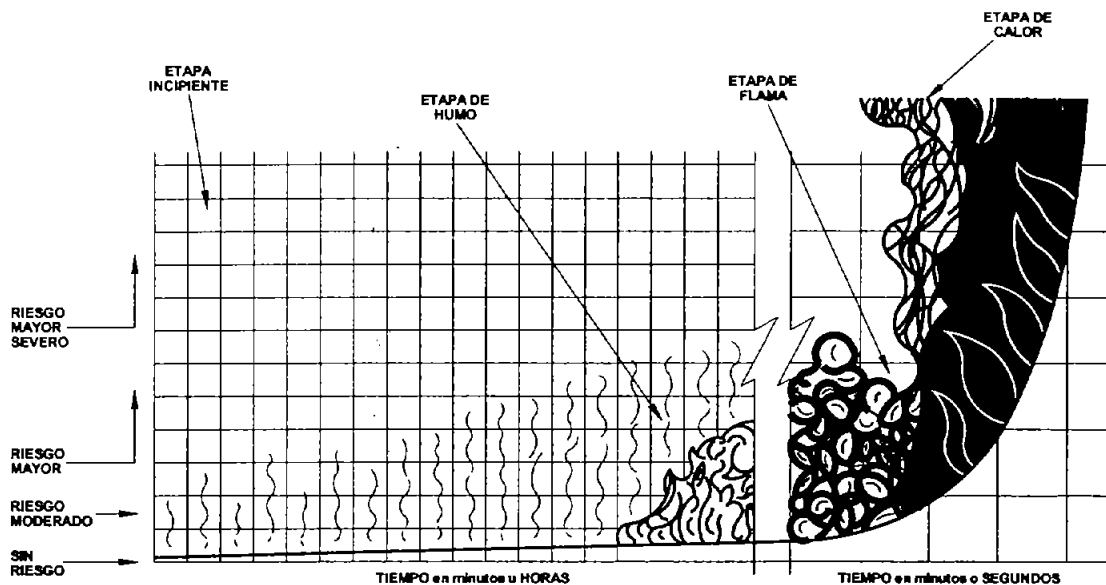


Fig. II.5 Las Cuatro Etapas de un Fuego. (15)

## II.4 Prevención y extinción de incendios.

Como se mencionó anteriormente, para que pueda existir un fuego se requiere la presencia de tres elementos: calor, combustible y oxígeno; también es de observarse que si uno de estos elementos no está presente, no es posible que pueda existir la combustión. Por lo que es muy fácil deducir que para extinguir un fuego, lo único que hay que hacer es eliminar uno o más de estos tres elementos. Para la prevención y extinción de incendios sólo se tiene que romper el "Triángulo del Fuego", ya que si éste está incompleto, el fuego no puede producirse, siendo ésta la base sobre la que se apoya la prevención y extinción de incendios. Por lo anterior, se cuenta con los siguientes métodos para el combate de incendios:

- Extinción por enfriamiento.
- Extinción por sofocamiento.
- Extinción por eliminación del combustible.

### **Extinción por enfriamiento.**

Para incendios de materiales combustibles ordinarios es el método más usado; consiste en eliminar el calor generado por el combustible, por lo que se reduce la generación de vapores inflamables, esto hasta que el fuego se extingue. Para apagar un incendio por medio de este método, sólo es necesario enfriar la superficie del material incendiado, hasta un punto que no deje escapar los suficientes vapores inflamables y la mezcla con el oxígeno ya no sea la suficiente para mantener la combustión. El mejor agente extintor por enfriamiento es el agua cuando se aplica de forma correcta, y generalmente se puede obtener en cantidades suficientes. Además la capacidad del agua para absorber calor es casi diez veces mayor cuando cambia de estado líquido a gaseoso.

Otra forma de enfriamiento es mediante la ventilación del área incendiada, ya que con esto se elimina tanto el calor como los vapores inflamables que no se han quemado. Al mismo tiempo se reducen las posibilidades de una explosión debido a la acumulación de vapores, pero se debe tomar en cuenta que el fuego se avivará debido a la alimentación de oxígeno. <sup>(13)</sup>

### **Extinción por sofocamiento.**

Este método de extinción consiste en cubrir el fuego y evitar que entre en contacto el oxígeno del aire con los vapores inflamables; esto se logra de dos formas: la primera se basa en crear una atmósfera inerte (exenta de oxígeno) por medio de agentes extintores como el bióxido de carbono, los polvos químicos secos. La otra forma es aislar la superficie expuesta del combustible, que es de donde se están desprendiendo los vapores inflamables, por medio de una capa o película intermedia, como es el caso de la espuma química y la espuma mecánica.

El agente extintor que cubra el área incendiada, debe durar el tiempo suficiente para asegurar que la temperatura del combustible baje hasta el punto que ya no se puedan generar vapores inflamables, de esta forma se tiene la certeza de que el fuego se extinguirá total y permanentemente. Existen algunos materiales combustibles que generan su propio oxígeno durante la combustión, por lo que se debe tener mucho cuidado con estos materiales ya que este método no serviría para extinguir ese tipo de fuegos. <sup>(13)</sup>

### **Extinción por eliminación del combustible.**

El objetivo de este método consiste en retirar el material combustible de la proximidad del fuego, lo cual puede resultar difícil y peligroso. Para ello se utilizan diversos procedimientos como aplicación de chorros de agua que rompan el fuego y separen el combustible, también el de retirar el combustible mecánica o manualmente. Por ejemplo, se tiene el caso de un tanque que almacena productos combustibles. Este tanque puede ser arreglado de tal forma que al presentarse un incendio en él, el producto almacenado pueda ser bombeado a otro tanque localizado lejos del siniestro. <sup>(13)</sup>

#### **II.4.1 Tipos de sistemas contra incendio.**

Los sistemas empleados en el combate al fuego se determinan en función al análisis, cuantificación del riesgo existente y de las condiciones generales de la instalación a proteger. El combate al fuego se puede hacer de distintas formas, como puede ser el empleo de agua, polvos químicos, espumas, halon y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); la elección del agente extintor depende del riesgo y de la clase de fuego a extinguir.



En el diseño de seguridad industrial de prevención y ataque de incendios, se tienen dos tipos de sistemas: sistemas fijos y sistemas semifijos, incluyéndose dentro de los semifijos a los llamados equipos de protección portátil (extinguidores).

### **Sistemas fijos.**

Son aquellos equipos, materiales y accesorios que se encuentran instalados en forma permanente en determinado lugar y no requieren de una fuente externa de suministro para su funcionamiento, son utilizados para protección común o particular de instalaciones de alto riesgo, tanques de almacenamiento, salas de cómputo, cuartos de control, transformadores, casas de bombas, etc. Estos sistemas son automáticos, aunque también pueden operar en forma manual, dependiendo específicamente del equipo o producto a proteger, pudiendo utilizarse un sistema a base de agua, espuma, bióxido de carbono, halon o polvo químico.

- Agua contra incendio.

Compuesto por fuentes primarias (lagunas, ríos, presas, mares, etc.) o fuentes secundarias (tanques, cisternas, etc.), bombas contra incendio, anillos de tuberías, hidrantes, monitores, anillos de enfriamiento, sistemas de aspersión en casas de bombas, en tanques de almacenamiento de combustible y válvulas de seccionamiento que permitan desviar el flujo hacia el área de ataque o sacar de operación secciones de la red.

- Sistemas dosificadores de espuma de presión balanceada.

Formado por válvulas, tuberías, conexiones, bombas, tanque de almacenamiento de concentrado de espuma y dosificador, que envía las demandas variables de solución agua-espuma a las cámaras, inyección subsuperficial, hidrantes, monitores y aspersores.

- Sistema de extinción a base de un gas inerte (CO<sub>2</sub>, halon).

Consta de cilindros de almacenamiento a presión del gas inerte en cuestión, tubería de distribución, boquillas para aplicación, detectores de calor, humo o de flama y tablero de control. Generalmente estos sistemas son diseñados para operación automática a la presencia de un fuego, aunque también pueden hacerse operar en forma manual.

### **Sistemas semifijos.**

Son aquellos sistemas que requieren de una fuente de suministro complementaria y externa para su funcionamiento, siendo su empleo similar al fijo. Su uso es recomendado en grandes instalaciones donde se cuenta con personal de apoyo contra incendio; los costos de instalación y operación son inferiores a los sistemas fijos. Estos sistemas son:

- Sistema de espuma.

Conjunto integrado por las tuberías que parten de un dique del tanque, con conexiones hembras giratorias para inyección a presión de la solución espumante a las cámaras o a los dispositivos de inyección subsuperficial. Estos sistemas se emplean en las áreas de almacenamiento de las refinerías, complejos petroquímicos, instalaciones de producción primaria y otras; ya que por la cantidad de tanques, la instalación de un sistema fijo para cada tanque sería muy costosa.

- Extinguidores portátiles y unidades móviles.

Los extinguidores portátiles y unidades móviles (montados sobre ruedas), están diseñados para combatir los incendios de extensiones reducidas y son útiles para emplearse en situaciones de emergencia, por eso es vital que puedan operarse con sencillez. Por lo tanto, los extinguidores pueden proporcionar protección de forma inmediata antes de que entren en operación los sistemas fijos de protección.

Siempre que un incendio empieza generalmente es pequeño, pero se puede extender y quedar rápidamente fuera del control del equipo existente para apagarlo; la eficiencia en un sistema de protección contra incendios, radica en extinguir el incendio cuando éste empieza; esto se debe hacer rápida y adecuadamente, pues cualquier retraso o mal uso del equipo puede permitir que se extienda.

Los extinguidores portátiles y unidades móviles son muy prácticos y eficientes, pero esto sólo cuando se trata de apagar fuegos pequeños; éstos deben estar estratégicamente colocados para localizarlos y usarlos sin pérdida de tiempo en caso de incendio.

#### II.4.2 Tipos de extinguidores.

Frecuentemente hay malos entendidos en lo que a extinguidores se refiere; pues se supone que un extinguidor puede ser usado en cualquier clase de fuego, sin importar cuales sustancias estén ardiendo.

El extinguidor es el equipo de protección portátil más común, ya que considerando su disponibilidad, capacidad y fácil manejo, permite que se use de inmediato en el combate de un incendio; esto puede resultar de vital importancia, ya que un incendio es fácilmente controlable en sus inicios. Su objetivo es proporcionar protección contra incendio a las instalaciones que por su diseño o capacidad pueden ser protegidas con estos equipos, son efectivos en el combate de conatos de incendio y son complemento de los sistemas fijos y sistemas semifijos.

Los extinguidores portátiles manuales están planeados como una primera línea de defensa contra incendio, y deben instalarse aún en el caso de contar con otros equipos fijos de protección. A efecto del equipo portátil con que se cuente sea el apropiado, es necesario que exista un conocimiento de las posibles clases de incendios que puedan suscitarse en cada área de la instalación a proteger; asimismo, es necesario un conocimiento a fondo del tipo de equipo extinguidor más adecuado para combatir la clase de incendio que se pudiera presentar.

Los extinguidores se deben instalar en cada una de las diferentes áreas en cantidades suficientes para combatir los incendios de materiales sólidos que formen brasa (clase A), de líquidos inflamables, líquidos combustibles, gases y grasas (clase B), y el de los generados por equipos eléctricos (clase C).<sup>(14)</sup>

Los extinguidores pueden no utilizarse durante años, por lo que deben mantenerse revisados y preparados. Por esta razón se realizan inspecciones periódicas en lugares públicos; también se comprueba que estén en los sitios adecuados. Los extinguidores deben tener unas etiquetas en las que se describen las instrucciones de uso y el tipo de fuego para el que están diseñados, así como la fecha de última revisión o de caducidad. La selección del mejor extinguidor contra incendio para una ubicación dada, deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

<sup>(14)</sup> Los extintores portátiles. Módulo 8. Instituto Superior Federico Grote. España 2003. Pág. 13, 14, 15, 21, 22, 23 y 24.

- a) La naturaleza de los materiales combustibles que pueden incendiarse.
- b) La severidad del fuego resultante (tamaño, intensidad y rapidez de propagación).
- c) La efectividad del extinguidor de acuerdo al riesgo.
- d) La facilidad de uso del extinguidor.
- e) La disponibilidad del personal para operar el extinguidor, así como su habilidad física y reacciones emocionales, considerando su entrenamiento.
- f) Las condiciones atmosféricas y de temperatura ambiente.
- g) Aplicabilidad del extinguidor para su medio ambiente.
- h) Cualquier reacción química adversa anticipada entre el agente extintor y los materiales a incendiarse.
- i) Cualquier seguridad a la salud y operacional (exposición de los operadores durante el esfuerzo para control del fuego).
- j) Requerimientos de almacenamiento y mantenimiento para el extinguidor.

Los diferentes tipos de extinguidores con que se cuenta son los siguientes:

### **Extinguidores de agua.**

Por lo general son de agua pulverizada. El agua proporciona refrigeración o absorción de calor, al material que se quema. Los extinguidores suelen llevar aire a presión para expeler el agua, pero algunos se activan con una bomba de mano. La presión es la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por metro cuadrado (Pascal). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional.

Estos extinguidores son básicamente para fuegos Clase "A" debido a las propiedades de enfriamiento que tiene al agua. La descarga deberá dirigirse a la base de las flamas y después extinguir las llamas. Su aplicación deberá ser lo más cerca posible al fuego. Existen varios tipos, pero el más popular es el de capacidad de 9.5 litros (2.5 galones).<sup>(14)</sup>

### **Extinguidores de polvo químico seco.**

Este tipo de extinguidores están disponibles en dos tipos básicos: 1) presión contenida y 2) operados con cartucho externo; el más ampliamente usado es el de presión contenida. Existen cinco tipos de agentes químicos secos, siendo tres de éstos los más usados:

- A base de bicarbonato de sodio, para combatir incendios de la clase "B" y "C".
- A base de bicarbonato de potasio, para combatir incendios de la clase "B" y "C".
- A base de fosfato monoamónico, para combatir incendios de la clase "A", "B" y "C".

Este tipo de extinguidores incluye un recipiente que sirve para depósito del polvo químico seco y otro recipiente de menor tamaño, con el cual se proporciona la presión requerida al disparar el extinguidor. Es importante tomar en cuenta que cuando se utiliza un extinguidor de polvo químico seco para fuegos Clase "C", éste formará residuos que algunas veces resultan corrosivos y difíciles de remover.

Cuando se opera un extinguidor de este tipo, se tiene que dirigir la descarga a la base del fuego, tomando la boquilla y haciendo un movimiento de vaivén para barrer el fuego.

Las capacidades de estos extinguidores, con cartucho y presión contenida es para unidades portátiles desde 2.27 a 13.62 kg (5 a 30 lb), respectivamente. Para unidades móviles con cilindro de nitrógeno y montados sobre ruedas las capacidades nominales son: 50, 68 y 156 kg (110, 150 y 350 lb), respectivamente.<sup>(14)</sup>

### **Extinguidor de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

El bióxido de carbono es un gas que evita la combustión ya que desplaza el oxígeno del aire que envuelve al fuego, es un gas químicamente neutro, incoloro, inodoro y eléctricamente no conductor, capaz de diluir o formar una atmósfera inerte cuando es aplicado en concentraciones apropiadas. Como el CO<sub>2</sub> es 1½ veces más pesado que el aire, se desplaza hacia abajo, llenando un espacio por inundación desde el piso hacia arriba. El efecto de extinción del CO<sub>2</sub> corresponde básicamente al efecto de desplazamiento del oxígeno del aire, separándolo del foco del incendio. El bióxido de carbono es muy eficaz, ya que es completamente inerte e incombustible. Además de que el CO<sub>2</sub> contenido en el recipiente es líquido debido a la alta presión y al convertirse en gas, cubre un espacio de 500 veces su volumen.

Cuando se usa este tipo de extinguidores, se debe hacer lo más cerca posible del fuego, la cometa se debe dirigir hacia las orillas o la parte inferior del fuego y luego moverla gradualmente en forma de vaivén hasta cubrir todo el fuego. La descarga debe continuarse por algún tiempo con el fin de enfriar el aire y evitar que vuelva a incendiarse. Estos extinguidores deben pesarse cada seis meses para verificar que no haya pérdida de gas.<sup>(14)</sup>

Esta clase de extinguidor sirve para atacar incendios tipo "B" y "C", mediante la exclusión de oxígeno de la superficie del material que está ardiendo. Su acción se limita al área de contacto. Es no conductor de la electricidad, no corrosivo y no se congela, por lo que se recomienda usarlo en fuegos de motores y equipos eléctricos y electrónicos. La principal ventaja es que no deja residuos después de su uso. No se recomienda su uso en exteriores ni en interiores en los cuales existan corrientes de aire, debido a que es rápidamente disipado. Las capacidades nominales más usadas para estos extinguidores, son las siguientes:

Para extinguidores portátiles manuales:  
2.2, 4.54, 6.81 y 9.08 kg (5, 10, 15 y 20 lb)

Para extinguidores montados sobre ruedas (unidades móviles):  
23, 34 y 45 kg (50, 75 y 100 lb)

### **Extinguidores de espuma.**

Los extinguidores de espuma expelen una capa de espuma que actúa como barrera para aislar el oxígeno del fuego. Este tipo de extinguidores están recomendados para usarse en fuegos Clase "A" y "B". No deben utilizarse en lugares en donde puedan estar sometidos a temperaturas de congelamiento. Una gran ventaja de este tipo de extinguidores cuando se aplica a fuegos en líquidos inflamables Clase "B", es la cualidad de prevenir reignición en la superficie de dicho líquido. La espuma no es efectiva en escapes de líquidos y gases inflamables que se encuentren sometidos a presión. Constan de un recipiente exterior para agua, manguera con boquilla de salida y un recipiente interior. Están diseñados para operar a presión durante la reacción de las sustancias. Sus componentes son a base de solución espumante al 3% y la capacidad más usada es la de 9.5 litros (2 ½ galones) para el manual y de 151 litros (40 galones) para el montado sobre ruedas.

En el recipiente exterior se almacena la solución acuosa con estabilizadores de espuma la que al mezclarse con otra solución contenida internamente forma una espuma con burbujas de dióxido de carbono, las cuales sofocan el incendio.

Esta espuma constituye una de las mejores formas de extinguir incendios de petróleo o de líquido inflamable, pero no sirve para alcoholes, éteres, adelgazadores de lacas ni bisulfuro de carbono; ya que pueden originar reacciones químicas. Para operar este tipo de extinguidores se invierte el extinguidor y así las dos sustancias se mezclan, produciéndose la espuma; el chorro debe dirigirse a la base de las llamas.<sup>(14)</sup>

### **Extinguidores de Halon.**

Se cuenta con dos tipos de extinguidores de agentes halogenados, los cuales tienen características similares a los extinguidores de CO<sub>2</sub>, aunque resultan ser mucho más eficientes. Los agentes extintores que contienen son:

- Halon 1301: (Bromotrifluorometano, CBrF<sub>3</sub>). Es un gas incoloro, inodoro y eléctricamente no conductivo, el cual es un medio efectivo para la extinción de incendios. Extingue el fuego inhibiendo la reacción química entre el combustible y el oxígeno; el efecto de extinción es debido al enfriamiento, la dilución del oxígeno y la disminución de la concentración de vapores inflamables. Es importante mencionar que las personas pueden estar expuestas a estos vapores en bajas concentraciones, por breves períodos de tiempo sin sufrir daños serios; la exposición a altas concentraciones o por períodos prolongados, puede producir desvanecimiento, pérdida de coordinación y perturbar el ritmo cardíaco.<sup>(14)</sup>
- Halon 1211: (Bromoclorodifluorometano, CBrClF<sub>2</sub>). Es un gas incoloro, con olor ligeramente dulce y eléctricamente no conductivo, el cual es un agente efectivo para la extinción de incendios; este gas extingue los fuegos inhibiendo la reacción química entre el combustible y el oxígeno. El efecto de extinción es debido al enfriamiento, la dilución del oxígeno y la disminución de la concentración de vapores inflamables. Al igual que el Halon 1301, se utiliza en el mismo tipo de riesgos con limitaciones similares, siendo su diferencia principal su alta toxicidad y alto riesgo al personal cuando es aplicado para inundación total de cuartos de control, salas de cómputo o locales similares.<sup>(14)</sup>

### **II.4.3 Equipo de seguridad.**

Los requerimientos del equipo de seguridad están basados en la cantidad de personal que se encuentre en la plataforma. Se cuenta con suficientes equipos disponibles para acomodar a todo el personal al mismo tiempo. Se toman en consideración los requerimientos para dos turnos puesto que en el periodo de cambio de turno, se encuentra a bordo de la plataforma el personal de los dos turnos.

El equipo de seguridad que se tiene instalado en la plataforma es el siguiente:

- Botes salvavidas.

La plataforma cuenta con dos (2) botes salvavidas, los cuales constituyen el medio más efectivo de escape de la plataforma. Este equipo está fabricado de un material resistente al fuego, con un sistema de rociadores y un sistema de propulsión propios; su ubicación es cerca de las áreas donde los operadores se encuentran normalmente laborando.

- Balsas salvavidas inflables.

Se instalan dos (2) balsas salvavidas inflables con capacidad para 20 personas. Cada uno de estos equipos estará contenido en una caja a prueba de corrosión localizada cerca del barandal perimetral de la plataforma. Cuando es usado, este equipo es lanzado al mar, quedando en la plataforma una cuerda, de la cual hay que tirar para que se abra el paquete y se comience a inflar la balsa por medio de un cilindro de CO<sub>2</sub>, cuya válvula es accionada al tirar de la cuerda.

- Chalecos salvavidas.

También se cuentan con chalecos salvavidas de emergencia, los cuales se encuentran en un contenedor a prueba de agua y corrosión, localizados junto a cada bote salvavidas y en cada ruta de escape. La cantidad es suficiente para la tripulación nominal de todos los botes salvavidas y de los salvavidas inflables juntos.

- Salvavidas circulares.

Se instalan en el barandal perimetral de la plataforma este tipo de salvavidas circulares o boyas de anillo. Cada uno de estos equipos tiene un diámetro de 30 pulgadas y 3 pulgadas de espesor; cuenta con una cuerda de recuperación y un faro de luz.

- Unidades de respiración.

En las áreas con mayores posibilidades de fugas de gases tóxicos (zona de pozos, separador de gas y lanzadores y recibidores de diablos) se hará la instalación de unidades o equipos de respiración. Estos equipos tendrán como características principales: suministrar oxígeno para un periodo de 30 minutos realizando ejercicios moderados, mantener una presión positiva constante en la máscara, contar con un regulador en el suministro de oxígeno, contar además con una alarma audible la cual indicará que la presión en el tanque de suministro de oxígeno se encuentra por debajo de un límite establecido.

- Extinguidores portátiles.

Para extinguir un posible incendio en su etapa incipiente, se hace la instalación de extinguidores portátiles de polvo químico seco o de CO<sub>2</sub> en la cubierta de la plataforma; su distribución será cerca de los lugares en los que pudiera presentarse algún incendio.

- Unidades móviles.

Como complemento y apoyo a la instalación de extinguidores portátiles, se hace la instalación de unidades de polvo químico seco del tipo sobre ruedas. Contarán con cartucho de presurización, manguera de descarga y boquilla de largo alcance.

Como complemento al equipo de seguridad anteriormente indicado, se hace la instalación de una red para agua contra incendio, de la cual se alimentarán hidrantes, monitores, válvulas de inundación y sistemas de rociadores (Capítulo IV, Sistema de Agua Contra Incendio); todos los equipos mencionados anteriormente servirán para lograr una protección integral de la plataforma y dar mayor seguridad al personal que en ella labora.

## CAPÍTULO III SISTEMAS CONTRA INCENDIO

### III.1 Sistemas de espuma.

#### Descripción general.

Todas las espumas están formadas por tres componentes: aire, contenido dentro de las burbujas de espuma; agua, proporcionada a un flujo determinado; y concentrado de espuma, inyectado dentro de la corriente de agua a un porcentaje específico. Cuando el concentrado de espuma es mezclado con agua, crea una solución espumante. Esta solución fluye desde el punto de mezcla hasta el área de riesgo a través de un sistema de tuberías. En el área de riesgo, unos dispositivos de descarga son instalados para facilitar el mezclado de la solución de espuma con aire, en la relación de expansión adecuada. A la mezcla de la solución de espuma con el aire, obteniéndose burbujas, se le llama espuma. <sup>(15)</sup>

La espuma utilizada en los sistemas de protección contra incendio es un agregado estable de burbujas de agua rellenas de aire y formada por soluciones acuosas, las cuales son más ligeras en densidad que los líquidos inflamables a los que serán aplicados. Tiene como propiedad el fluir libremente sobre la superficie del líquido que se está incendiando; debido a esta característica, es básicamente usada para formar una barrera que flota sobre líquidos inflamables más ligeros que el agua y prevenir o extinguir fuegos excluyendo el aire, enfriando el combustible e impidiendo el desprendimiento de vapores inflamables. Tiene además las propiedades de adherirse a superficies tanto verticales como horizontales, así como de resistir corrientes de aire, o ataque de flama y calor, y ser capaz de volverse a sellar en caso de ruptura mecánica. La mayoría de las espumas mantienen estas propiedades por periodos de tiempo relativamente largos. Básicamente las espumas apagan los incendios de cuatro maneras, a saber (ver Fig. III.1):

- 1) Sofocan el fuego al evitar que el aire se mezcle con los vapores inflamables.
- 2) Suprimen la generación de los vapores inflamables y evitan su desprendimiento de la superficie que se está quemando.
- 3) Separan las llamas de la superficie del combustible.
- 4) Enfrian el combustible y las superficies del metal adyacente, al drenar el agua contenida en la espuma.

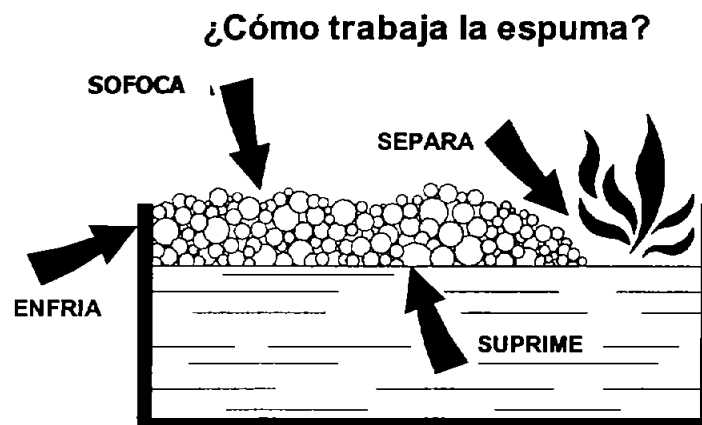


Fig. III.1 Funcionamiento de la Espuma. <sup>(15)</sup>

<sup>(15)</sup> La extinción. Las espumas. Módulo 7. Instituto Superior Federico Grote. España 2003. Pág. 3, 4, 5, 6, 12, 13, 14 y 15.

Se cuenta con dos tipos de espumas:

- **Espuma química:** es producida por una reacción química entre una solución alcalina (generalmente bicarbonato de sodio) y una solución ácida (generalmente sulfato de aluminio) para formar un gas (bióxido de carbono) en presencia de un agente espumante, que hace que el gas forme una espuma resistente al fuego. Este tipo de espuma está obsoleto actualmente.
- **Espuma mecánica:** es producida mecánicamente, más que por reacción química, siendo creada por la mezcla de un concentrado espumante con agua; esta solución es pasada por un dispositivo denominado "generador de espuma" en el cual un gas (aire) es inyectado dentro de la solución mencionada, obteniéndose la espuma en forma de burbujas y aplicándose así al incendio. Este tipo de espuma es el que se usa actualmente con mayor frecuencia. La generación de este tipo de espumas puede dividirse en dos etapas:

1.- Primera etapa o inducción. En esta etapa se introduce al torrente de agua el concentrado espumante, mediante un premezclador o inductor en línea, que actúa por principio Vénturi, es decir, disminuye la presión y aumenta la velocidad.

2.- Segunda etapa o generación. Por el mismo principio se agrega aire a la solución agua-concentrado y se agita mediante pitones especiales, produciéndose así la espuma.

Las dos etapas de generación de la espuma se pueden visualizar en la Fig. III.2.

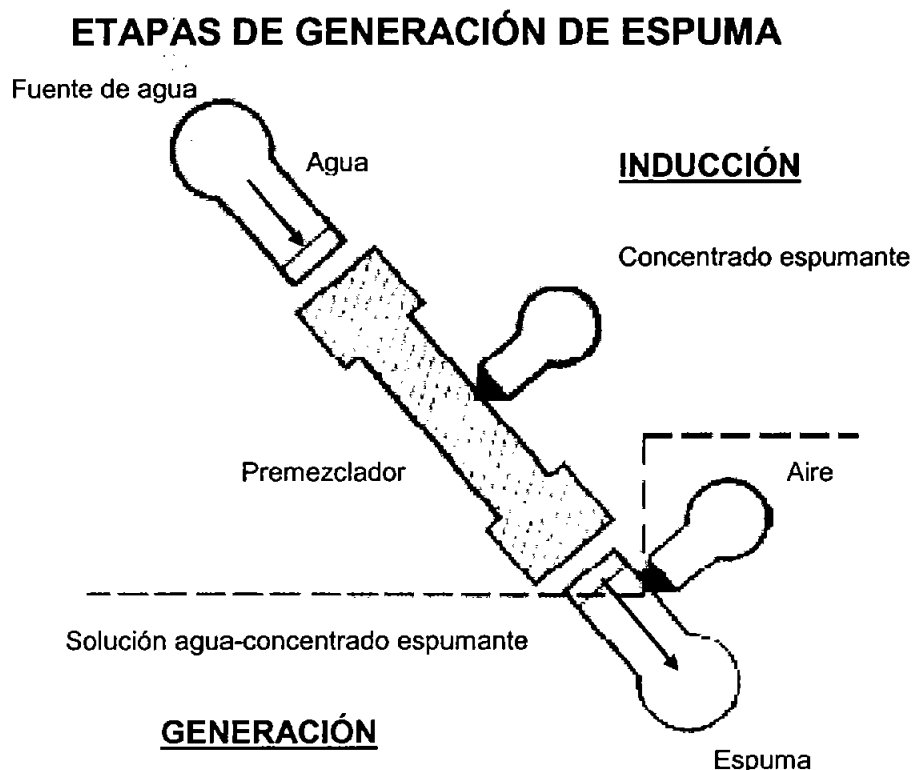


Fig. III.2 Etapas de Generación de la Espuma. <sup>(15)</sup>



La concentración agua-espuma que se tenga que usar, la dará el tipo de problema que se esté tratando. Algunas espumas son espesas y viscosas capaces de formar capas resistentes al calor. Otras son más delgadas pero se extienden más rápidamente, otras forman una película que detiene el paso del vapor por medio de una solución acuosa. Otras producen grandes volúmenes de celdillas de gas húmedo para inundar superficies y ocupar totalmente los espacios.

### **III.1.1 Tipos de concentrados espumantes para espuma mecánica.**

#### **- Espuma proteica.**

Este líquido está fabricado a base de proteína animal hidrolizada, tales como huesos y plumas, que proporcionan las proteínas para la solución, la cual se mezcla además con otros compuestos como inhibidores para protegerla del congelamiento, para prevenir la corrosión del equipo y contenedor, preservadores de descomposición y estabilizadores.

Este concentrado es diluido con agua para formar soluciones del 3% al 6%; su expansión es de unas diez veces su volumen. Estas soluciones pueden ser efectivas para fuegos en hidrocarburos, pero no forman una película sobre la superficie del combustible y se sabe que absorben parte del combustible. Tiene un periodo de vida más corto que otras espumas, requiriéndose un reemplazo más frecuente de ésta, en caso de ser utilizada en este tipo de fuegos. <sup>(16)</sup>

#### **- Espuma fluoroproteica.**

Tiene una composición básica similar a la anterior, pero en este caso se incluye un aditivo fluidizante fluorado sintético para hacer que fluya con más facilidad; este aditivo tiene además la función de hacer que la espuma fluoroproteica tenga gran resistencia para absorber el aceite; esta es la razón por la que cuando se inyecta una espuma de este tipo en forma subsuperficial en un hidrocarburo, ésta se desplaza fácilmente hacia la superficie formando la capa espumosa. Al igual que el anterior, este concentrado es diluido con agua para formar soluciones del 3% al 6%.<sup>(16)</sup>

#### **- Espuma formadora de película acuosa (Aqueous Film Forming Foam, AFFF).**

Es una espuma sintética mejor conocida como espuma "A triple F o agua ligera" recomendada para aplicarse a la mayoría de los líquidos combustibles inflamables contenidos en tanques de almacenamiento, funciona combinando los efectos de la espuma fluoroproteica con una base sintética, la cual provoca que la espuma que se forme no tenga las propiedades de retener el agua y de esta forma se reduce la tensión superficial de los fluidizantes; actúa como una barrera para excluir el aire u oxígeno y al mismo tiempo crea una película acuosa sobre la superficie del hidrocarburo capaz de suprimir la generación de vapores combustibles.

Este tipo de espuma es muy eficiente cuando se usa en líquidos de alta tensión superficial como el combustóleo, diesel, y combustibles para aviones, esto es debido a las propiedades físicas de velocidad con que fluye o se desplaza, densidad y baja solubilidad en hidrocarburos. Se puede aplicar tanto por inyección superficial como subsuperficial. Tiene además como ventaja el ser compatible con el polvo químico seco en su aplicación. Este concentrado es diluido con agua para formar soluciones del 3% al 6%.<sup>(16)</sup>

<sup>(16)</sup> Aer-O-Foam Liquids. National Foam System Inc. E.U.A. 1977. Pag. 42, 43, 44, 45.

### - Espuma para solventes polares o solventes tipo alcohol.

Este tipo de espumas es recomendable aplicar en líquidos polares inflamables o solventes tipo alcohol como aminas, éteres, aldehidos y cetonas que son solubles en el agua. Estas espumas están compuestas por una base sintética a la cual se le adicionan detergentes sintéticos o aditivos; estos aditivos tiene la función de formar una barrera química insoluble entre el agua, la burbuja de espuma y la superficie del combustible. Si para este tipo de líquidos se usara una espuma normal, no resultaría efectiva ya que el agua de ésta se disolvería, lo que ocasionaría que se rompiera la capa protectora. <sup>(16)</sup>

### Relación de expansión.

La espuma es la mezcla de agua, extracto espumante o concentrado de espuma y gas inerte o aire; este aire puede estar en un contenido bajo, mediano o alto. Dependiendo de este contenido de aire las espumas pueden ser de baja, mediana y alta expansión, esto se indica mediante un factor que indica cuantas veces aumentará su volumen la mezcla de agua y extracto espumante. Por ejemplo si se tiene una relación de 1:10 quiere decir que 1 litro de mezcla generará 10 litros de espuma.

De acuerdo a lo anterior existen tres tipos de espuma, que se clasifican de acuerdo a su factor de expansión:

- Espuma de baja expansión, la cual tiene una relación de generación de espuma de 1:20.
- Espuma de mediana expansión, tiene una relación que va desde 1:21 hasta 1:200.
- Espuma de alta expansión, tiene una relación que va desde 1:201 hasta 1:1000.

Las espumas de baja expansión se utilizan para extinción de fuegos en hidrocarburos (fuegos clase B), puede ser lanzada o inyectada. También puede servir para controlar y sellar salidas de vapores inflamables de diversos productos.

Las espumas de mediana y alta expansión son usadas para extinguir fuegos de clase A, ya que sofoca el fuego produciendo muy poco daño por el efecto del agua. Por su ligera composición no deben utilizarse para fuegos de clase B, pues se contamina rápidamente además de que se abre con facilidad, lo cual puede producir reigniciones. Este tipo de espuma debe aplicarse con pitones especiales.

### III.1.2 Características de los sistemas generadores de espuma.

Todos los sistemas de espuma, no obstante su tamaño o complejidad, consisten de los mismos componentes básicos; cada componente debe operar adecuadamente para lograr un resultado exitoso al combatir el incendio.

Los componentes básicos de estos sistemas son:

#### - Abastecimiento de agua.

Este proviene de una red de agua contra incendio instalada, un sistema de hidrantes o de un camión-cisterna. Los volúmenes y presiones necesarios dependen del tipo y tamaño del riesgo de los líquidos inflamables.

**- Concentrado de espuma.**

El cual puede abastecerse en cubetas, tambores o tanques de grandes capacidades; los tanques conteniendo el concentrado de espuma pueden ser estacionarios o montados sobre camiones o remolques. La cantidad y el tipo de espuma dependen del tamaño y tipo de riesgo.

**- Proporcionador.**

El proporcionador o dosificador mezcla correctamente el concentrado de espuma con la corriente de agua y produce una solución espumante. Existen diferentes tipos de proporcionadores, pero el tipo y la capacidad depende del tipo y tamaño del riesgo de líquidos inflamables.

**- Generador de espuma.**

Sirve para mezclar mecánicamente el aire atmosférico con la solución de espuma producida por el dosificador. El generador de espuma deposita la espuma expandida sobre la superficie del líquido inflamable.

**- Dispositivos para aplicación.**

Formada por líneas, mangueras, tuberías y accesorios para dirigir la espuma y aplicarla.

**- Controles para operación.**

Contiene los dispositivos, controles, detectores, etc., necesarios para actuar y operar el sistema.

**III.1.3 Sistemas para aplicación de espuma.**

Para la aplicación de líquidos espumantes, en función del equipo a proteger se pueden utilizar los siguientes tres tipos de sistemas para aplicación de espuma:

- Sistemas fijos.
- Sistemas semifijos.
- Sistemas portátiles.

**- Sistemas fijos.**

Están formados por equipos, materiales y accesorios que se encuentran en forma permanente en determinado lugar, para la protección común o particular de tanques de almacenamiento, casas de bombas o equipo que maneje productos inflamables; estos sistemas pueden operar en forma automática o manual, dependiendo del equipo o productos a proteger. <sup>(17)</sup>

Están formados por una fuente de suministro de agua, bombas para darle al agua la presión necesaria, una "casa de espuma", de donde parte la red de tuberías que la conduce a cada uno de los tanques o instalaciones a proteger y donde se producirá la espuma por medio de sus respectivos generadores. En la "casa de espuma" se encuentra el depósito para el concentrado, los proporcionadores y las bombas de agua.

En esta casa generalmente está instalado un tablero con instrucciones para operación del sistema, además de indicarse las características de las bombas, capacidad de los proporcionadores, capacidad del tanque de almacenamiento del concentrado de espuma y un diagrama de las instalaciones a proteger, en el que se indica la posición de las válvulas de control con la identificación de éstas. <sup>(17)</sup>

#### **- Sistemas semifijos.**

Estos sistemas están compuestos por generadores y descargas de espuma fijos a la instalación a proteger, conectados con tuberías que terminan en una o más conexiones para bomberos, localizadas a una distancia adecuada de algún hidrante de agua contra incendio, de donde se conecta la succión de una unidad móvil mediante mangueras, y esta unidad, a su vez descarga la mezcla agua-espuma, también mediante mangueras a las conexiones anteriormente indicadas.

Esta unidad móvil puede ser un camión o un remolque con sus respectivos proporcionadores, bombas dosificadoras y un depósito con concentrado de espuma. La característica principal de este sistema es que tanto la unidad móvil como las mangueras y demás materiales se trasladan al lugar requerido después que comenzó el incendio, teniendo como característica principal que la unidad móvil puede ser utilizada para proporcionar espuma a varias instalaciones semifijas. Se recomienda además la instalación de una estación central de bomberos y la formación de brigadas contra incendio. <sup>(17)</sup>

#### **- Sistemas portátiles.**

Los sistemas portátiles se usan como auxiliares de los sistemas fijos y semifijos así como para la protección a tanques horizontales, tanques con techo flotante, tanque verticales de poca capacidad y en general en incendios de derrames de líquidos inflamables.

Este sistema consta de mangueras que se conectan a hidrantes de agua contra incendio, de boquillas generadoras de espuma o proporcionadores de línea de líquido espumante, de pequeños recipientes o latas que se transportan al lugar requerido en el momento de ocurrir el incendio.

La selección de la espuma y el equipo a utilizar está en función del fuego esperado y del líquido combustible o inflamable involucrados. <sup>(17)</sup>

### **III.1.4 Métodos proporcionadores.**

La dosificación correcta de la espuma líquida es necesaria para producir la óptima calidad y cantidad de espuma para apagar incendios de líquidos inflamables. Si el porcentaje de líquido espumante es demasiado alto, la espuma resultante será espesa e incapaz de fluir alrededor de obstáculos; además, el tiempo normal de operación para el abastecimiento de líquido disponible será más corto. Al contrario, si la mezcla es muy diluida, resultará un drenaje más rápido y se deteriorará más rápidamente, por consiguiente será menos resistente al calor y a las llamas.

La dosificación del concentrado debe ser proporcional al caudal del agua. La composición del concentrado y los equipos de dosificación y de descarga deben estar mutuamente ajustados para lograr la solución de concentración más conveniente. <sup>(17)</sup>

<sup>(17)</sup>Foam Liquid Proportioning. National Foam System Inc. E.U.A. 1983. Pag. 78, 79, 80, 81.

La elección del método de dosificación depende de un número de factores, cada uno de los cuales deberá considerarse según las condiciones existentes en algún caso específico. Los dos factores más importantes son el flujo requerido para proteger el riesgo y la presión de agua residual disponible en el perímetro del riesgo. La elección no es complicada cuando se emplea un método sistemático y se consideran las alternativas. Para entregar una espuma con la relación de expansión apropiada y mezclada en la proporción adecuada, el concentrado de espuma debe ser mezclado con agua en un proporcionador de espuma.<sup>(17)</sup>

Los proporcionadores son fabricados específicamente para mezclar concentrados de espuma en relaciones del 1%, 3% y 6%; por ejemplo, un concentrado del 6% está diseñado para ser proporcionado a una relación del 6% de concentrado espumante y un 94% de agua, en volumen.

Los métodos proporcionadores más comúnmente usados son: proporcionador de lanza, proporcionador de presión balanceada, proporcionador tipo vénturi y tanque proporcionador a presión.

#### **- Proporcionador de lanza.**

Este tipo de proporcionador es de construcción muy simple; en este caso el concentrado se encuentra en tambores de 200 litros. La lanza tiene incorporado un tubo Venturi donde se genera la espuma, aspirando el concentrado del envase portátil. Por medio de una serie de orificios ubicados en la zona de baja presión, el concentrado se mezcla en proporción correcta para un caudal dado y a la presión de trabajo de la lanza. (Ver Fig. III.3)

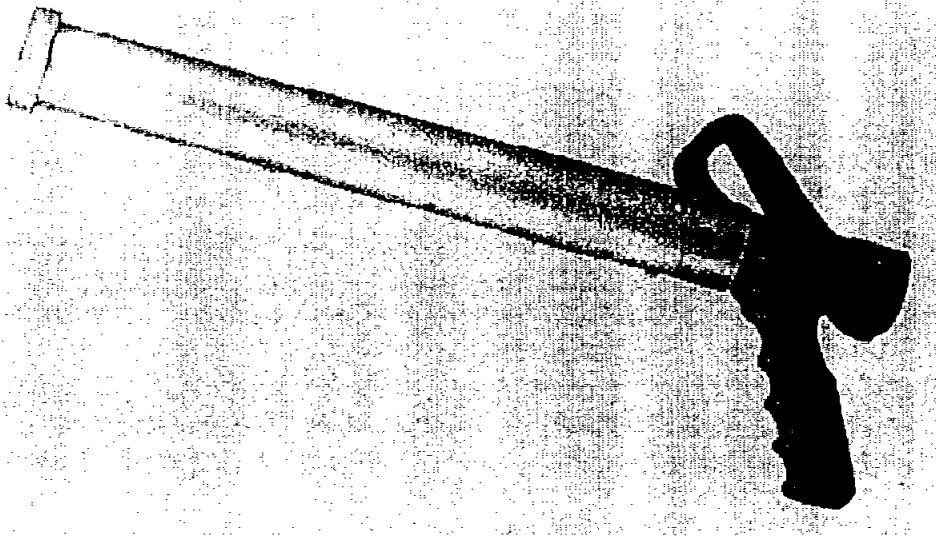


Fig. III.3 Proporcionador de Lanza.<sup>(15)</sup>

#### **- Proporcionadores de presión balanceada.**

El método más frecuentemente usado y más versátil para la dosificación de líquido espumante en la corriente de agua es por medio de un sistema de presión balanceada. Ya en operación, el sistema dosifica automáticamente la espuma líquida sobre un amplio rango de flujos y presiones sin ajustes manuales. Es ideal y adecuado para camiones de espuma, buques o sistemas fijos.<sup>(17)</sup>

El sistema proporcionador de presión balanceada emplea un tanque atmosférico para concentrado de espuma, una bomba para presurizar el concentrado y forzarlo hacia el proporcionador, una válvula de diafragma para control del flujo y un proporcionador que balancea la presión del concentrado bombeado con la presión en el suministro de agua, mezclando los dos a la relación correcta. (Ver Fig. III.4).

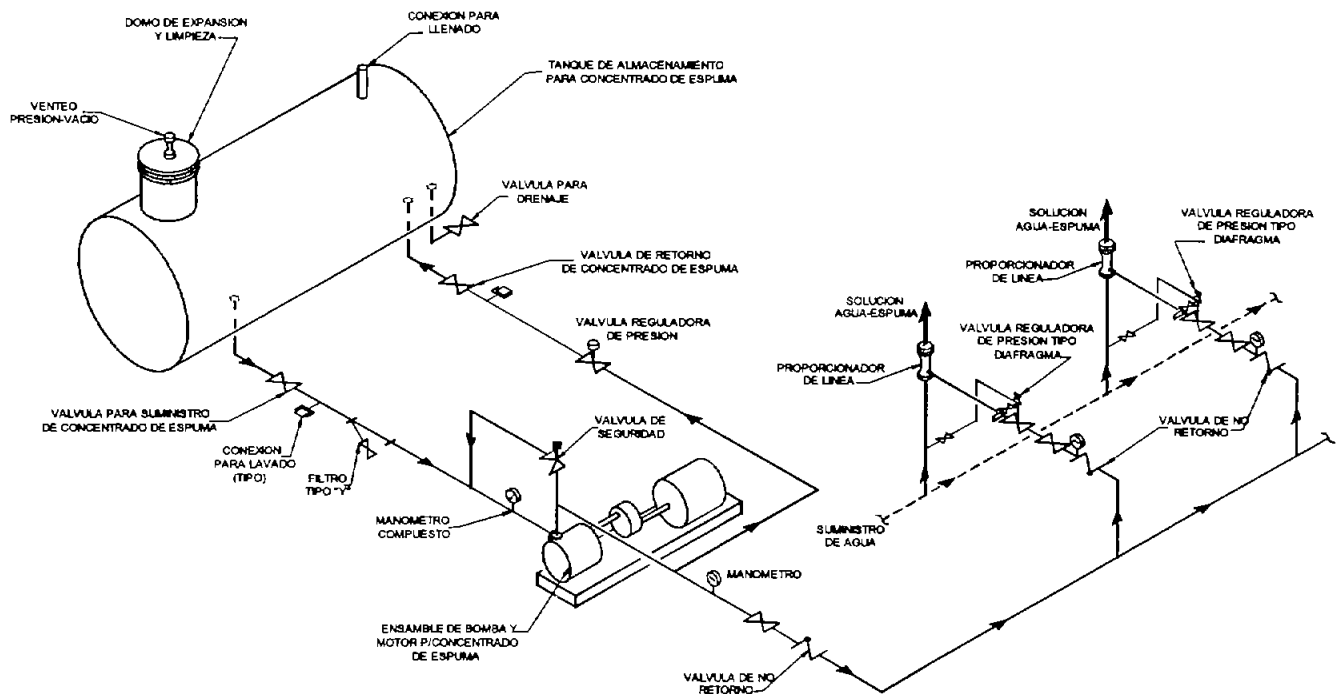


Fig. III.4 Sistema Proporcionador de Espuma de Presión Balanceada. (17)

### - Proporcionadores de línea o proporcionadores tipo vénturi.

Tiene como ventaja el utilizar las leyes de la física para realizar su función. Cuando el agua fluye a través de un vénturi, se crea una presión negativa, la cual sirve para inyectar el concentrado de espuma dentro de la corriente de agua; dicho concentrado se encuentra contenido normalmente en un recipiente portátil. Los proporcionadores tipo vénturi son fabricados para mezclar la espuma a una relación específica del 1%, 3% o 6%.<sup>(17)</sup>

Los proporcionadores de línea o tipo vénturi ofrecen un método simple y poco costoso para dosificar cuando la presión del abastecimiento de agua es alta.

Cada dosificador está diseñado para un volumen determinado de descarga a una presión de agua especificada, que dosifica exacta y correctamente a esa presión. Las presiones altas o bajas en la entrada del agua resultan en un aumento o reducción en el flujo del concentrado, con un cambio en la dosificación.

La máxima presión de trabajo disponible del lado de descarga del dosificador de línea es aproximadamente  $2/3$  de la presión de entrada (ver Fig. III.5).

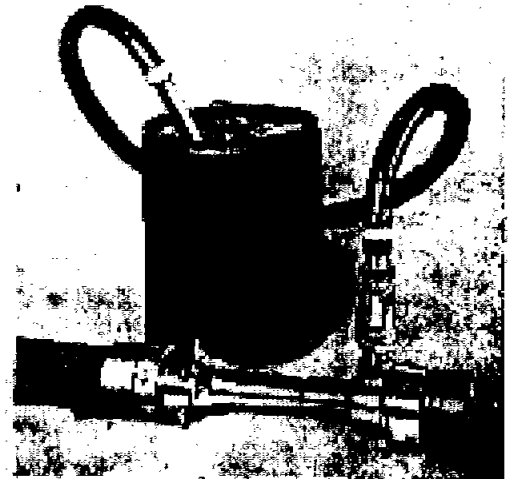
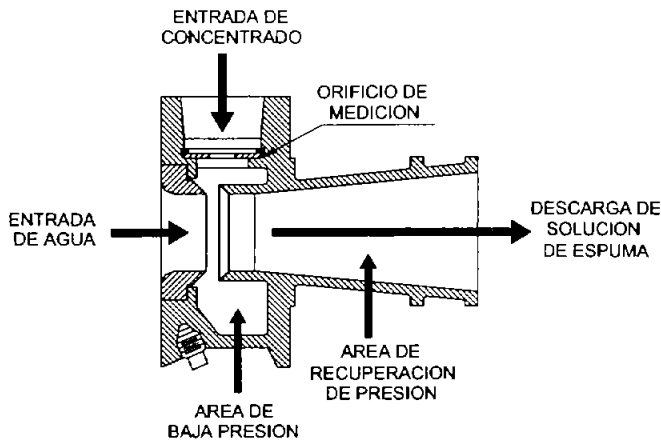


Fig. III.5 Proporcionador de Línea. (17)

#### - Tanques proporcionadores a presión.

Otro método que usa la presión del abastecimiento de agua como fuente de energía es el tanque dosificador o proporcionador a presión.

En este método, el abastecimiento de agua presuriza el tanque de almacenamiento de líquido de espuma, mientras que el agua que fluye a través de un venturi u orificio adyacente crea una presión diferencial.

El punto de baja presión del venturi está conectado al tanque de almacenamiento de líquido de espuma, de manera que la diferencia entre la presión del abastecimiento de agua y este punto de baja presión, fuerza al líquido de espuma dentro del venturi.

La caída de presión es relativamente baja a través de esta unidad, así que la presión del abastecimiento de agua, las pérdidas por fricción o del cabezal no son tan críticas con este método como con el dosificador de línea.

También, la diferencial a través del venturi varía en proporción al flujo, y éste tiene la capacidad de dosificar adecuadamente sobre un amplio rango de flujos.

Son especialmente valiosos donde la presión de agua es relativamente baja o no hay electricidad disponible para operar una bomba de líquido de espuma. (17)

Estos dosificadores operan automáticamente sin necesidad de ajustes manuales. (Ver Fig III.6).

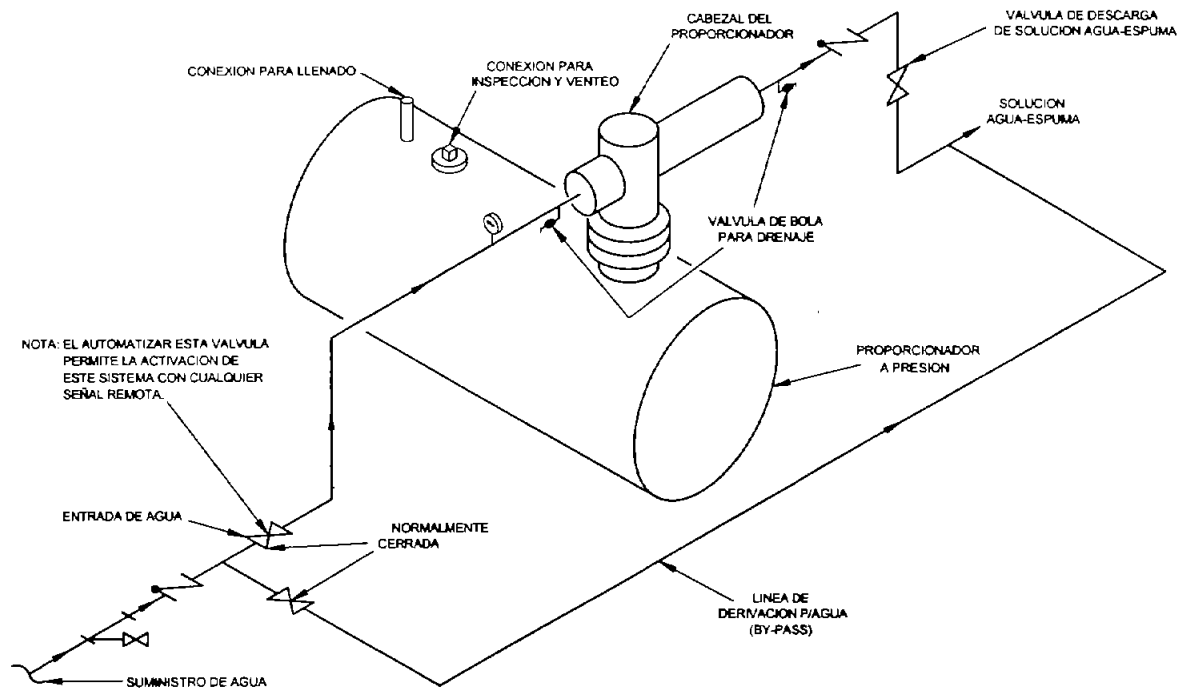


Fig. III.6 Tanque Proporcional a Presión. (17)

### - Tanques proporcionaladores a presión con diafragma.

Este dispositivo incluye todas las ventajas del tanque proporcionalador a presión con la ventaja adicional de un diafragma plegable, elastomérico de nylon reforzado que separa físicamente el líquido de espuma del abastecimiento de agua. El tanque de líquidos es un recipiente a presión y por consiguiente el abastecimiento de líquido espumante no se puede rellenar durante la operación. Los dosificadores a presión de diafragma operan con un rango semejante de flujos de agua y de acuerdo a los mismos principios que los dosificadores o proporcionaladores a presión.

#### III.1.5 Usos y limitaciones.

En general, los usos de la espuma son:

- La extinción de incendios en líquidos más ligeros que el agua.
- Un fuego puede ser prevenido aplicando barreras de espuma a derrames o a otras áreas riesgosas.
- Las espumas pueden ser usadas para aislar y proteger por exposición del calor radiante.
- Debido al contenido de agua, las espumas pueden ser usadas para extinguir fuegos en la superficie de materiales combustibles ordinarios tales como madera, papel, telas, etc.
- Reducen o detienen la producción de vapores inflamables.
- Pueden usarse para llenar cavidades o recintos donde pueda haber acumulación de gases tóxicos.
- Algunas espumas pueden tener una tensión superficial muy baja y características muy penetrantes; este tipo de espumas puede ser utilizado en fuegos de clase A.
- Las espumas de alta expansión, pueden utilizarse para detener el acceso de aire necesario para la combustión.



Las limitaciones de la espuma son las siguientes:

- (a) Las espumas no son agentes de extinción aplicables a fuegos que involucren gases, gases licuados con punto de ignición por abajo de la temperatura ambiente, tales como butano, propano, etc., o líquidos criogénicos.
- (b) Los fuegos en líquidos fluyendo, tales como fugas a presión, no son extinguidos con espuma.
- (c) Las espumas no deberán ser usadas para extinguir fuegos en materiales que reaccionan violentamente con el agua, tales como polvo metálico de sodio y potasio.
- (d) Dado que la espuma es conductora eléctrica, no deberá ser usada en fuegos con equipo eléctrico energizado.
- (e) A criterio, las espumas deberán usarse en aceites calientes, asfalto o líquidos quemándose, los cuales se encuentran a una temperatura por arriba del punto de ebullición del agua.
- (f) Ciertos agentes humectantes y algunos polvos químicos secos pueden ser incompatibles con las espumas. Si éstos son usados simultáneamente, un rompimiento instantáneo de la barrera de espuma puede ocurrir.
- (g) Las espumas proteicas y fluoroproteicas no son aplicables para líquidos solubles en agua o solventes polares. Deberán usarse las espumas especiales diseñadas para esos materiales.
- (h) Al usar la espuma, se deberán evaluar la posibilidad de la propagación del daño, pérdidas potenciales y la contaminación de los productos.

## III.2 Sistemas de halon.

### Descripción general.

La palabra HALON es un término corto proveniente de las palabras HALogenated hydrocarbON, un agente gaseoso usado para la protección contra incendio. Los sistemas de halon fueron ampliamente especificados e instalados desde 1940 hasta 1980, pero debido a que daña la capa de ozono, ha empezado a dejarse de usar, sin embargo, actualmente existen numerosos sistemas instalados, por lo que es conveniente entender cómo fueron originalmente concebidos estos sistemas. Aunque existen varios tipos de halon, la mayoría de los sistemas instalados funcionan con Halon 1301, por lo tanto, las referencias que se hagan en seguida, serán para este tipo de agente.

Los agentes extintores halogenados son hidrocarburos en los que uno o más átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de halógeno: flúor, cloro, bromo y yodo. Esta sustitución proporciona propiedades de no inflamabilidad y extintoras de llama.

El primer compuesto de esta familia fue el tetracloruro de carbono (Halon 104), cuyo uso se remonta hacia el año 1900. En 1917 se descubrió que el tetracloruro de carbono tenía efectos nocivos sobre el cuerpo humano. En 1920 se descubrió el bromuro de metilo (Halon 1001), pero debido a su alta toxicidad no se utilizó mucho en extinguidores portátiles. En Alemania se desarrolló el clorobromometano (Halon 1011) el cual fue el sustituto del bromuro de metilo, pero después se descubrió que su toxicidad era similar a la del clorobromometano.<sup>(18)</sup>

El cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos de Norteamérica elaboró una nomenclatura utilizando solamente números que describen la composición química de los materiales sin necesidad de emplear los nombres químicos ni abreviaturas que pudieran producir confusiones.

El primer dígito de la cifra representa el número de átomos de carbono de la molécula compuesta; el segundo el número de átomos de flúor; el tercero el número de átomos de cloro; el cuarto el número de átomos de bromo y el quinto el número de átomos de yodo si es que los hay.<sup>(18)</sup>

Por ejemplo:

Número	1	2	3	4	5
Número de átomos de	Carbono	Flúor	Cloro	Bromo	Yodo

Nombre químico	Fórmula	Número de Halon
Bromuro de metilo	CH <sub>3</sub> Br	1001
Bromoclorometano	BrCH <sub>2</sub> Cl	1011
Dibromodifluorometano	Br <sub>2</sub> CF <sub>2</sub>	1202
Bromoclorodifluorometano	BrClCF <sub>2</sub>	1211
Bromotrifluorometano	BrCF <sub>3</sub>	1301
Dibromotetrafluorometano	Br <sub>2</sub> C <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	2402
Ioduro de metilo	CH <sub>3</sub> I	10001

Los tres elementos halogenados que se encuentran comúnmente en los agentes extintores son el flúor, cloro y bromo. La sustitución de un átomo de hidrógeno en un hidrocarburo por alguno de estos tres elementos influye en las propiedades del compuesto de la siguiente forma:

**Flúor:** confiere estabilidad al compuesto, reduce la toxicidad, el punto de ebullición y aumenta la estabilidad térmica.

**Cloro:** Confiere eficacia en la extinción de incendios, aumenta el punto de ebullición, la toxicidad y reduce la estabilidad térmica.

**Bromo:** Tiene las mismas características que el cloro, pero en mayor grado.

### III.2.1 Propiedades y efectos de extinción.

Debido a que son gases o líquidos que se vaporizan rápidamente en los fuegos, no dejan residuos corrosivos o abrasivos después de su empleo. No son conductores de la electricidad y poseen alta densidad en estado líquido, lo que permite su empleo en equipos eléctricos o electrónicos en los cuales sea necesario reducir al mínimo el daño en los equipos.

Actúan eliminando los elementos químicos activos que intervienen en las reacciones en cadena de la llama. La efectividad de los agentes halogenados sobre fuegos de clase A resulta muy difícil de predecir ya que depende del material en combustión, de su configuración y de cuando se aplique el agente. Una rápida y completa extinción se obtiene con bajas concentraciones de agente.

<sup>(18)</sup> La extinción. Los halones. Módulo 5. Instituto Superior Federico Grote. España 2003. Pág. 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 25 y 26.

El Halon 1301 (bromo-trifluoro-metano  $\text{BrCF}_3$ ) es un gas incoloro, inodoro, eléctricamente no conductivo y es uno de los medios más efectivos para extinguir incendios. Extingue el fuego destruyendo la reacción en cadena del combustible y el oxígeno. El efecto de extinción se debe al enfriamiento, la dilución del oxígeno y la disminución de las concentraciones de vapor. Es un agente extintor muy efectivo a usar en áreas ocupadas que involucren además equipo delicado, tales como cuartos de interruptores o salas de computadoras, debido a sus propiedades físicas, ya que protege al equipo sin dañarlo, con efectos apenas perceptibles para los ocupantes del local que está siendo protegido. Este gas es aplicable además para la protección de equipo electrónico debido a que no es corrosivo y no deja residuos después de su aplicación, y debido a que es un gas, penetra dentro de los módulos electrónicos para proporcionar protección contra incendio sin efectos de conductividad eléctrica. <sup>(19)</sup>

### III.2.2 Tipos de sistemas.

La diferencia entre un sistema y los aparatos portátiles, es que la descarga del agente se hace automáticamente, sin la intervención de una persona. El chorro de descarga y su forma se determina de antemano, así como la cantidad del agente, su velocidad, número y tipo de boquillas.

Un sistema consiste en un depósito de agente extintor, un medio para liberar o propulsar el agente y una o más boquillas de descarga. El sistema puede contener detectores, alarmas, sistema de tuberías, válvulas de control, suministro de agente extintor de reserva, etc.

Existen dos tipos de sistemas reconocidos:

- 1) Sistemas de aplicación local.- Consiste en un suministro de Halon 1301 dirigiendo su descarga directamente al material que se está quemando. El uso de este tipo de sistema prácticamente no es usual.
- 2) Sistemas de inundación total.- Consiste en un suministro de Halon 1301 arreglado para descargar dentro de un espacio cerrado y llenarlo a la concentración apropiada. Este tipo de sistema es el más comúnmente usado.

### Consideraciones al personal.

Experimentalmente se ha encontrado que el Halon 1301 en concentraciones menores al 4%, por breves periodos de tiempo, tiene pocos o ningún efecto sobre las personas expuestas a la descarga de este agente, en ausencia de flama.

También se encontró que exposiciones entre 5% y 7% hasta por 15 minutos tiene pocos efectos nocivos sobre individuos expuestos, en ausencia de flama. Los sistemas de Halon son básicamente diseñados dentro de este rango. Para concentraciones de entre 7% y 10%, se tienen algunos efectos nocivos que afectan al sistema nervioso central, en ausencia de flama, tales como mareo, escozor, y desorientación. El tiempo máximo de exposición recomendado para personas, debe ser menor de un minuto, para tales concentraciones. Puede ser posible que para algunos sistemas diseñados para una concentración nominal del 7%, sea inyectada una concentración mayor a ese 7% debido a un cálculo de diseño conservador o a que las fugas del agente sean menores a la anticipadas. <sup>(19)</sup>

<sup>(19)</sup> Standard for Halon 1301 Fire Extinguishing Systems. NFPA 12A. E.U.A. 2002. Pag. 51, 53, 58, 59.

No es recomendado que los sistemas de Halon sean diseñados para concentraciones mayores al 10%. Las personas expuestas a concentraciones dentro de este rango están sujetas a pérdida de la conciencia; los efectos son reversibles y no hay daños mayores si la exposición es de 30 segundos o menos.

#### -Sistemas de aplicación local.

Este tipo de sistemas descargan el agente extintor de modo que el objeto incendiado quede localmente protegido por una concentración elevada de agente extintor para sofocar el fuego. En los sistemas de aplicación local, ni la cantidad, ni la disposición de las boquillas de descarga son suficientes para lograr la inundación total del recinto.

#### -Sistemas de inundación total.

Se usa para proteger recintos total o parcialmente cerrados, en los cuales se descarga una cantidad suficiente de agente extintor dentro del recinto, para proporcionar una concentración uniforme de agente extintor. Este tipo de sistemas extinguen los fuegos llenando rápidamente un volumen cerrado con suficiente Halon 1301 para crear una atmósfera que es incapaz de mantener la combustión. Los sistemas de almacenamiento central colocan todos los contenedores de agente en un lugar centralizado. El agente puede quedar almacenado en depósitos múltiples conectados de forma diversificada o en un solo depósito de almacenamiento a granel. La red de tuberías distribuye el agente hacia varias boquillas de descarga.

Existen cinco componentes básicos dentro de este tipo de sistemas: detectores de fuego, tablero de control, cilindros de almacenamiento, tuberías de distribución y boquillas para la aplicación del agente. (Ver Fig. III.7 y III.8).

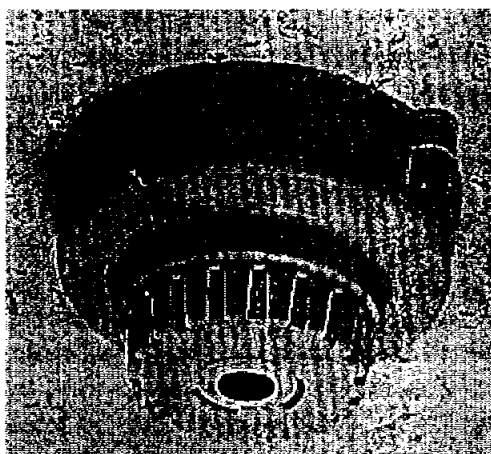


Fig. III.7 Detector de Humo. (19)



Fig. III.8 Tanques de Almacenamiento. (19)

Los componentes principales de este tipo de sistemas se muestran en la Fig. III.9.

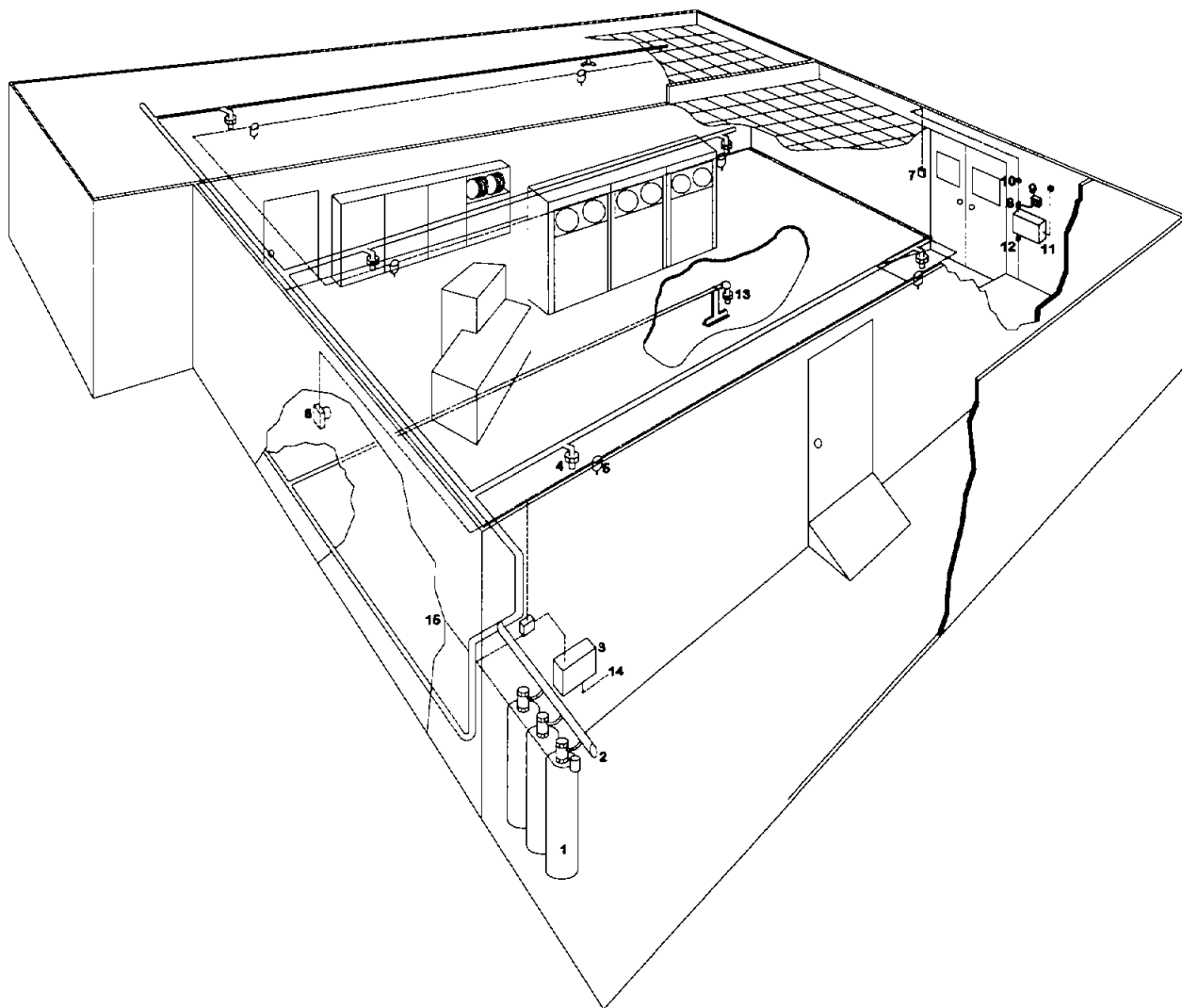


Fig. III.9 Componentes Principales del Sistema de Inundación Total. (19)

1.- Cilindros contenedores de halon 1301 superpresurizados con nitrógeno. Disponibles en capacidades desde 18 lbs. hasta 180 lbs. Están diseñados para usarse en sistemas con Halon 1301 a presiones de 360 psi (25.311 kg/cm<sup>2</sup>) a 600 psi (42.184 kg/cm<sup>2</sup>). Cuando se va a proteger a más de un riesgo con la misma batería de cilindros, se usan válvulas direccionales para dirigir automáticamente el gas al riesgo en problemas. La presión a la que se encuentra sometido el cilindro es usada para efectuar la descarga del agente.

2.- Cabezal de descarga y tuberías de distribución. Formado por una línea que recibe las descargas de los cilindros y las tuberías que llegan hasta el lugar del riesgo a proteger.

3.- Tablero de control. El cual sirve para supervisar el sistema de inundación; su funcionamiento consiste en recibir la señal de incendio proveniente del sistema de detección de fuego, mandando una señal de alarma la cual indica que en un determinado tiempo actuará el sistema de inundación, al mismo tiempo manda otra señal para que se inicie la descarga del Halon.

4.- Boquillas de descarga. Estas están ubicadas en el área donde se va a extinguir el fuego y sirven para descargar y distribuir el agente extintor a la concentración requerida.

5.- Detector. Conectado a un sistema de detección de fuego y a una alarma. Es el primer dispositivo sensor para iniciar la actuación del sistema de inundación. Se pueden instalar detectores de varios tipos: de humo, infrarrojos, ultravioleta, térmicos, etc.

6.- Alarmas preventivas. Estas sonarán 5 o 10 segundos antes de iniciar la descarga de Halon para la inundación total o local del cuarto, esto para que el personal que se encuentra laborando en esa área pueda desalojar el local o tomar las medidas pertinentes, como usar mascarillas para la respiración.

7.- Botón para actuación manual. Sirve para la actuación manual remota del sistema de inundación, enviando su señal al tablero de control del sistema de inundación.

8.- Interruptor de aborto del sistema. Una vez iniciada la alarma preventiva y antes de terminar el tiempo para que se inicie la descarga, la actuación de este interruptor dejará el sistema de inundación sin operar.

9.- Anunciador de detectores (opcional). En caso de no contar con el tablero de control del sistema de detección de fuego, este anunciador puede realizar esas funciones, aunque su capacidad está limitada.

10.- Alarma de operación. Es un timbre o campana, la cual indica que el sistema de inundación está descargando.

11.- Tablero de control del sistema de detección de fuego. Supervisa los detectores de humo, calor o flama localizados en el área a inundar, así como las alarmas manuales por fuego, en caso de que se tengan.

12.- Interruptor de energía.

13.- Boquilla de descarga.

14.- Suministro de energía de alguna fuente de emergencia, en caso de interrupción del suministro principal.

15.- Línea de supervisión de los detectores, localizado bajo el piso falso.

Los sistemas de inundación con este agente, que utilicen concentraciones mayores al 10%, pero que no excedan del 15%, pueden ser usados en áreas que no se encuentren normalmente ocupadas, cuando la salida del local puede realizarse en 30 segundos. Cuando la salida no puede llevarse a cabo dentro de 30 segundos o son usadas concentraciones mayores al 15%, se deben hacer las consideraciones para prevenir la inhalación por el personal.

### III.2.3 Almacenamiento.

El halon es almacenado en forma de un líquido comprimido, superpresurizado con nitrógeno seco en cilindros capaces de soportar 360 psi (25.311 kg/cm<sup>2</sup>) ó 600 psi (42.184 kg/cm<sup>2</sup>). El halon fluye en las tuberías como un flujo en dos fases, ambas líquido y vapor, con 100% vapor descargado en las boquillas (ver Fig. III.10). Los cilindros son instalados en un área resguardada de daños mecánicos, protegidos también del medio ambiente, debiendo estar a una temperatura entre -20°F (-28.889 °C) y 130°F (54.444 °C), siendo 70°F (21.111 °C) la temperatura ideal. La humedad del cuarto de almacenamiento de los cilindros debe ser controlada para minimizar corrosión de los mismos y de sus componentes. Los cilindros deben ser colocados lo más cerca posible del área a proteger, sin comprometer su seguridad en el caso de un fuego en el local que está siendo protegido. <sup>(19)</sup>

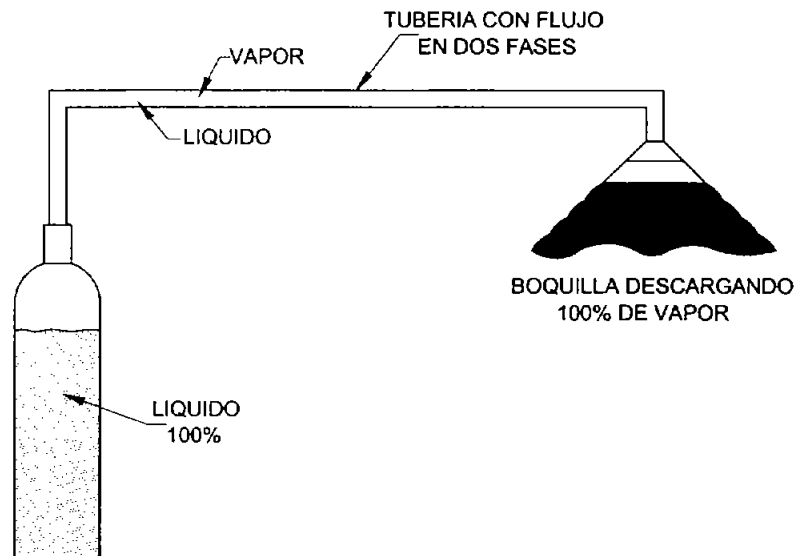


Fig. III.10 Flujo en Dos Fases del Halon.

### III.2.4 Usos y limitaciones.

Los sistemas de Halon 1301 para extinción de fuego están usualmente dentro de los límites de los estándares del equipo de extinción contra incendio en riesgos específicos y en casos donde un medio eléctricamente no conductivo es esencial o conveniente, también se usan donde la limpieza de otro agente presenta un problema. <sup>(19)</sup>

Algunos de los tipos más importantes de materiales y equipo que pueden ser debidamente protegidos por medio de los sistemas de Halon 1301 son los siguientes:

- Materiales líquidos y gaseosos inflamables.
- Equipo eléctrico susceptible a incendiarse, tal como transformadores, interruptores de sistema de combustible, restablecedores de circuitos y equipo rotatorio.
- Máquinas que utilicen gasolina u otros combustibles inflamables.
- Combustibles ordinarios como papel, madera y textiles.
- Sólidos peligrosos.
- Computadoras, equipo de procesamiento de datos y cuartos de control.

Los sistemas para extinción de fuego de halon 1301, no son recomendables para extinción de fuegos en gases de escape, porque se puede crear una explosión bastante considerable.

Muchos exámenes han establecido que combustibles ordinarios sujetos a fuegos en lugares tales como en el triturado de papel y las piezas de cartón corrugado necesitan el 28% de concentraciones de Halon 1301 mantenido durante 5 minutos, o concentraciones de 15% mantenidas durante 10 minutos para extinguir el fuego. Materiales tales como Celotex (láminas de fibra prensada) y espuma de uretano impregnado de carbón, no pueden ser extinguidos con Halon 1301.

Las aplicaciones de Halon 1301 para protección de simuladores de vuelo, computadoras, equipo de procesamiento de datos, cuartos de cables y de control, son cubiertas por los estándares de la F.M. (Factory Mutual).

El Halon 1301 no es efectivo en lo siguiente:

- Ciertos productos químicos o mezclas de productos químicos, tales como nitrato de celulosa y pólvora, los cuales son capaces de incendiarse rápidamente en ausencia de oxígeno.
- Metales reactivos tales como sodio, potasio, magnesio, titanio, zirconio, uranio y plutonio.
- Metales hidruros.
- Productos químicos capaces de sufrir descomposición térmica espontánea, tales como ciertos peróxidos orgánicos e hidrazina.

### **Duración de la protección.**

Es importante que la concentración mínima recomendada del agente sea utilizada y mantenida por un tiempo suficiente para permitir extinguir completamente un fuego. Los sistemas de extinción de Halon 1301 normalmente dan una protección por un periodo de minutos, siendo excepcionalmente efectivos para ciertas aplicaciones.

Los suministros de agua para rociadores estándares, son normalmente diseñados para proporcionar una protección de ½ a 4 horas de duración, pero los rociadores son menos efectivos en el control de varios fuegos. Un sistema de extinción por medio de Halon 1301, está normalmente diseñado para una completa extinción de cualquier fuego dentro del área que se va a proteger. La cantidad de halon requerida para la protección de un cuarto o local, debe ser descargada dentro de dicho local a la densidad especificada, en un tiempo máximo de 10 segundos, medidos desde la aparición del halon líquido en la boquilla, hasta completar la descarga total. La concentración de diseño será mantenida al menos por 10 minutos.<sup>(18)</sup>

### **Riesgos y medidas de seguridad.**

La descarga del Halon 1301 puede provocar al ser aplicado en caso de incendio, daños a las personas que se encuentren cercanas al lugar afectado, tales daños pueden ser desvanecimiento, pérdida de coordinación de movimientos, visibilidad reducida e intoxicación.

El tiempo promedio de exposición, depende de la concentración del agente. Por ejemplo, la Tabla III.1 muestra el tiempo promedio de exposición que puede soportar una persona sin sufrir daños irreversibles, dependiendo de la concentración del agente.



	Concentración % en volumen	Tiempo promedio de exposición
Halon 1301	Hasta 7	15 min
	7-10	1 min
	10-15	30 seg
	más de 15	Impedir la exposición

Tabla III.1 Tiempo Promedio de Exposición Dependiendo de la Concentración del Agente. <sup>(18)</sup>

El halon en su forma más pura es seguro a bajas concentraciones, por cortos periodos de tiempos a la temperatura del local, empezando a descomponerse a aproximadamente 900°F (482.22 °C) en ácidos halogenados, los cuales son muy dañinos y potencialmente letales, aún a bajas concentraciones.

Al ser utilizado el Halon 1301 donde hay una posibilidad de que la gente pueda quedar atrapada entre la atmósfera contaminada, guardias de seguridad deben realizar una evacuación rápida y segura, y prevenir que no se acerquen personas al lugar, también deben prever medios de rescate rápido para cualquier persona atrapada.

Las medidas de seguridad deben incluir:

- Personal entrenado.
- Dispositivos de alarma sonora previa a la actuación del sistema de halon.
- Mascarillas para respiración, para los ocupantes del local.
- Salidas de emergencia.
- Letreros con instrucciones para los ocupantes, indicando lo que deben hacer en el evento de una inundación de halon en el local.
- Realización de simulacros periódicos incluyendo un plan de escape en caso de incendio, asignando responsabilidades, incluyendo al personal de recién ingreso.
- Dispositivos para actuación manual del sistema.
- Dispositivos para abortar la operación del sistema en caso de falsa alarma.

### III.3 Sistemas de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

#### Descripción general.

El bióxido de carbono es un agente gaseoso para protección contra incendio, conocido por su fórmula química CO<sub>2</sub>, una molécula de carbono y dos moléculas de oxígeno. Normalmente el aire que respiramos contiene nitrógeno (78%) y oxígeno (21%). El 1% restante lo forman el argón (0.9%), el bióxido de carbono (0.03%), el resto lo forman distintas proporciones de vapor de agua, y trazas de hidrógeno, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, kriptón y xenón. La presencia de porcentajes significativamente más altos de bióxido de carbono en un cuarto, no puede ser detectado por los sentidos humanos, debido a que es incoloro e inodoro.

Aunque estas propiedades combinadas con las de no arder ni sufrir combustión y no ser capaz de conducir o transmitir cargas eléctricas, lo hacen útil para proteger muchos componentes de equipos electrónicos; cuando grandes volúmenes de bióxido de carbono son inyectados dentro de un cuarto o local crea una atmósfera de riesgo potencial para la vida humana.<sup>(20)</sup>

Este gas es 1.5 veces más pesado que el aire, y la descarga fría tiene una densidad mucho mayor, de tal forma que desplaza al oxígeno fuera de un cuarto o reduce significativamente la concentración de oxígeno a nivel respiratorio y mantiene una atmósfera sofocante. El principio de extinción de un sistema de bióxido de carbono es reducir la concentración de oxígeno en el cuarto donde se produce el incendio, de tal forma que se llegue a una concentración de oxígeno tan baja que no se pueda sostener la combustión.

### III.3.1 Propiedades del bióxido de carbono.

El bióxido de carbono también se denomina anhídrido carbónico y se puede usar para la extinción de líquidos inflamables, gases, aparatos eléctricos, y en menor medida en la extinción de combustibles sólidos. Extingue eficazmente el fuego de la mayoría de los materiales combustibles, excepto en el caso de algunos metales combustibles e hidruros metálicos. No es combustible y proporciona su propia presión para descargarlo del extinguidor, puesto que es un gas puede penetrar y repartirse por todas las zonas del área incendiada. No conduce la electricidad y puede emplearse contra fuegos que involucren equipos energizados, además de que no deja residuos. Se licua fácilmente por compresión y enfriamiento y puede convertirse en sólido si se continúa comprimiéndose y enfriándolo. <sup>(20)</sup>

Estos tipos de sistemas tienen muy pocas limitaciones de uso y son muy efectivos en casi todos los materiales combustibles, pero donde dan mejores resultados es en equipos eléctricos. También pueden resultar muy ventajosos en locales en los que se almacenan elementos de valor tales como pieles, archivos y equipo o materiales que sean susceptibles a los daños por residuos sólidos o líquidos. Pero en resumen el bióxido de carbono es un agente extintor muy efectivo para:

- Combustibles ordinarios (fuegos clase A).
- Líquidos inflamables (fuegos clase B).
- Riesgos eléctricos (fuegos clase C).

En algunas condiciones aisladas, para incendios de combustibles ordinarios se puede usar un sistema de bióxido de carbono, pero en la mayoría de los casos un sistema de rociadores normales es más efectivo y menos peligroso al personal. Los cuartos de almacenamiento conteniendo documentos raros o irremplazables pueden requerir un sistema gaseoso para evitar daños por agua. <sup>(20)</sup>

Algunos líquidos inflamables son protegidos comúnmente por sistemas de bióxido de carbono. Algunos ejemplos de tales aplicaciones incluyen:

- Fosos abiertos conteniendo aceite lubricante.
- Freidoras industriales y ductos con grasa.
- Tanques tipo fosa conteniendo líquidos inflamables para estañado o laminado de componentes metálicos.
- Protección de maquinaria marina.
- Cuartos que almacenan solventes.
- Equipo de impresión que utiliza tinta inflamable, aceite y lubricante.
- Cuartos que almacenan pinturas.
- Laboratorios que almacenan productos químicos.
- Almacenamiento de líquidos inflamables.

<sup>(20)</sup> La extinción. El CO<sub>2</sub>. Módulo 4. Instituto Superior Federico Grote. España 2003. Pág. 5, 6, 7, 11, 12, 13 y 19.

Un sistema de bióxido de carbono puede ser ideal para la protección de riesgos eléctricos debido a que este gas no conduce cargas eléctricas. El sistema de tuberías y boquillas debe ser aterrizado para evitar la transferencia de cargas electrostáticas, producidas por las caídas de presión por fricción en las boquillas. La aplicación a equipo eléctrico incluye:

- Equipo electrónico de procesamiento de datos, cuartos de computadoras o protección de piso falso, debajo del cuarto de computadoras.
- Gabinetes de generadores
- Cuartos de interruptores.
- Cuartos de baterías.
- Gabinetes eléctricos.
- Transformadores.

El bióxido de carbono extingue el fuego por sofocación, es decir reemplaza el oxígeno por un gas inerte (en este caso bióxido de carbono). A medida que el gas inerte va desplazando al oxígeno de la zona de la mezcla inflamable (ver Fig. III.11), mueve a esta fuera del rango inflamable, lo cual produce una reacción mucho más lenta y la cantidad de calor generado va disminuyendo. Parte de este calor sirve para que los vapores combustibles alcancen su temperatura de ignición. La combustión acaba por extinguirse cuando los gases combustibles no logran alcanzar su temperatura de ignición o el combustible no recibe el suficiente calor para poder generar los vapores combustibles que necesita el frente de llama.

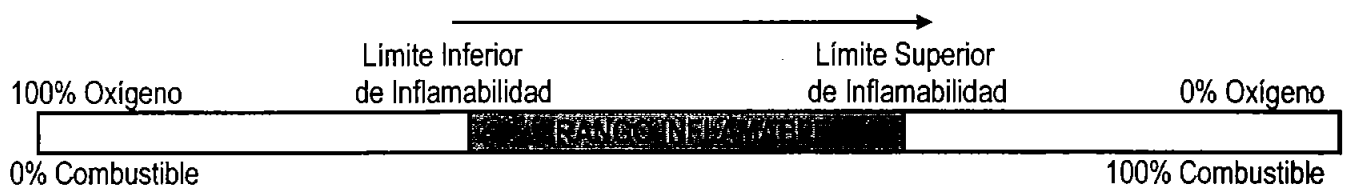


Fig. III.11 Extinción por Sofocamiento Utilizando Bióxido de Carbono. <sup>(20)</sup>

### III.3.2 Tipos de sistemas.

Son reconocidos cuatro tipos de sistemas de bióxido de carbono:

- Sistemas de bióxido de carbono de inundación total.
- Sistemas de bióxido de carbono de aplicación local.
- Sistemas de bióxido de carbono con mangueras portátiles.
- Sistemas de tuberías con suministro móvil.

#### Sistemas de bióxido de carbono de inundación total.

Un sistema de inundación total como el mostrado en la Fig. III.12 está diseñado para llenar completamente un volumen con un porcentaje predeterminado de gas descargado por un sistema de tuberías fijas y un suministro. Un local que va a ser protegido con bióxido de carbono, debe ser razonablemente estricto para contener el gas hasta que el fuego es extinguido, y las aberturas deben ser capaces de ser cerradas automáticamente, o debe considerarse una inyección extra de gas, como una medida compensatoria. <sup>(21)</sup>

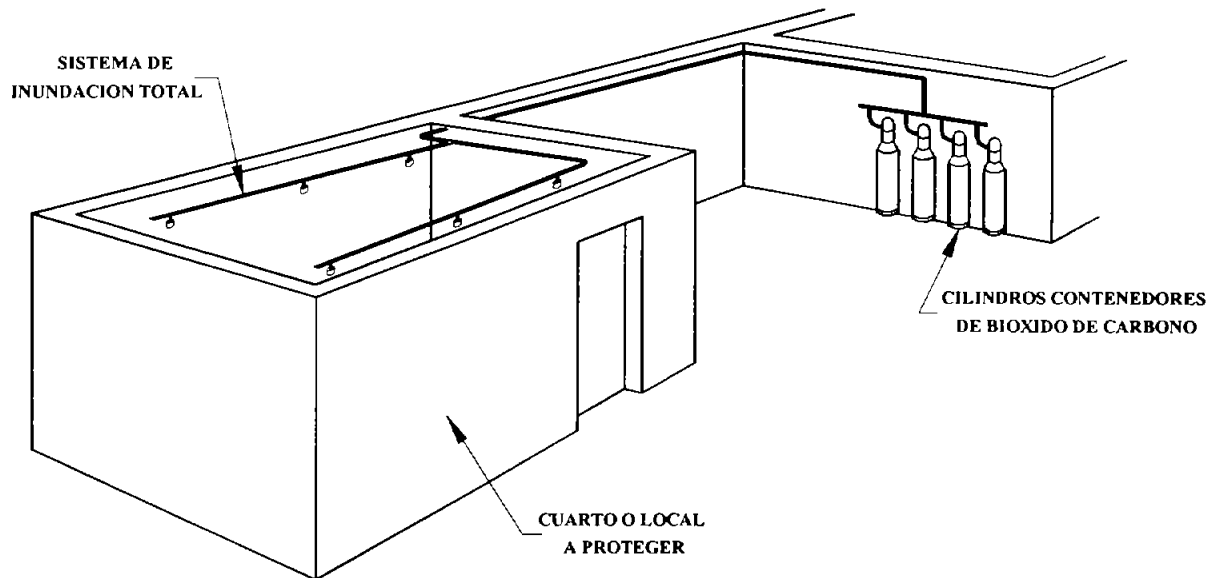


Fig. III.12 Sistema de Bióxido de Carbono de Inundación Total. (21)

Este tipo de sistemas se usa fundamentalmente para la protección de equipos eléctricos y consta de cilindros contenedores de bióxido de carbono, cilindros de repuesto, tubería de distribución, boquillas de aplicación y sistema de mando y control. Se debe tomar en cuenta que si se pierde la atmósfera de extinción rápidamente, pueden permanecer brasas incandescentes que provoquen la reignición cuando el aire alcance la zona de incendio. Por ello es importante que se sellen todas las aberturas para minimizar las fugas.

Los locales pueden estar hechos para contener el bióxido de carbono por los siguientes medios:

- Sellando las uniones en los muros. Se puede reducir el rango de fugas aplicando yeso o algún relleno a las uniones en las que se fuga el gas.
- Suspensión del plafón. Los techos suspendidos tipo plafón, pueden soltarse por la fuerza considerable de la descarga de un sistema de bióxido de carbono. Los sujetadores que mantienen el plafón en su lugar minimizarán esto, y sellar los espacios entre el plafón y sus soportes puede ser una acción necesaria.
- Mecanismos para cierre de puertas y ventanas. Relevadores electromagnéticos pueden mantener una puerta abierta. Una señal eléctrica después de la detección de un fuego invierte la polaridad de los relevadores y permite que las puertas o ventanas sean cerradas.
- Mamparas en los ductos. Los ductos de aire de ventilación y de retorno son cortados en su descarga, pero estos ductos se llenarán con gas si no se instalan rejillas de ventilación que cierren eléctricamente el ducto una vez que se activó el sistema.
- Aberturas en el piso. Sellar las aberturas en el piso tal como los pasos de tuberías con cables es de gran importancia, ya que el peso del bióxido de carbono causa que el gas se acumule en el piso y busque una salida.
- Reforzar los muros. El bióxido de carbono ejerce una presión significativa sobre la parte inferior de los muros en cuartos herméticos, en los cuales las altas concentraciones de bióxido de carbono son inyectadas.
- Prevención de propagación del fuego. En casos en los cuales el fuego podría propagarse a través de aberturas no cerradas, deben ser instaladas boquillas de descarga adicionales en esas aberturas.

### Sistemas de bióxido de carbono de aplicación local.

En espacios muy grandes para un sistema de inundación total, o donde este sistema pueda dañar al personal, o en locales en donde no es posible contener el gas, un sistema de aplicación local como el mostrado en la Fig. III.13 puede ser tomado en consideración. <sup>(21)</sup>

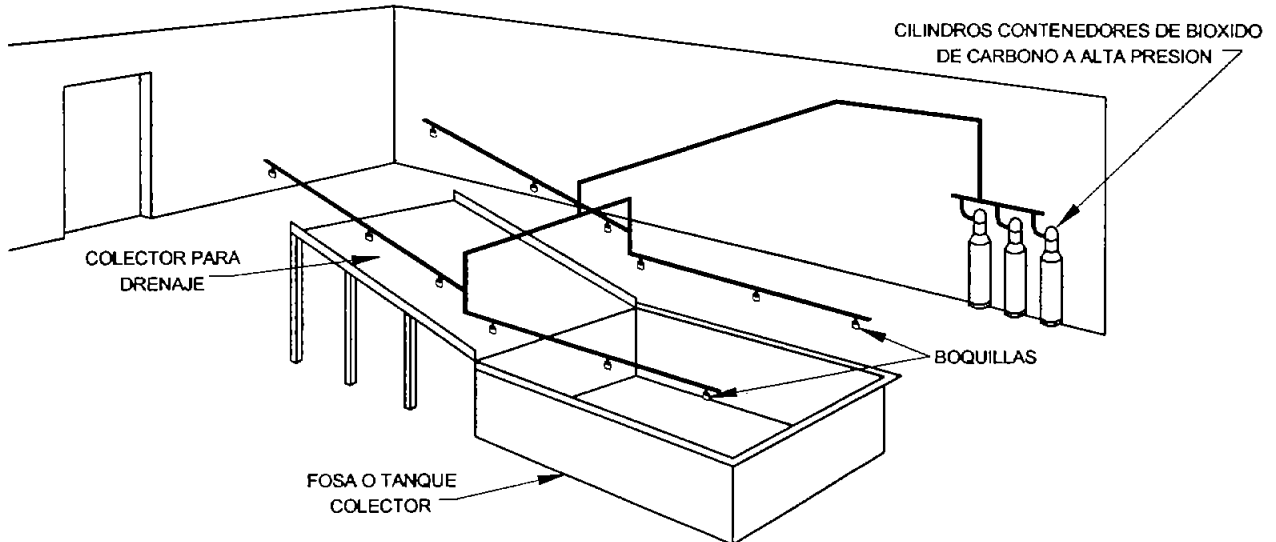


Fig. III.13 Sistema de Bióxido de Carbono de Aplicación Local. <sup>(21)</sup>

Un sistema de aplicación local es un sistema fijo de tuberías, boquillas y almacenamiento de bióxido de carbono que proporcionan la descarga directamente sobre un objeto donde la combustión es probable. Los sistemas de aplicación local son diseñados solamente para fuegos superficiales. Se deben cubrir todas las zonas adyacentes en las que el combustible pueda propagarse y provocar una reignición.

El sistema de aplicación local puede ser efectivo si el objeto de protección está aislado e identificable, si el combustible es compatible para la extinción mediante un sistema de bióxido de carbono, y si el riesgo está separado de otros combustibles por una distancia que puede prevenir la combustión de riesgos adyacentes. Un sistema de aplicación local puede ser diseñado para numerosos riesgos; la instalación de válvulas selectoras pueden permitir la aplicación de bióxido de carbono sobre cada riesgo individualmente.

Los sistemas de aplicación local son instalados generalmente en interiores, pero es permitido que se instalen en exteriores, siempre y cuando cuenten con cubiertas y barreras adecuadas para evitar la disgregación de la descarga por efectos del viento. <sup>(21)</sup>

### Sistemas de bióxido de carbono con mangueras portátiles.

Los sistemas de bióxido de carbono con mangueras portátiles pueden ser instalados en las cercanías de un riesgo localizado, o usarse como complemento de un sistema de inundación total, de un sistema de aplicación local, o como un sistema aislado. La presencia de un sistema con mangueras portátiles asume que se cuenta con personal entrenado en todo momento y que están dispuestos y son capaces de usar el equipo para aproximarse y extinguir un fuego. <sup>(21)</sup>

<sup>(21)</sup> Standard for Carbon Dioxide Extinguishing Systems. NFPA 12. E.U.A. 2002. Pag. 86, 88, 90.

Si el área de riesgo no está ocupada o eventualmente ocupada, un sistema con mangueras portátiles puede ser de poco valor. Si el área está normalmente ocupada por personal transitorio, el sistema puede nunca ser usado. Si es probable que personal no entrenado use las mangueras, es necesario una cantidad adicional de bióxido de carbono para compensar la pérdida por falta de eficiencia de extinción.

El número de carretes de manguera esperado que descarguen simultáneamente debe ser considerado conservadoramente en la determinación de la cantidad de bióxido de carbono requerido por descarga incidental, y este valor debe ser adicionado a cualquier cantidad para inundación total o aplicación local que ocurra simultáneamente con cualquier descarga de manguera.

### **Sistemas de tuberías con suministro móvil.**

En un riesgo asistido por personal altamente entrenado, que esté disponible inmediatamente para el servicio contra incendio y que cuente con el equipo apropiado, es posible instalar un sistema de inundación total, de aplicación local o con mangueras portátiles sin un suministro permanente de alta o baja presión. Un ejemplo de tal situación es una planta química con una brigada para el servicio contra incendio, la cual se encuentra ubicada muy cerca del área de riesgo.

Los acoplamientos de las mangueras son proporcionados en ubicaciones convenientes para conectarse a un tanque móvil de CO<sub>2</sub> o un camión. La velocidad de respuesta, conexión al suministro móvil y la iniciación de la descarga, debe ser considerada cuando se diseñan tales sistemas. No son compatibles con un sistema de suministro móvil los riesgos que involucran propagación rápida de fuegos, riesgos que están eventualmente ocupados por personal entrenado, o riesgos donde el tiempo de respuesta es muy bajo.

### **III.3.3 Limitaciones de los sistemas de bióxido de carbono.**

El empleo del bióxido de carbono se encuentra limitado principalmente debido a :

- Los sistemas de bióxido de carbono no son usados en materiales combustibles que generan su propio oxígeno, en riesgos que involucren metales reactivos, tales como magnesio, y para metales hidruros.
- El bióxido de carbono tiene una reducida capacidad de enfriamiento (las partículas de hielo seco no humedecen ni penetran).
  - No se debe usar en recintos los cuales sean inadecuados para mantener una atmósfera inerte.
- Estos sistemas no deben considerarse para cuartos o locales en los cuales se encuentre personal regularmente, o para locales en los que una persona pueda quedar atrapada o requiera de un tiempo relativamente grande para salir del lugar.
- No es un agente eficaz contra fuegos del tipo que generen brazas.
- No se pueden extinguir con bióxido de carbono fuegos de materiales reactivos como sodio, potasio, magnesio, titanio, y zirconio.

## Riesgos al personal.

El bióxido de carbono es un subproducto de la respiración celular y actúa como regulador de la respiración, pero hasta cierto punto un aumento de bióxido de carbono en la sangre aumenta la velocidad de respiración, aumento que llega al máximo a una concentración del 6-7% de bióxido de carbono en el aire. A mayores concentraciones el ritmo de respiración disminuye hasta llegar al 25-30% de bióxido de carbono en el aire, lo cual produce un efecto narcótico que hace que la respiración cese inmediatamente.

Los sistemas de bióxido de carbono deberán ser considerados idealmente sólo para locales en los cuales no se tenga personal. La concentración mínima a la cual el bióxido de carbono es inyectado dentro del local es de 34% por volumen, resultando en una concentración de oxígeno de un local descendiendo por abajo del 15%.

El personal respirando concentraciones de oxígeno menores al 15% está en riesgo de sufrir sofocación y reducción de la visibilidad; y personas respirando concentraciones de oxígeno menores al 12% pueden perder la conciencia y morir. <sup>(21)</sup>

Se pueden tomar medidas para proteger al personal y prevenir que la gente entre a una área que se encuentre en descarga, algunas de estas medidas pueden ser:

- Alarmas de predescarga. Una voz de alarma que dé instrucciones al personal puede ser más efectiva que una corneta o campana, las cuales pueden ser ignoradas.
- Aparatos de respiración. Colocar dichos aparatos dentro de un gabinete no es garantía de que el personal lo usará. Ha habido casos en los cuales el personal entrenado fue encontrado muerto muy cerca de tales aparatos.
- Sistemas de alarma por voz. Las instrucciones dadas por un sistema de alarma por voz y una señal destellante próxima a los aparatos de respiración, incrementa la posibilidad de que los aparatos sean utilizados.
- Salidas. Si un local está siendo considerado para un sistema de bióxido de carbono, se deben considerar todas las opciones para un rápido egreso de este espacio.
- Señales. Las señales dentro del cuarto pueden avisar a los ocupantes para salir al oír una alarma. Tales señales pueden ser efectivas si son vistas, legibles y son tomadas con seriedad.
- Procedimientos de entrenamiento. Se requiere personal entrenado para ocupar cuartos protegidos por un sistema de bióxido de carbono. Dicho entrenamiento debe ser regular y continuo, debido a que el personal operando en un espacio dado cambiará con el tiempo.
- Retardo de tiempo. Bajo ninguna circunstancia la descarga de bióxido de carbono se debe iniciar a la presencia de fuego, dentro de un cuarto ocupado. La descarga debe ser retardada para permitir que el personal pueda salir antes de que se inicie la misma.
- Activación manual. Una alternativa para un sistema automático es la intervención humana para la descarga del gas.
- Interruptores de aborto. Interruptores que cancelen la descarga no son permitidos por el NFPA 12. Algunos fabricantes pueden proporcionar un interruptor que retarde la descarga.
- Gas oloroso. Debido a que el bióxido de carbono es incoloro e inodoro una fragancia puede ser adicionada al gas que será descargado. Las señales de aviso pueden indicar a los ocupantes que cuando detecten este olor, se les recomienda desalojar el local.

### III.4 Sistemas de polvo químico seco.

#### Descripción general.

El polvo químico seco es una mezcla de polvos; los primeros agentes de este tipo fueron desarrollados a base de bórax y de bicarbonato sódico.

Al polvo químico seco se le reconoce su eficacia para la extinción de fuegos en líquidos inflamables. También puede emplearse para extinguir fuegos producidos por equipos eléctricos.

Estos sistemas se usan para combatir los incendios que son producidos por líquidos inflamables, equipo eléctrico y cierto tipo de combustibles ordinarios, esto dependiendo de la composición química del polvo que se esté usando. <sup>(22)</sup>

La Tabla III.2 muestra algunos tipos de polvos químicos.

Nombre químico	Fórmula	Nombre comercial
Bicarbonato Potásico	NHCO <sub>3</sub>	Púrpura K
Bicarbonato Sódico	NaHCO <sub>3</sub>	
Cloruro Potásico	KCl	Super K
Cloruro Sódico	NaCl	Sal común
Fosfato Monoamónico	(NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	ABC o polivalente
Sulfato Potásico	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Karate macizo
Urea + Bicarbonato Potásico	NH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub> + KHCO <sub>3</sub>	Monees

Tabla III.2 Tipos de Polvos Químicos. <sup>(22)</sup>

#### III.4.1 Propiedades de los polvos químicos secos.

Los polvos químicos secos son estables tanto a temperaturas bajas como del medio ambiente. Sin embargo con la adición de algunos aditivos pueden fundirse y hacer que los materiales se vuelvan pegajosos a temperaturas muy altas. A temperaturas de incendio, los compuestos activos se disocian o descomponen mientras cumplen su función de extinción.

Los ingredientes que se emplean en los polvos químicos secos no son tóxicos. Sin embargo, si existen cantidades importantes de descarga, pueden causar algunas dificultades temporales en la respiración durante y después de la descarga, además de que pueden interferir gravemente con la visibilidad.

Cuando se descargan los polvos químicos secos, en combustibles sólidos incendiados, el fosfato monoamónico se descompone por el calor, dejando un residuo pegajoso sobre el material incendiado, este residuo aísla el material incandescente del oxígeno, extinguiendo así el fuego e impidiendo su reignición.

La descarga del polvo químico seco, produce una nube de polvo que se interpone entre la llama y el combustible, esta nube separa al combustible de una parte del calor radiado por la llama. <sup>(24)</sup>



### III.4.2 Tipos de sistemas.

La aplicación de polvo químico se puede llevar a cabo mediante tres métodos:

- Inundación total de un espacio cerrado.
- Aplicación local.
- Sistemas a base de mangueras.

#### Sistemas de inundación total.

Los sistemas de inundación total o aplicación local se activan automáticamente, pero en caso de algún fallo, cuentan con previsiones para activarlos manualmente. Se componen de una red de tuberías, conexiones, accesorios y boquillas instaladas de tal modo que se logre el máximo rendimiento, ya que generalmente la descarga es de muy corta duración. La aplicación de este método sólo es recomendable cuando no es previsible la reignición, ya que la acción extintora es transitoria.

#### Sistemas de aplicación local.

La aplicación local difiere de la inundación total en el sentido de que las boquillas están dispuestas para descargar directamente sobre el punto de peligro. Este método es útil en aquellas situaciones en que el punto peligroso puede aislarse de otros objetos potencialmente peligrosos, de modo que el fuego no se propague fuera de la zona protegida.

#### Sistemas a base de mangueras.

Los sistemas a base de mangueras constan de un suministro de polvo seco y un gas impulsor con una o varias líneas de mangueras para distribuir el agente extintor y dirigirlo contra el fuego. Las mangueras están conectadas a los recipientes del agente extintor. Pueden suministrar rápidamente cantidades grandes de agente para extinguir incendios relativamente extensos como los que pueden producirse en las instalaciones para cargamento de sistemas de gasolina, almacenes de líquidos inflamables, locomotoras diesel, etc.

### III.4.3 Usos y limitaciones.

Los polvos químicos secos se utilizan principalmente para la extinción de líquidos inflamables; por no ser conductores también pueden emplearse para la extinción provocada por equipos eléctricos. Debido a la gran rapidez con que estos agentes extinguen las llamas, se emplean sobre fuegos de combustibles sólidos (clase A), pero siempre que se utilicen para combatir fuegos de clase A es necesario que se complementen con agua pulverizada para que se apaguen las brasas incandescentes.

Este tipo de polvos no producen atmósferas inertes duraderas por encima de la superficie de los líquidos inflamables y su empleo no da como resultado una extinción permanente si las fuentes de reignición continúan estando presentes. No deben usarse los polvos químicos secos en instalaciones donde se encuentren interruptores u otros contactos eléctricos delicados, ya que las propiedades aislantes de estos polvos podrían inutilizar el equipo o hacer que estos requieran una limpieza muy cuidadosa, extensa y costosa para volverlo a poner en funcionamiento. <sup>(22)</sup>

<sup>(22)</sup> La extinción. Los agentes químicos secos. Módulo 6. Instituto Superior Federico Grote. España 2003. Pág. 10, 11, 12 y 15.

### III.5 Sistemas de agua contra incendio.

El agua es uno de los más importantes agentes de extinción empleado. Su alto calor latente de vaporización (alta absorción de calor cuando es convertida a vapor) la hacen particularmente invaluable en la extinción de incendios clase "A". Tiene las ventajas de ser relativamente barata, abundante, de fácil manejo, transporte y almacenamiento.

La cantidad de agua requerida para la extinción dependerá de la cantidad de calor que tenga que ser absorbida. La velocidad de extinción dependerá del rango de aplicación en relación al vapor generado, el grado de cobertura posible y la manera en la cual el agua es aplicada. Si el agua es dispersada mecánica o químicamente en pequeñas gotitas, el proceso de transferencia de calor es mucho más eficiente, pero esto debe ser balanceado contra la necesidad de proyectar el agua donde es necesitada en el volumen adecuado. El agua puede ser efectiva cuando se aplica en forma de rocío sobre líquidos inflamables en los cuales los puntos de inflamación están por arriba de los 150°F (65.556 °C).

Cuando se trata de combatir incendios, el agua siempre ha sido de vital importancia porque se puede usar para la formación de espuma química o mecánica, para apagar incendios de clase "A" y como medio enfriante del equipo que se encuentre cercano a un incendio. Por todo lo anterior siempre es conveniente que las plantas de proceso y en general las instalaciones en las que existe concentración de mucho equipo industrial, cuenten con un sistema de agua contra incendio.

Cuando se usa agua para extinguir un incendio de un combustible sólido, se aplican simultáneamente varios procedimientos: el sólido se enfría al contacto con el agua haciendo que disminuya su velocidad de pirólisis. Se enfría la llama gaseosa, causando una reducción de la realimentación del calor al combustible sólido. Se genera vapor, que en ciertas condiciones puede evitar que el oxígeno llegue al fuego.

El enfriamiento del combustible hasta el punto en que deje de suministrar gases combustibles puede lograrse con el agua sin absorber el calor total liberado en el fuego. Basta impedir que llegue al combustible el calor requerido para su vaporización. La forma ideal de extinguir un fuego con agua es emplear exactamente la cantidad de agua que al evaporarse absorba suficiente cantidad de calorías como para enfriar la sustancia que se quema a una temperatura inferior a la de ignición. Es importante recalcar que un fuego no puede extinguirse a menos que la acción refrigerante del agua (su velocidad de absorción de calorías) sea mayor que la velocidad a la que el fuego genera calor.<sup>(23)</sup>

#### III.5.1 Modos de extinción del agua.

En cualquier incendio, el agente extintor más usado es el agua, ya que esta posee diversas ventajas como: bajo costo, fácil manejo, transporte y almacenaje, así como a la abundancia de fuentes de abastecimiento.

Posee una variedad de propiedades de extinción como son:

- Enfriamiento.
- Sofocación.
- Emulsificación.
- Dilución.

### **- Extinción por enfriamiento de la superficie.**

Cuando lanzamos agua a un incendio, ésta se convierte en vapor y absorbe la mayor parte del calor, pero es más eficiente si el agua se aplica en forma de gotas pequeñas, que van de 0.3 a 1.0 mm de diámetro; es decir en forma de neblina. Para poder conseguir esto, el agua tiene que ser aplicada con la velocidad suficiente para que sea capaz de vencer la resistencia del aire, gravedad, las llamas y el humo que se produce.

Para que se pueda extinguir el fuego, la cantidad de agua depende de qué tan caliente se encuentre el área incendiada, por lo tanto, la rapidez con que se extinga el fuego depende de la cantidad de agua que se aplique. La extinción por enfriamiento de la superficie se utiliza porque proporciona una cobertura completa con agua de rocío. El enfriamiento no es efectivo sobre productos gaseosos o líquidos inflamables que tengan un punto de inflamación por debajo de la temperatura del agua aplicada, generalmente líquidos con punto de inflamación por debajo de 140°F. (60°C).<sup>(23)</sup>

### **- Extinción por sofocación.**

Este efecto se produce al aplicar agua a un incendio, generándose vapor de agua, el cual desplaza al aire sofocando el incendio por falta de oxígeno. Cuando se use este modo de extinción, se debe de tener en cuenta que la intensidad del fuego esperado debe ser suficiente para generar vapor, proveniente del agua de rocío aplicada y las condiciones deben ser favorables para que se pueda producir este efecto.

Este modo de extinción no debe ser contemplado donde el material protegido pueda generar oxígeno al ser calentado.<sup>(23)</sup>

### **- Extinción por emulsificación.**

Cuando se agitan líquidos inmiscibles, uno de ellos se dispersa en el interior del más denso en forma de minúsculas gotas, por lo que se pueden extinguir incendios producidos por líquidos viscosos inflamables recurriendo a la aplicación de agua pulverizada; por lo tanto este efecto se aplica sobre líquidos los cuales no son miscibles con el agua. El agua debe ser aplicada sobre el área completa de los líquidos inflamables en forma de rocío, con esto, uno de ellos se dispersa dentro del más denso.

Para aquellos que tengan bajas viscosidades la cobertura debe ser uniforme y el rango mínimo requerido debe ser aplicado y la presión en la boquilla no debe ser menor que la mínima sobre la cual está basada la aprobación. Para materiales más viscosos la cobertura debe ser completa pero no necesita ser uniforme y el rango de aplicación puede ser más bajo.<sup>(23)</sup>

### **- Extinción por dilución.**

Cuando un incendio es producido por materias inflamables hidrosolubles puede apagarse por dilución. Pero este método no es frecuente cuando se trata de depósitos muy grandes. El rango de aplicación debe ser adecuado para realizar la extinción dentro del periodo de tiempo requerido basado en el volumen esperado del material y el porcentaje de dilución necesario para hacerlo no inflamable, pero no menos que aquel requerido para control y enfriamiento.<sup>(23)</sup>

---

<sup>(23)</sup> La extinción. El agua. Módulo 3. Instituto Superior Federico Grote. España 2003. Pág. 19, 20, 21 y 22.

### III.5.2 Propiedades físicas del agua.

El agua posee varias características físicas, las cuales la hacen un agente extintor eficaz. Estas propiedades son:

- En condiciones atmosféricas normales de presión y temperatura es un líquido estable.
- El calor necesario para elevar la temperatura de 1 kg de agua en un grado centígrado es de 1 Kcal.
- El calor de fusión es de 36.1 Kcal/kg-°C.
- Al pasar de estado líquido a gaseoso incrementa su volumen en 1,700 veces, desplazando un volumen igual de aire.

A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0°C y su punto de ebullición de 100°C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C y se expande al congelarse.

### III.5.3 Componentes de un sistema contra incendio a base de agua.

Básicamente se forma de cuatro componentes, que son:

- Fuentes de abastecimiento.
- Tuberías de alimentación hacia los riesgos.
- Hidrantes. (Equipo de aplicación manual).
- Sistemas automáticos de aspersion. (equipo de aplicación automática).

#### Fuentes de abastecimiento de agua.

Se dividen en dos las principales fuentes de abastecimiento y son:

- PRIMARIA (ríos, lagos, pozos, etc.).
- SECUNDARIA (tanques elevados, cisternas, tanques de almacenamiento, etc.).

De todas estas fuentes de abastecimiento las que resultan ser más utilizadas, son los pozos de agua.

#### Tuberías de alimentación.

Estas tuberías principales son generalmente subterráneas y los diámetros más comunes que se utilizan son de 6" y 8", en estas se coloca la conexión para bomberos. Pueden ser de fierro fundido o acero, este último debe estar debidamente protegido contra la corrosión. Se debe calcular cuidadosamente la cantidad de agua contra incendio, para que el flujo necesario en los dispositivos de descarga tenga la presión adecuada, y así lograr la máxima eficiencia.

## Sistemas de aplicación de agua.

Los medios más comunes de aplicación de agua se realizan a través de:

- Hidrantes.
- Monitores.
- Gabinetes (hidrantes en edificio).
- Sistemas de aspersión.

El sistema de agua contra incendio se usa para proteger riesgos especiales como transformadores, combustibles líquidos y tanques de almacenamiento de gases o solventes susceptibles de incendiarse o de aumentar su temperatura debido a causas externas. Deben ser diseñados para tener un buen control o extinción del incendio.

Estos sistemas pueden operar de dos formas diferentes:

- Por inundación
- Por diluvio.

Para poder estudiar este tipo de sistemas es indispensable analizar el tipo de boquillas de descarga que se usará, para que por medio del cálculo hidráulico, se logre aprovechar al máximo la descarga de agua para que sea efectiva y no eleve las necesidades a un nivel de abastecimiento exagerado. Tanto física como económicamente.

### III.6 Selección del sistema.

Podemos concluir que todos los sistemas de extinción mencionados anteriormente son eficientes y útiles, siempre y cuando sean utilizados apropiadamente. Para el caso de una plataforma marina de perforación, el agua representa el agente de extinción más recomendado, ya que es un recurso relativamente fácil de obtener, económico, abundante, natural y muy efectivo para la extinción de incendios, si es usado en la forma adecuada.

Debido a las propiedades que posee el agua, es el agente extintor más comúnmente usado, puede extinguir el fuego de diferentes maneras como son: enfriamiento de la superficie, sofocación, emulsificación y dilución. La cantidad de agua requerida para la extinción, dependerá de la cantidad de calor que se tenga que absorber. Por otro lado, se debe considerar que si llegase a ocurrir un incendio en una plataforma marina, éste tiene que ser controlado y extinguido por el equipo y sistema contra incendio instalado en la misma, ya que pudiera darse el caso de que no se recibiera ayuda del exterior (barcos de apoyo con equipo contra incendio) o que ésta llegara con mucho tiempo de retraso, debido a la distancia que la separa de tierra y a lo difícil del acceso.

Es por lo anterior que el diseño del sistema de extinción de fuego a base de agua es de primordial importancia para este tipo de instalaciones y será al que se enfoquen los Capítulos IV y V siguientes.

## **CAPÍTULO IV SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO**

Los sistemas de agua contra incendio frecuentemente son instalados en plataformas marinas para proporcionar protección por exposición, control de ignición y/o extinción de fuegos. El diseño del sistema está basado en los mejores principios de diseño de ingeniería e incluye la cobertura del equipo instalado en la plataforma, tales como separadores de prueba y de producción, lanzadores de diablos, cabezal para bombeo neumático, paquete de regulación de gas de instrumentos, área de pozos, etc.

La capacidad nominal del equipo de bombeo para agua contra incendio es determinada de tal forma que sea suficiente para realizar todas las funciones requeridas para el control y extinción de un posible fuego.

Los lineamientos que se citan a continuación describen un sistema de protección contra incendio, el cual puede ser operado efectivamente por una o dos personas. Este sistema proporcionará al personal suficiente equipo de control de incendio para responder rápida y eficientemente a un fuego antes de que éste cause daños mayores.

Los componentes básicos de un sistema de agua contra incendio son las bombas para agua, las tuberías de distribución, monitores, hidrantes, mangueras y sistemas rociadores. Adicionalmente, agentes a base de polvo químico seco o agentes espumantes, pueden ser proporcionados para ayudar en la extinción de fuegos en líquidos inflamables.

### **IV.1 Propiedades físico-químicas del agua de mar.**

El agua es el fluido predominantemente usado para protección contra incendio ya que es un agente económico, cuyo precio unitario es significativamente menor que los agentes extintores que no están basados en agua.

Las propiedades físicas de este agente lo hacen insustituible para combatir efectivamente los tres elementos del triángulo del fuego, los cuales son entidades interdependientes: oxígeno, calor y combustible.

Las cualidades físicas del agua la hacen muy confiable y predecible; a la presión normal de 1 atmósfera (al nivel del mar), el agua pura tiene las siguientes características:

- Se congela a 32°F (0°C).
- Hierve a 212°F (100°C).
- Peso específico 62.4 lb/pie<sup>3</sup> (1000 kg/m<sup>3</sup>).
- Cuando el agua hierve a 212°F (100 °C), se convierte en vapor, a una relación de 1:1,700 (1,700 unidades de vapor producidas por cada unidad de agua). Un galón de agua (3.785 lt.) se transforma en 223 pies cúbicos de vapor (6.315 m<sup>3</sup>).
- Absorbe calor de un fuego a un rango de 9,330 Btu por libra de agua (1 Kcal por kg de agua). Un Btu (British thermal unit) es una unidad de energía calorífica necesaria para elevar la temperatura de 1 libra masa de agua, 1°F a una presión constante de una atmósfera.
- Ocupa un espacio predecible: 7.48 galones de agua llenan un recipiente que tiene un volumen de 1 pie cúbico. Esto significa que un galón de agua ocupa un espacio de 0.1337 pies cúbicos (1000 lt de agua llenan un recipiente de 1 m<sup>3</sup>).

En la Tabla IV.1 se muestran los elementos químicos componentes del agua de mar en miligramos por litro.

<b>Elementos Químicos Componentes del Agua de Mar</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Concentración en mg. por litro</b>
Azufre	S	900.0
Boro	B	4.8
Carbono	C	28.0
Cloro	Cl	19,000.0
Flúor	F	1.3
Magnesio	Mg	1,300.0
Nitrógeno	N	0.5
Potasio	K	380.0
Silicio	Si	3.0
Sodio	Na	10,500.0

Tabla IV.1 Elementos Químicos Componentes del Agua de Mar, en mg. por litro. (24)

## **IV.2 Características del equipo de bombeo.**

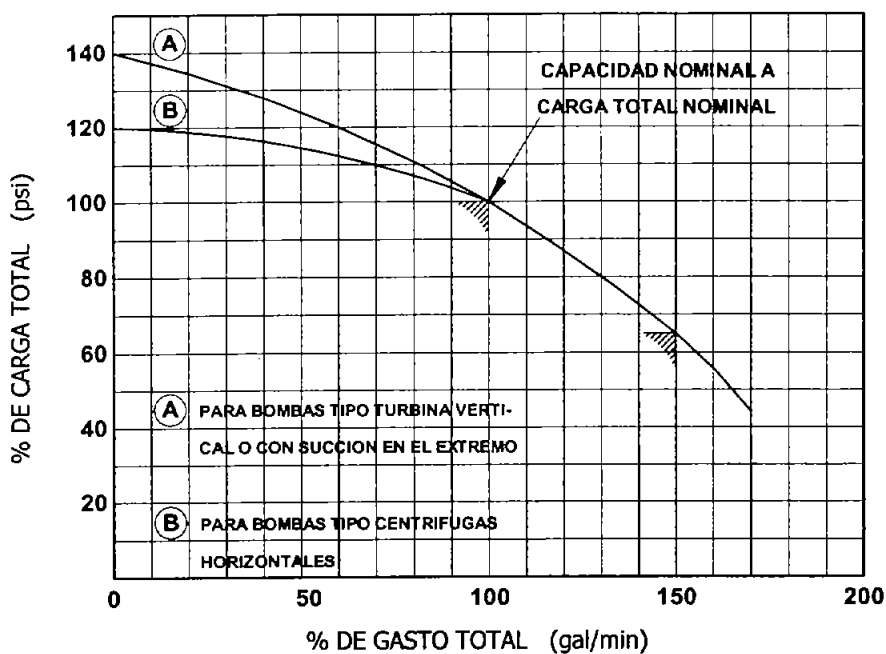
### **IV.2.1 Bombas para agua contra incendio.**

Las bombas para agua contra incendio a instalar en una plataforma marina de perforación son seleccionadas para proporcionar la presión y flujo requeridos para satisfacer la demanda anticipada de la operación automática del sistema de rociadores más grande instalado, más la demanda de la operación de los equipos de apoyo manual (hidrantes, monitores, mangueras). Las bombas deben ser capaces de suministrar la presión y el flujo adecuados para el área de mayor demanda. La presión mínima de aplicación del agua será la recomendada por el fabricante de las boquillas, o al menos 75 psi (5.273 kg/cm<sup>2</sup>), cuando dos mangueras se encuentren operando.

No es requisito necesario que las bombas contra incendio cumplan los criterios del Código NFPA 20, "Standard for the Installation of Centrifugal Fire Pumps", sin embargo se recomienda que este documento sea consultado como una referencia cuando se diseñan o instalan estos equipos. De acuerdo con el código anterior, las bombas deben cumplir los siguientes criterios de funcionamiento:

- Proporcionar la presión y flujo nominales para satisfacer la demanda de agua requerida para el incendio de mayor proporción que pudiera presentarse.
- Suministrar el 150% de la capacidad nominal a no menos del 65% de la presión nominal. (Ver Fig IV.1).
- La presión de descarga a válvula cerrada no excederá del 140% de la presión nominal para bombas verticales o 120% para bombas horizontales. (Ver Fig IV.1). (Para plataformas marinas de perforación se usan bombas verticales).

En general las bombas usadas para el servicio de agua contra incendio, ya sean tipo turbina vertical o centrífugas horizontales, deben tener una curva característica similar a la indicada en el Código NFPA 20 mencionado anteriormente. (Ver Fig IV.1).

Fig. IV.1 Curva Característica de las Bombas. <sup>(24)</sup>

Los siguientes accesorios pueden ser requeridos para suministrar un funcionamiento apropiado de las bombas para agua contra incendio:

- Válvulas de Alivio: para prevenir sobrepresión en el sistema (válvulas, tuberías, accesorios, etc.)
- Cabezal de prueba: para permitir las pruebas de flujo (pueden usarse medidores de flujo o tubos de pitot portátiles).
- Válvulas automáticas relevadoras de aire: para el arranque automático de las bombas, manteniendo la columna de succión llena de agua.
- Válvula de alivio de recirculación: para prevenir sobrecalentamiento de la bomba. Pueden ser usados orificios para flujo mínimo, válvulas para control de presión u otros dispositivos.

Las bombas para agua contra incendio normalmente usadas en las plataformas marinas son del tipo turbina con flecha vertical, con los impulsores sumergidos, localizados abajo del nivel medio de baja mar. Otros tipos de bombas son aceptables, siempre y cuando proporcionen el volumen de agua y carga requeridos, y sean aplicables para el uso específico. Las bombas para agua contra incendio y todos los componentes y accesorios expuestos al agua de mar deben ser construidos de material resistente a la corrosión.

Una bomba para agua contra incendio de reserva y para respaldo de la primera debe ser considerada. Esta bomba puede tener un modo de accionamiento diferente que el de la bomba principal, por ejemplo, la principal puede ser accionada con energía eléctrica y la de reserva accionada con motor de combustión interna. La bomba de reserva debe ser capaz de suministrar la demanda máxima del sistema, ya que se utiliza el mismo criterio que se utilizó para la determinación de la capacidad de la bomba principal. <sup>(24)</sup>

En la Fig. IV.2 se muestra una bomba centrífuga para el servicio de agua contra incendio, del tipo turbina vertical, accionada con motor eléctrico, con los accesorios con que normalmente es suministrada.

<sup>(24)</sup> Sistemas Fijos para Protección Contra Incendio. Petróleos Mexicanos. México 1977. Pág. 114, 115, 116 y 117.



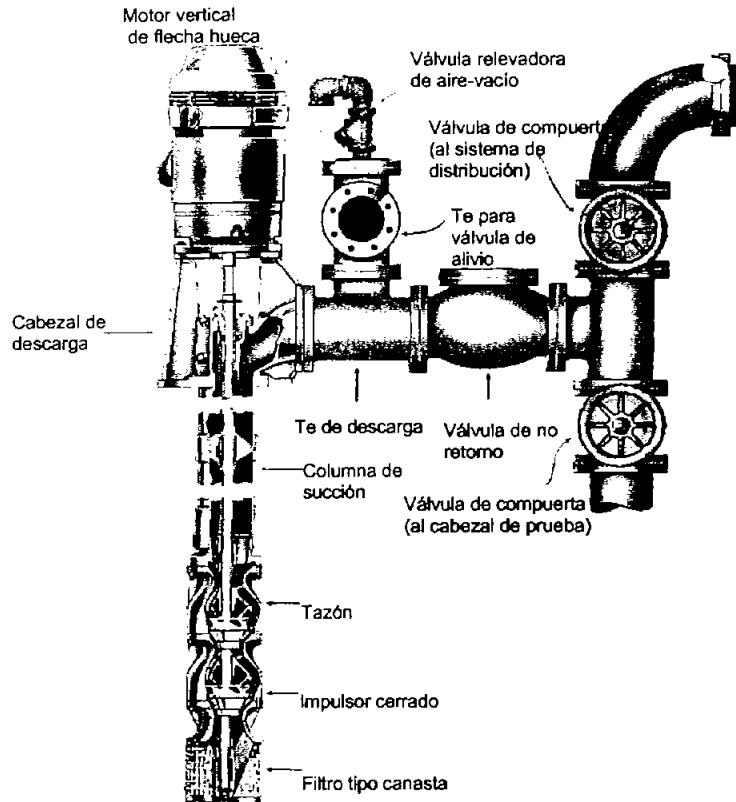


Fig. IV.2 Bomba para Agua Contra Incendio de Tipo Turbina Vertical. <sup>(24)</sup>

### IV.2.2 Localización de las bombas contra incendio.

Las bombas para agua contra incendio se localizan de tal forma que se minimice la posibilidad de que resulten dañadas en el evento de un fuego. Están aisladas tanto como sea práctico, de fuentes de combustible y de ignición. Si más de una bomba contra incendio es instalada, en donde sea posible, éstas deben encontrarse separadas para minimizar la posibilidad de que un fuego dañe ambas bombas. Esto es crítico especialmente si estos equipos son localizados en las áreas de proceso o de pozos. Donde resulte práctico, las columnas de succión serán localizadas donde queden protegidas por la estructura de la plataforma para minimizar daños por barcos o barcazas. Las bombas con flecha tipo turbina vertical o sumergibles, se recomienda que sean localizadas cerca de la grúa de la plataforma o considerar un método alternativo de reparación o mantenimiento para dichas bombas. Los controladores del motor de las bombas deben ser fácilmente accesibles desde al menos dos direcciones, y donde sea práctico, ser localizados cerca de las escaleras, para permitir su acceso desde otros niveles de la plataforma. <sup>(24)</sup>

### IV.2.3 Columna de succión de las bombas contra incendio.

La columna de succión debe ser construida de materiales resistentes a la corrosión por agua de mar, tales como tubería de fibra de vidrio, tubería de acero recubierta internamente o de tubería de acero con alguna aleación para darle resistencia a la corrosión. Esta columna debe ser a su vez recubierta por una tubería de acero para protegerla de la acción de las olas o de daños mecánicos. En la succión, la columna debe ser equipada con un filtro, ya sea tipo cónico o tipo canasta, construido también de material resistente a la corrosión.

Donde el crecimiento marino pueda restringir la entrada de agua, una pintura anti-suciedad u otra medida de control debe ser considerada.

#### IV.2.4 Bomba Jockey.

Normalmente en sistemas de rociadores que operarán en forma automática, es necesario mantener las tuberías llenas sometidas a una presión constante. La presión en el sistema de tuberías puede descender normalmente por fugas en dicho sistema. Para prevenir un arranque y paro frecuente de la bomba principal para agua contra incendio, es común la instalación de una bomba jockey, la cual repondrá las fugas que se tengan en el sistema y elevará la presión hasta un nivel adecuado. La filosofía de operación de un sistema automatizado de agua contra incendio es la siguiente:

La presión del sistema es mantenida por la bomba jockey dentro de un cierto rango de operación, suficiente para proporcionar una presión adecuada de operación al rociador o equipo en la ubicación más remota (esta presión normalmente es de 100 psi (7.031 kg/cm<sup>2</sup>)). Consideremos por ejemplo que la presión de descarga nominal del equipo de bombeo es de 125 psi (8.788 kg/cm<sup>2</sup>). La bomba jockey podría arrancar cuando la presión en el sistema sea de 100 psi (7.031 kg/cm<sup>2</sup>), y al alcanzar 125 psi (8.788 kg/cm<sup>2</sup>), parará. Si debido a la apertura de una válvula de inundación que controla la alimentación de agua a un sistema de rociadores o a que se tiene la operación de un hidrante o un monitor, la presión en la red de agua contra incendio desciende a pesar de la operación de la bomba jockey (ya que esta bomba es de una capacidad reducida, aproximadamente del doble del rango de fugas anticipadas o de un 3 % a un 5% de la capacidad nominal de la bomba principal), se mandará una señal de arranque al controlador del motor eléctrico de la bomba contra incendio principal.

En el ejemplo en cuestión, esta señal de arranque puede ser enviada cuando la presión en el sistema sea de 90 psi (6.327 kg/cm<sup>2</sup>). Con la operación de esta bomba se proporcionará el flujo demandado por el sistema. Si por alguna razón no arranca el motor de esta primera bomba, y la presión en el sistema siguiera descendiendo, al alcanzar por ejemplo 80 psi (5.624 kg/cm<sup>2</sup>), se mandará una señal de arranque al controlador de la bomba de respaldo, la cual es accionada con motor de combustión interna. De esta forma se proporcionará el flujo demandado por el sistema. El paro de las bombas, una vez combatido y controlado el siniestro, se recomienda que sea totalmente manual. Dado que el sistema quedó lleno con agua salada, ésta es drenada y el sistema se llena nuevamente con agua dulce, esto para controlar hasta donde sea posible los problemas de corrosión en el sistema.

#### IV.2.5 Hojas de datos de los equipos.

Las características de los equipos necesarios para el sistema de agua contra incendio (bombas contra incendio, bomba jockey, motores eléctricos, motores de combustión interna, paquetes de espuma, equipo de supervivencia), son especificados en una "Hoja de Datos Técnicos", la cual contiene por ejemplo: datos específicos del equipo y su ubicación, servicio, cantidad, tipo, condiciones de operación, materiales de construcción, pruebas necesarias, códigos y normas aplicables, etc. Esta "Hoja de Datos Técnicos" es un documento que los proveedores deben llenar con las características específicas del equipo propuesto por ellos, comprometiéndose a cumplir con lo solicitado, y en su caso hacer notar las desviaciones y excepciones al equipo cotizado. Posteriormente se hace una evaluación del equipo cotizado, para adquirir el equipo más eficiente, que ofrezca las mejores características. En las Figuras IV.3 y IV.4 se muestra la "Hoja de Datos Técnicos" para una bomba contra incendio tipo turbina vertical, accionada con motor de combustión interna.

<b>BOMBA CENTRIFUGA CONTRA INCENDIO</b>		HOJA DE DATOS No.:		
PROYECTO:		ELAB.: APROB:		
HOJA 1 DE 4		REQUISICION No.:		
FECHA	REV.	0	1	2
APROB		3		
CLIENTE		No. DE EQUIPO		
LOCALIZACION		CLASIFICACION ELECTRICA DEL AREA		
BOMBA <input type="checkbox"/> HORIZONTAL <input type="checkbox"/> TURBINA VERTICAL <input type="checkbox"/> SERVICIO <input type="checkbox"/> PRIMARIO <input type="checkbox"/> INCENDIO <input type="checkbox"/> BOMBA REFORZADORA <input type="checkbox"/> SERVICIO LIMITADO <input type="checkbox"/> ACCIONADOR <input type="checkbox"/> MOTOR DIESEL <input type="checkbox"/> MOTOR ELECTRICO <input type="checkbox"/> CABEZAL ENGRAN. <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> ANGULO RECTO <input type="checkbox"/> AGUA <input type="checkbox"/> FRESCA <input type="checkbox"/> BALADA <input type="checkbox"/> FUENTE <input type="checkbox"/> CANTIDAD <input type="checkbox"/> GAL/S <input type="checkbox"/> C DENSIDAD RELATIVA A 15°C <input type="checkbox"/> TEMPERATURA DE BOMBEO: MAX / MIN <input type="checkbox"/> °C		DISEÑO <input checked="" type="checkbox"/> ANILLOS DE DESGASTE <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> MARCA/MODELO <input checked="" type="checkbox"/> FLECHA DE LA BOMBA <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> ENLISTADO/APROBADO <input checked="" type="checkbox"/> CHUMACERAS DE LA BOMBA <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CARGA/PRESION EN LA SUCCION <input checked="" type="checkbox"/> FLECHA DE TRANSMISION <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> No. DE PASOS/ROD NOMINALES <input checked="" type="checkbox"/> CHUMACERAS FLECHA DE TRANSMISION <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> SH-PTIFIC. REQ. A CAPAC. NOMINAL <input checked="" type="checkbox"/> CAMISA FLECHA DE TRANSMISION <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> SH-PTIFIC. REQ. AL 15% CAP. NOMINAL <input checked="" type="checkbox"/> RETENEBESTABILIZADORES <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> N°SH MIN./SUMERGENCIA REQ. <input checked="" type="checkbox"/> COPLES FLECHA DE TRANSMISION <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CAPACIDAD NOMINAL <input checked="" type="checkbox"/> PRES / OPM <input checked="" type="checkbox"/> COLUMNA/RECURBIMIENTO <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CARGA TOTAL A CAPACIDAD NOMINAL <input checked="" type="checkbox"/> PRES <input checked="" type="checkbox"/> BRIDAS COLUMNA/PIERNOS <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> C. TOTAL AL 150% DE CAP. NOMINAL <input checked="" type="checkbox"/> PRES <input checked="" type="checkbox"/> EMPALMES <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> TIPO DE IMPULSOR <input checked="" type="checkbox"/> PRES <input checked="" type="checkbox"/> CABEZAL DE DESCARGA <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> DIAMETRO MAXIMO DEL IMPULSOR <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PRENSA ESTOPAMPERNOS <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> ROTACION DE LA BOMBA (VITOS DEBE EL ACOP.) <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> ENPAQUETADURA <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CONEX. DE SUCCION (TAMAROTIPO) <input checked="" type="checkbox"/> PULG./ <input checked="" type="checkbox"/> COLADERA <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> TIPO CABEZAL DE DESCARGA <input checked="" type="checkbox"/> PULG./ <input checked="" type="checkbox"/> COLOR DE PINTURA DE ACABADO <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> LUBRICACION DE LA FLECHA <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> ACCESORIOS <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> DIAMETRO DE LA FLECHA <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> VALVULA RELEVADORA DE AIRE <input checked="" type="checkbox"/> PULG. X <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> DIAM. INT./ESP. CAMISA FLECHA <input checked="" type="checkbox"/> PULG./ <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> VALVULA DE SEGURIDAD (TAMAROTIPO) <input checked="" type="checkbox"/> PULG. X <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> DIAM./ESPESOR DE COLUMNA <input checked="" type="checkbox"/> PULG./ <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> AJUSTE VALV. DE SEGURIDAD <input checked="" type="checkbox"/> PULG. A <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> UNIONES COLUMNA (BRIDAS/ROSCADAS) <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> COMO DRENI ABIERTO (DIAM. SALIDA) <input checked="" type="checkbox"/> PULG. X <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> DIAMETRO EXT. MAXIMO DEL TAZON <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> COMO DRENI CERRADO <input checked="" type="checkbox"/> PULG. X <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> LONG. ENSAMBLE TAZONES Y COLUMNA <input checked="" type="checkbox"/> PRES <input checked="" type="checkbox"/> RANGO MANOMETRO DE SUCCION <input checked="" type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> DIAM. EXT./LONGITUD COLADERA <input checked="" type="checkbox"/> PULG./ <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> RANGO MANOMETRO DE DESCARGA <input checked="" type="checkbox"/> PULG. / <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> TIPO COLADERA <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> DIAM. CARATULADURA CONEX. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. / <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> DIAM. EXT./LONGITUD COLADERA <input checked="" type="checkbox"/> PULG./ <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> TE DE DESCARGA <input checked="" type="checkbox"/> PULG. X <input checked="" type="checkbox"/> PULG. X <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> MATERIALES (AP#10, DESIGNACION) <input checked="" type="checkbox"/> TIPO DE MEDIDOR DE PRESION <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CARCAS/TAZONES <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> MARCA/MODELO MEDIDOR DE PRESION <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> PERNOS DE CARCAS/TAZONES <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> ENLISTADO/APROBADO <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> RECURBIMIENTO DE CARCAS/TAZONES <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> RANGO DE FLUJO <input checked="" type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> GPM <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> IMPULSOR <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> COLLARINES DE SEGURIDAD <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/> PULG. <input checked="" type="checkbox"/>		

Fig IV.3 Hoja de Datos Técnicos.

<b>CABEZAL DE ENGRANES</b>		<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> MARCA/MODELO	<input checked="" type="checkbox"/> ENLISTADO/APROBADO	<input checked="" type="checkbox"/> MATERIAL INTERCAMBIADOR DE CALOR	<input checked="" type="checkbox"/> FILTRO
<input checked="" type="checkbox"/> RELACION DE ENGRANES	<input checked="" type="checkbox"/> H.P. NOMINALES	<input checked="" type="checkbox"/> VALV. REGULADORA DE PRESION	<input checked="" type="checkbox"/> VALVULAS DE SECCIONAMIENTO
<input checked="" type="checkbox"/> EFICIENCIA/FACTOR DE SERVICIO	<input checked="" type="checkbox"/> TRINQUETE DE NO RETROCESO	<input checked="" type="checkbox"/> VALVULA SOLENODE	<input checked="" type="checkbox"/> TUBERIA DE SUMINISTRO
<input checked="" type="checkbox"/> CAPACIDAD COLINETES DE EMPUJE	<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCION SEGUN		
<b>MOTOR DIESEL</b>		<b>SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> MARCA/MODELO	<input checked="" type="checkbox"/> ENLISTADO/APROBADO	<input checked="" type="checkbox"/> CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE	<input checked="" type="checkbox"/> MONTAJE TANQUE DE COMBUSTIBLE
<input checked="" type="checkbox"/> TIPO DE ACOPLAMIENTO DEL ACCIONAM.	<input checked="" type="checkbox"/> GUARDA DE ACOPLAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/> CONEX. PULLENADO CON MALLA	<input checked="" type="checkbox"/> ARRESTADOR DE FLAMA
<input checked="" type="checkbox"/> B.H.P. NOMINALES (CONTINUOS)	<input checked="" type="checkbox"/> R.P.M. NOMINALES	<input checked="" type="checkbox"/> CONEX. FLEX. P/SUMINISTRO Y RETORNO	<input checked="" type="checkbox"/> INDICADOR DE NIVEL
<input checked="" type="checkbox"/> R.P.M. DISPARO POR SOBREVELOCIDAD	<input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE ARRANQUE	<b>BATERIAS</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> SENTIDO DE ROTACION	<input checked="" type="checkbox"/> CALENTADOR (VIBRAZ./AMP)	<input checked="" type="checkbox"/> NUMEROTIPO	<input checked="" type="checkbox"/> VOLTAJE/AMPERES
<input checked="" type="checkbox"/> NUMERO DE CILINDROS	<input checked="" type="checkbox"/> TIPO DE COMBUSTIBLE	<input checked="" type="checkbox"/> MONTAJE	
<input checked="" type="checkbox"/> CONSUMO DE COMBUSTIBLE A POT. MAX			
<b>DISPOSITIVOS DEL MOTOR</b>		<b>CONTROLADOR DEL MOTOR</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> TACOMETRO	<input checked="" type="checkbox"/> CONTADOR DE HORAS DE OPERACION	<input checked="" type="checkbox"/> MARCA/MODELO	<input checked="" type="checkbox"/> ENLISTADO/APROBADO
<input checked="" type="checkbox"/> INDICADOR DE PRESION DE ACEITE	<input checked="" type="checkbox"/> INDICADOR DE TEMPERATURA (CAMBIA)	<input checked="" type="checkbox"/> POTENCIA (VIBRAZ./AMP)	<input checked="" type="checkbox"/> INTERRUPTOR SELECTOR
<input checked="" type="checkbox"/> INDIC. DE PRESION AGUA DE ENFRIAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/> REGULADOR DE VELOCIDAD	<input checked="" type="checkbox"/> ARRANQUE MANUAL	<input checked="" type="checkbox"/> ARRANQUE AUTOMATICO
<input checked="" type="checkbox"/> DISPOSIT. PARO POR SOBREV. CREST. MANUAL	<input checked="" type="checkbox"/> CONTACTOS ARRANQUE DOBLE	<input checked="" type="checkbox"/> PARO MANUAL	<input checked="" type="checkbox"/> PARO AUTOMATICO
<input checked="" type="checkbox"/> DISPOSITIVO ARRANQUE MANUAL	<input checked="" type="checkbox"/> CUAL TERMINAL P/CONEX. EN CAMPO	<input checked="" type="checkbox"/> CICLO ALTERNADO DE ARRANQUE	<input checked="" type="checkbox"/> CONTADOR DE TIEMPO P/ARRANQUE SEMANAL
		<input checked="" type="checkbox"/> TIPO DE GABINETE/MATERIAL	
<b>SISTEMA DE ESCAPE</b>		<b>FUNCIONES OPCIONALES DEL CONTROLADOR</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> MULTIPLE CON BIENEFICIA DE ENFRIAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/> CONEX. FLEX. SALIDA (DIAM./TIPO)	<input checked="" type="checkbox"/> RELEVADOR P/ARRANQUE SECCIONAL	<input checked="" type="checkbox"/> AJUSTE DE A SED. AJUSTAR A SED.
<input checked="" type="checkbox"/> BIENEFICIA CON ARRESTADOR DE FLAMA		<input checked="" type="checkbox"/> ARRANQUE MANUAL REMOTO	
		<b>ACCESORIOS DEL CONTROLADOR</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> CARCAS/TAZONES	<input checked="" type="checkbox"/> PERNOS DE CARCAS/TAZONES	<input checked="" type="checkbox"/> CARGADOR DE BATERIAS	<input checked="" type="checkbox"/> CALENT. DE ESPACIO (VIBRAZ./AMP)
<input checked="" type="checkbox"/> RECURBIMIENTO DE CARCAS/TAZONES	<input checked="" type="checkbox"/> IMPULSOR	<input checked="" type="checkbox"/> VOLTMETRO-AMPERMETRO P/BATERIAS	

<b>BOMBA CENTRIFUGA CONTRA INCENDIO</b>		HOJA DE DATOS No.:	
		PROYECTO:	APROB.:
		ELAB.:	
FECHA APROBADO	REV.	1	2
		0	3
		REQUISICION No.:	
CLIENTE:		LUGAR:	
UNIDAD:		EQUIPO:	
No. DE IDENTIFICACION:		CANTIDAD:	
FABRICANTE:		TAMARO(TIPO):	

<b>ALARMAS/SENALES DE CONTROL</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> PERDIDA DE ENERGIA AL CONTROLADOR	
<input checked="" type="checkbox"/> BOMBA OPERANDO	PESOS
<input checked="" type="checkbox"/> FALLA DE ARRANQUE	Kg
<input checked="" type="checkbox"/> BAJA PRESION DE ACEITE	Kg
<input checked="" type="checkbox"/> ALTA TEMPERATURA DEL MOTOR	Kg
<input checked="" type="checkbox"/> PARO POR SOBREVOLUCION DEL MOTOR	
<input checked="" type="checkbox"/> FALLA DE BATERIA	
<input checked="" type="checkbox"/> CONTROLADOR DE POSICION	
<input checked="" type="checkbox"/> PARO MANUAL	
<input checked="" type="checkbox"/> BAJO NIVEL DE COMBUSTIBLE	
<b>PRUEBAS</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> INSPECCION Y PRUEBAS DE TALLER	
<input checked="" type="checkbox"/> BOMBA	<input type="checkbox"/> MOTOR
<input checked="" type="checkbox"/> PRUEBA HIDROSTATICA A LA BOMBA A _____ PSIG	
<input checked="" type="checkbox"/> PRUEBA DE FUNCIONAM. A BOMBA EN TALLER	
<input checked="" type="checkbox"/> ATESTIGUADA POR _____	
<input checked="" type="checkbox"/> CURVA CERTIFICADA DE FUNCIONAM. BOMBA	
<input checked="" type="checkbox"/> OREJAS PLEVANTAMIENTO	
<input checked="" type="checkbox"/> PREPARACION P/EFENOS DE ANCLAJE	
<input checked="" type="checkbox"/> RECUBRIMIENTO DEL CONJUNTO	
<input checked="" type="checkbox"/> COLOR DE PINTURA	
<b>MONTAJE</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> BASE PATIN DE VIGAS	
<input checked="" type="checkbox"/> EQUIPO MONTADO	
<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCION DE BASE	
<input checked="" type="checkbox"/> OREJAS PLEVANTAMIENTO	
<input checked="" type="checkbox"/> PREPARACION P/EFENOS DE ANCLAJE	
<input checked="" type="checkbox"/> RECUBRIMIENTO DEL CONJUNTO	
<input checked="" type="checkbox"/> COLOR DE PINTURA	
<b>NOTAS GENERALES</b>	
<p>1.- PARA LAS HOJAS DE DATOS CONSIDERAR:  <input type="checkbox"/> DATO NO APLICABLE A ESTAS HOJAS  <input checked="" type="checkbox"/> DATO APLICABLE A ESTAS HOJAS</p> <p>2.- LOS EQUIPOS DEBERAN CUMPLIR CON EL CODIGO NFPA-20, ULTIMA EDICION Y ESTAR ENLISTADOS Y/O APROBADOS POR UNDERWRITERS LABORATORIES Y FACTORY MUTUAL PARA EL SERVICIO DE CONTRA INCENDIO.</p> <p>3.- EL CABEZAL DE DESCARGA DEBERA RECURRIRSE INTERIOR Y EXTERIORMENTE CON 15 MILLS. DE ESPESOR DE PELICULA SECA, CON EL SISTEMA DE RECUBRIMIENTO EPOXICO NORMALMENTE USADO POR EL FABRICANTE.</p> <p>4.- LOS MATERIALES BASICOS CONSTRUCTIVOS DE LA BOMBA DEBERAN CUMPLIR CON LOS INDICADOS EN LAS HOJAS DE DATOS. EL PROVEEDOR EN BASE A SU EXPERIENCIA SELECCIONARA LOS MAS ADECUADOS PARA LAS PARTES RESTANTES DE LA BOMBA, CON EL FIN DE EVITAR CORROSION GALVANICA.</p> <p>5.- LAS PRUEBAS A LOS EQUIPOS DEBERAN REALIZARSE DE ACUERDO A LO INDICADO EN LAS HOJAS DE DATOS.</p> <p>6.- LA PINTURA DE PROTECCION ANTICORROSIVA Y DE ACABADO DEL EQUIPO DEBERAN ESTAR DE ACUERDO CON LAS NORMAS DE PEMEX 2411.01.</p> <p>7.- EL MOTOR, LA BOMBA Y TODOS LOS ACCESORIOS DEBERAN ENBARCARSE SEPARADAMENTE, PARA MONTAJE EN CAMPO EN VIGAS DE ACERO, SOBRE UNA PLATAFORMA MARINA.</p> <p>8.- EL PROVEEDOR DEBERA PROPORCIONAR UNA LISTA DE SOLICITADA CON LA CANTIDAD Y COSTO DE LAS PARTES DE REPUESTO REQUERIDAS PARA LA OPERACION NORMAL DE LAS BOMBAS POR UN PERIODO DE DOS AÑOS.</p> <p>9.- EL PROVEEDOR DEBERA PROPORCIONAR UNA LISTA DE PARTES DE TODOS LOS COMPONENTES PROPORCIONADOS QUE FORMAN EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRA INCENDIO, EN IDIOMA ESPAÑOL.</p> <p>10.- EL PROVEEDOR DEBERA PROPORCIONAR CATALOGOS, MANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO PROPORCIONADO, EN IDIOMA ESPAÑOL.</p> <p>11.- EL CONCLUSANTE DEBERA DEVOLVER ESTAS HOJAS DE DATOS LLENAS CON LOS DATOS APLICABLES, EN CASO DE NO HACERLO ASI, SU OFERTA SE CONSIDERARA FUERA DE CONCURSO.</p>	

Fig IV.4 Hoja de Datos Técnicos (Continuación).

### IV.3 Red de distribución de agua contra incendio

La red de distribución de agua contra incendio consiste en una serie de tuberías interconectadas, que generalmente forman un anillo perimetral a la plataforma y que a su vez alimenta los anillos secundarios ubicados en las áreas o equipos a proteger; dicho anillo cuenta con válvulas de compuerta para poder aislar secciones del mismo sin sacar de operación el total de los sistemas. El anillo perimetral es el principal del sistema, y de éste se tienen salidas para alimentar a los hidrantes, monitores y los sistemas de inundación a base de boquillas rociadoras.

Esta red es diseñada para proporcionar el agua contra incendio al volumen y presión requeridos para los sistemas que la demanden en caso de un incendio, los cuales operarán simultáneamente, como serían hidrantes, monitores y sistemas de rociadores. <sup>(25)</sup>

La selección apropiada de los materiales para las tuberías que forman la red de agua contra incendio deben tomar en cuenta factores como:

- Resistencia al fuego.
- Esfuerzo mecánico.
- Resistencia a la corrosión y erosión.
- Susceptibilidad a la picadura.
- Vida útil.
- Peso.
- Factores de instalación y costo.
- Caídas de presión y velocidades de flujo.
- Degradación ultravioleta.
- Compatibilidad con otros componentes.
- Resistencia al crecimiento marino.
- Uso en sistemas de tuberías "secas" (vacías) o "húmedas" (llenas de agua).

En base a lo anterior, existen diferentes materiales que pueden ser usados para las tuberías de la red, teniéndose por ejemplo: acero al carbón, acero inoxidable, aleación cobre-níquel, fibra de vidrio. Algunas de las ventajas y desventajas de estos materiales son las siguientes:

#### **Tuberías de acero al carbón.**

Las tuberías y accesorios de acero al carbón han sido los materiales comúnmente usados para sistemas de agua contra incendio. El acero al carbón tiene buena resistencia al fuego, especialmente cuando la tubería se encuentra llena de agua, además de que puede resistir abuso mecánico. Así mismo está más disponible que otros materiales, los obreros (trabajadores y soldadores) están más familiarizados con los trabajos de soldadura y sus accesorios, su costo es bajo y no se requiere almacenamiento especial.

La desventaja principal de los sistemas de agua contra incendio contruidos con tuberías de acero al carbón, ya sean "secos" o "húmedos", son la corta vida de servicio y taponamientos de la boquillas rociadoras debido a los productos internos de la corrosión.

El acero al carbón ofrece la mínima resistencia a la corrosión del agua de mar, y por esto experimenta la más corta vida de servicio. <sup>(25)</sup>

Las tuberías de acero al carbón y accesorios recubiertos internamente son frecuentemente utilizados para reducir la corrosión. Los componentes recubiertos internamente normalmente requieren manejo y ensamble especial con conexiones no soldadas. Un sistema recubierto limita las posibilidades de conexiones, hace difíciles las revisiones e incrementa el costo.

Los sistemas de agua contra incendio con tuberías de acero al carbón galvanizado, resisten mejor la corrosión debida al agua de mar, que las tuberías de acero al carbón recubiertas internamente. Pero los sistemas galvanizados están también limitados en los tipos de conexiones y revisiones que puedan ser hechas sin dañar el recubrimiento.

De los materiales comúnmente usados para sistemas de agua contra incendio, las tuberías de acero al carbón tendrán la vida de servicio más corta que cualquier otro material debido a la corrosión, esto es poco menos de 10 años de vida <sup>(27)</sup>. Por otro lado, la mayoría de los sistemas de agua contra incendio con tuberías de acero al carbón serán más confiables y tendrán una vida más larga si el sistema es lavado minuciosa y frecuentemente con agua dulce o potable, para barrer los productos de la corrosión del sistema.

#### **Tuberías de acero inoxidable.**

Los materiales de acero inoxidable tienen las ventajas de alta resistencia al calor, facultad de soportar abuso mecánico, están libres de corrosión interna y tienen alta resistencia a la corrosión externa. La desventaja principal es su alto costo, además de que las tuberías con grados de acero bajos son susceptibles al ataque por picadura producida por el agua de mar, especialmente en agua de mar estática.

La selección apropiada del tipo de acero inoxidable es importante para evitar el ataque por corrosión y por picadura. El ataque por picadura en sistemas secos, por ejemplo sistemas de inundación, puede estar dentro de los rangos aceptables, frecuentemente periodos de vida mayores a los 10 años de vida; el ataque por picadura en un sistema húmedo generalmente es más severo, lo que da como resultado periodos de poco menos de 5 años de vida. <sup>(25)</sup>

En la Fig. IV.5, se muestran los diámetros exteriores, espesores y diámetros interiores para tuberías de hierro fundido, acero al carbón y acero inoxidable, para diferentes tamaños de las mismas.

#### **Tuberías de cobre-níquel.**

Los materiales de cobre-níquel (CuNi) proporcionan muchas ventajas a un sistema de agua contra incendio, entre ellas: larga vida de servicio (frecuentemente mayor a 20 años), corrosión mínima, peso ligero, bajos factores de fricción y mínimo crecimiento marino.

El uso de este tipo de tuberías tiene algunas desventajas, como pueden ser: alto costo inicial, baja tolerancia al calor para sistemas secos, baja resistencia mecánica, limitadas velocidades de flujo, susceptible al daño mecánico, requiere de soportes adicionales y es más difícil de instalar.

Las velocidades de flujo en tuberías de cobre-níquel deben ser controladas para prevenir la erosión de este material el cual es más suave que el acero. El criterio que se utiliza con mayor frecuencia es: 11 pies/s (3.36 m/s) para servicio continuo y de 22 pies/s (6.72 m/s) para servicio intermitente.

<sup>(25)</sup> Recommended Practice for Fire Prevention and Control on Open Type Offshore Production Platforms. American Petroleum Institute. E.U.A. 1993. Pag. 75, 120, 121, 122.

**Tuberías de fibra de vidrio.**

El uso de tuberías de fibra de vidrio tiene las ventajas de resistencia a la corrosión, peso más ligero, bajo costo y fácil instalación. La tubería de fibra de vidrio es frecuentemente llamada como tubería de fibra de vidrio reforzada o tubería de resina reforzada. Las desventajas del uso de este tipo de tuberías son la baja tolerancia al calor en sistemas secos, poca resistencia al esfuerzo mecánico y susceptibilidad a la degradación ultravioleta en sistemas no protegidos. Los datos de su vida de servicio están limitados, sin embargo, los sistemas bien diseñados y protegidos tienen una vida de servicio potencial que excede los 30 años. (26)

**DATOS DE TUBERÍAS (HIERRO FUNDIDO, ACERO AL CARBON Y ACERO INOXIDABLE)**

DIAMETRO NOMINAL (PULGADAS)	DIAMETRO EXTERIOR (PULGADAS)	IDENTIFICACION			ESPESOR DE PARED (PULGADAS)	DIAMETRO INTERIOR (PULGADAS)
		ACERO		ACERO INOXIDABLE (CEDULA)		
		TUBERIA Fc Fc	No. DE CEDULA			
1/2	0.840	---	---	5S	0.086	0.710
		---	---	10S	0.083	0.674
		STD	40	40S	0.109	0.622
		XS	80	80S	0.147	0.546
		---	180	---	0.187	0.466
		---	---	---	0.294	0.282
		XXS	---	---	---	---
3/4	1.050	---	---	5S	0.085	0.820
		---	---	10S	0.083	0.684
		STD	40	40S	0.113	0.824
		XS	80	80S	0.154	0.742
		---	180	---	0.219	0.612
		---	---	---	0.306	0.434
		XXS	---	---	---	---
1	1.315	---	---	5S	0.085	1.185
		---	---	10S	0.109	1.097
		STD	40	40S	0.133	1.046
		XS	80	80S	0.179	0.957
		---	180	---	0.250	0.816
		---	---	---	0.358	0.599
		XXS	---	---	---	---
1 1/2	1.900	---	---	5S	0.085	1.770
		---	---	10S	0.109	1.682
		STD	40	40S	0.145	1.610
		XS	80	80S	0.200	1.500
		---	180	---	0.281	1.338
		---	---	---	0.400	1.100
		XXS	---	---	---	---
2	2.375	---	---	5S	0.085	2.245
		---	---	10S	0.109	2.157
		STD	40	40S	0.154	2.087
		XS	80	80S	0.218	1.936
		---	180	---	0.344	1.687
		---	---	---	0.436	1.503
		XXS	---	---	---	---
2 1/2	2.875	---	---	5S	0.083	2.709
		---	---	10S	0.120	2.635
		STD	40	40S	0.203	2.469
		XS	80	80S	0.276	2.323
		---	180	---	0.375	2.125
		---	---	---	0.552	1.771
		XXS	---	---	---	---
3	3.500	---	---	5S	0.083	3.334
		---	---	10S	0.120	3.260
		STD	40	40S	0.216	3.089
		XS	80	80S	0.300	2.900
		---	180	---	0.438	2.624
		---	---	---	0.600	2.300
		XXS	---	---	---	---
4	4.500	---	---	5S	0.083	4.334
		---	---	10S	0.120	4.280
		STD	40	40S	0.237	4.028
		XS	80	80S	0.337	3.828
		---	120	---	0.438	3.624
		---	180	---	0.531	3.438
		XXS	---	---	0.674	3.152
5	6.625	---	---	5S	0.109	6.407
		---	---	10S	0.134	6.357
		STD	40	40S	0.280	6.065
		XS	80	80S	0.432	5.761
		---	120	---	0.562	5.501
		---	160	---	0.719	5.187
		XXS	---	---	0.864	4.897

**DATOS DE TUBERÍAS (CONTINUACION)**

8	8.625	---	---	5S	0.106	8.407	
		---	---	10S	0.148	8.329	
		---	---	---	0.250	8.125	
		---	---	20	---	0.277	8.071
		STD	40	40S	0.322	7.981	
		---	60	---	0.408	7.813	
		XS	80	80S	0.500	7.625	
10	10.750	---	---	---	0.594	7.437	
		---	---	100	---	0.719	7.187
		---	---	120	---	0.812	7.001
		---	---	140	---	0.875	6.875
		---	---	160	---	0.908	6.813
		XXS	---	---	---	---	---
		---	---	---	---	---	---
12	12.750	---	---	5S	0.134	10.482	
		---	---	10S	0.165	10.420	
		---	---	---	0.250	10.250	
		---	---	20	---	0.307	10.136
		STD	40	40S	0.365	10.020	
		XS	80	80S	0.500	9.750	
		---	100	---	0.594	9.562	
14	14.000	---	---	---	0.719	9.312	
		---	---	80	---	0.844	9.082
		---	---	100	---	1.000	8.750
		---	---	120	---	1.000	8.500
		---	---	140	---	1.125	8.500
		---	---	160	---	---	---
		XXS	---	---	---	---	---
16	16.000	---	---	5S	0.156	12.438	
		---	---	10S	0.180	12.390	
		---	---	---	0.250	12.250	
		---	---	20	---	0.330	12.090
		STD	40	40S	0.375	12.000	
		---	60	---	0.408	11.938	
		XS	80	80S	0.500	11.750	
18	18.000	---	---	---	0.562	11.626	
		---	---	80	---	0.688	11.374
		---	---	100	---	0.844	11.082
		---	---	120	---	1.000	10.750
		---	---	140	---	1.125	10.600
		---	---	160	---	1.312	10.126
		XXS	---	---	---	---	---
20	20.000	---	---	5S	0.156	13.688	
		---	---	10S	0.188	13.624	
		---	---	---	0.250	13.500	
		---	---	10	---	0.312	13.376
		STD	20	---	0.375	13.250	
		---	30	---	0.438	13.124	
		XS	40	---	0.500	13.000	
22	22.000	---	---	---	0.594	12.812	
		---	---	80	---	0.750	12.500
		---	---	100	---	0.938	12.124
		---	---	120	---	1.084	11.812
		---	---	140	---	1.250	11.500
		---	---	160	---	1.408	11.188
		XXS	---	---	---	---	---
24	24.000	---	---	5S	0.185	15.670	
		---	---	10S	0.188	15.624	
		---	---	---	0.250	15.500	
		---	---	10	---	0.312	15.376
		STD	20	---	0.375	15.250	
		---	30	---	0.500	15.000	
		XS	40	---	0.658	14.688	
26	26.000	---	---	---	0.844	14.312	
		---	---	80	---	1.031	13.938
		---	---	100	---	1.219	13.562
		---	---	120	---	1.438	13.124
		---	---	140	---	1.594	12.812
		---	---	160	---	---	---
		XXS	---	---	---	---	---

Fig IV.5 Datos de Tuberías.

(26) Design of Water-Based Fire Protection Systems. M. Gagnon Robert. E.U.A. 1997. Pag. 42, 50, 62.





Cabe mencionar que como medida adicional y para lograr una vida útil más larga, las tuberías que forman el sistema de agua contra incendio, en tanto no opere el sistema, normalmente están llenas con agua dulce, así como también los sistemas de rociadores, hasta antes de la válvula de diluvio. Una vez que el sistema operó y quedó cargado con agua salada, ésta es drenada, y el sistema es cargado nuevamente con agua dulce, con esto el sistema queda en condiciones para poder operar nuevamente.

#### IV.4 Monitores, hidrantes, válvulas de inundación, boquillas rociadoras y detectores de calor (pilotos).

En esta sección se hará una descripción de los equipos que serán usados en el sistema de extinción a base de agua, y que serán instalados en esta plataforma.

##### IV.4.1 Monitores.

Un monitor es un dispositivo utilizado para proporcionar agua por medio de una boquilla ajustable. Su instalación es fija por medio de una brida de 4" (102 mm) de diámetro en su base, 150 psi (10.546 kg/cm<sup>2</sup>), cara realzada. Cuenta con un mecanismo de giro horizontal de 360° y candado de fijación, conductor de agua bifurcado, con uniones giratorias que permiten el giro vertical de 120° de la boquilla (60° por arriba de la horizontal y 60° por debajo de dicha horizontal), con sistema de ajuste vertical por cremallera y volante con manivela, por lo que los monitores pueden dirigirse a un riesgo en particular. El material de construcción del monitor es bronce. La boquilla descarga desde chorro directo, cortina o niebla amplia, para 516 galones por minuto (GPM) (117.196 m<sup>3</sup>/h) a 100 psi (7.031 kg/cm<sup>2</sup>) nominales. Comúnmente se les emplea para proteger equipos específicos y pueden proporcionar densidades de agua similares a las de los aspersores. El tipo de monitor utilizado en este tipo de plataformas es marca Elkhart, modelo 293-11, con boquilla CJ-B o equivalente. En la Fig IV.7, se muestra un arreglo tipo de un monitor instalado en la plataforma, indicándose sus componentes principales.

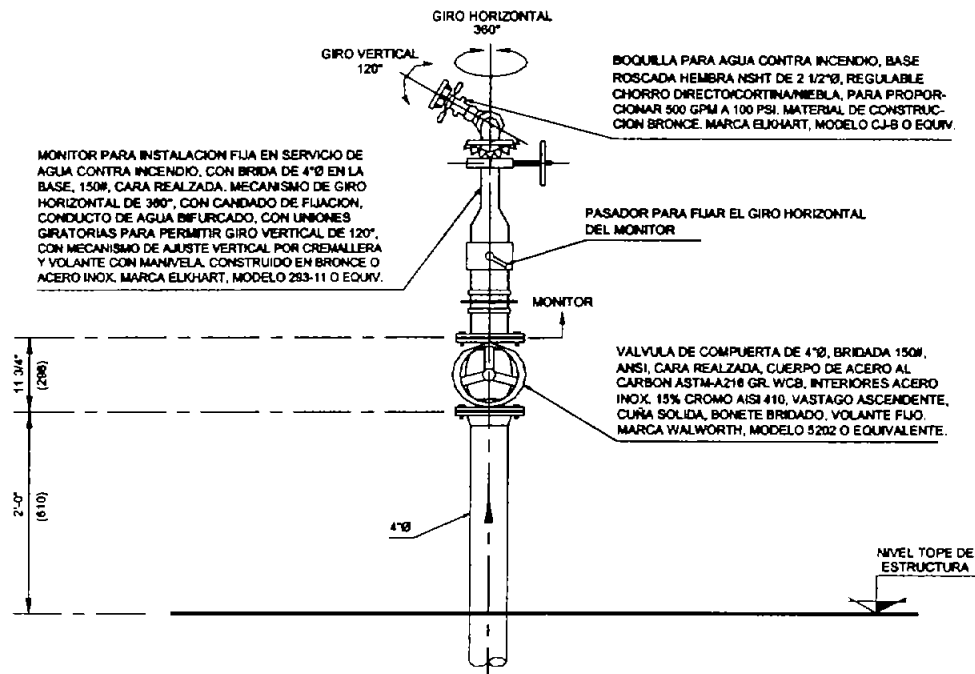


Fig IV.7 Monitor Contra Incendio (Detalle. Elevación). (27)

#### IV.4.2 Hidrantes.

Un hidrante es un arreglo fabricado en campo compuesto por una tubería de 4" de diámetro conectada directamente al anillo principal de la red de agua contra incendio, del cual se derivan dos tomas para mangueras, una de 2 ½" de diámetro y otra de 1 ½" de diámetro, que termina en un tapón cachucha y una conexión para drenaje.

En la toma de 2 ½" de diámetro se conectará una manguera también de 2 ½" de diámetro, la cual cuenta con una boquilla regulable para proporcionar desde chorro directo, cortina hasta niebla amplia, para operar con un flujo nominal de 250 GPM a 100 psi (7.031 kg/cm<sup>2</sup>).

En la toma de 1 ½" de diámetro de esta tubería se conectará una manguera también de 1 ½" de diámetro, la cual cuenta con una boquilla capaz de proporcionar desde chorro directo, cortina hasta niebla amplia, con un flujo nominal de 125 GPM a 100 psi (7.031 kg/cm<sup>2</sup>).

Los hidrantes son indispensables como respaldo para el combate contra incendios y deben estar localizados rodeando el área y equipos que se desean proteger, de tal forma que la presencia de un fuego en cualquier parte de la plataforma pueda combatirse usando las mangueras, por lo menos desde dos direcciones diferentes.

Las mangueras tienen la función principal de trasladar agua a presión desde la fuente de abastecimiento, hasta el punto en que se utilizará para combatir un incendio. El extremo de la manguera está provista de una boquilla, por la cual el agua es lanzada y dirigida a la zona de fuego. Estas mangueras se miden en pulgadas de diámetro, y las más comunes son de 2 ½ y 1 ½ pulgadas de diámetro, las cuales se encuentran en tramos de 50 y 100 pies de longitud, con acoplamientos de bronce en cada extremo; en un extremo se encuentra un cople de bronce macho y en el otro extremo un cople de bronce giratorio hembra, de manera que se pueden acoplar o desacoplar tantos tramos como se deseen rápidamente sin necesidad de hacer girar la manguera.

Se pueden utilizar distintos tipos de boquillas para las mangueras, por ejemplo, para incendios producidos por líquidos inflamables, se necesita usar una boquilla de neblina, ya que el agua lanzada en esta forma tiene mayor eficiencia en la absorción de calor. Si el incendio es producido por materiales sólidos se requerirá el empleo del chorro directo por la necesidad de penetración y mayor alcance; la desventaja es que el agua lanzada en forma de chorro tiene una capacidad de absorber calor muy pobre, en comparación con la aplicada en forma de neblina.

Las mangueras que se conectarán a las tomas anteriores están formadas básicamente de un tubo de hule natural o sintético, el cual está reforzado exteriormente por un tejido de algodón o de material sintético, en una o varias capas. A todo ello se le aplica un recubrimiento con hule o cloruro de polivinilo.

Se debe tener un adecuado mantenimiento de las mangueras, es por eso que después de usarlas se deben limpiar con un cepillo para eliminar el lodo y la mugre; en caso de que estuviese muy sucia se debe lavar con agua y jabón o detergente, después se dejan escurrir, se secan, se enrollan y se guardan en lugares secos, fuera del contacto con los rayos solares.

En la Fig. IV.8 se muestra un arreglo tipo de los hidrantes que son instalados en este tipo de plataformas.

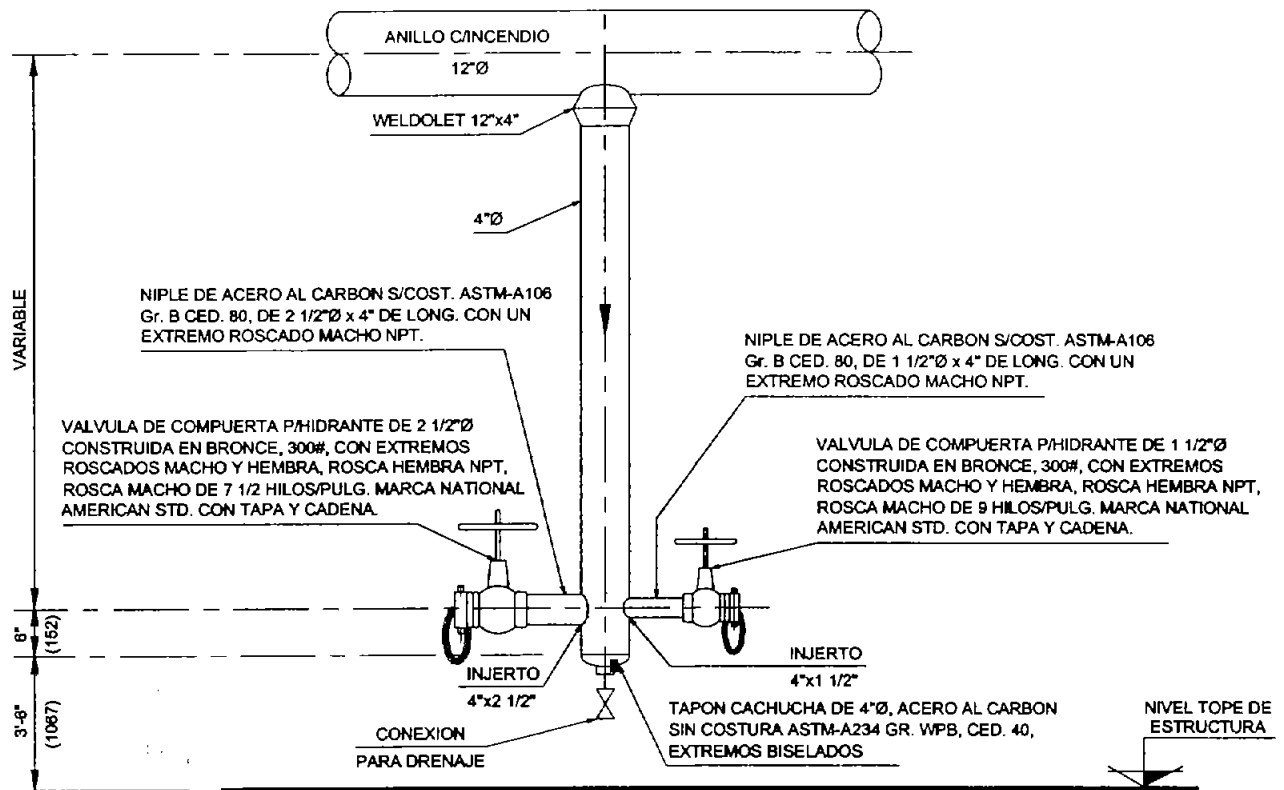


Fig IV.8 Hidrante Contra Incendio (Detalle. Elevación). (27)

#### IV.4.3 Válvulas de inundación.

Este tipo de válvulas sirven para limitar el paso de agua hacia el sistema de boquillas rociadoras, proveniente del anillo principal de la red de agua contra incendio. Su operación es automática, por una señal neumática proveniente de una serie de detectores de calor instalados en el área o equipo a proteger, los cuales están interconectados a una línea de 1/2" (13 mm) de diámetro que se encuentra presurizada con aire.

Al fundirse algún detector por la presencia de un fuego, la línea se despresuriza y manda a abrir la válvula de inundación.

Las válvulas de inundación utilizadas son del tipo para actuación por medio de una señal neumática, la cual es suministrada completa en paquete con todos sus accesorios como son: interruptores de presión, válvulas menores de no retorno y de compuerta, filtro, indicador de presión, orificios, y todos los accesorios necesarios para formar un paquete completo en el tamaño requerido, extremos bridados 150 psi (10.546kg/cm<sup>2</sup>), cara realizada.

En esta plataforma se utilizarán válvulas de inundación marca Viking, modelo D-5 o equivalente.

En la Fig. IV.9 se muestra un detalle típico de instalación de este tipo de válvula y en la Fig. IV.10 se muestran los componentes con los que es suministrada y cómo es ensamblada en campo.

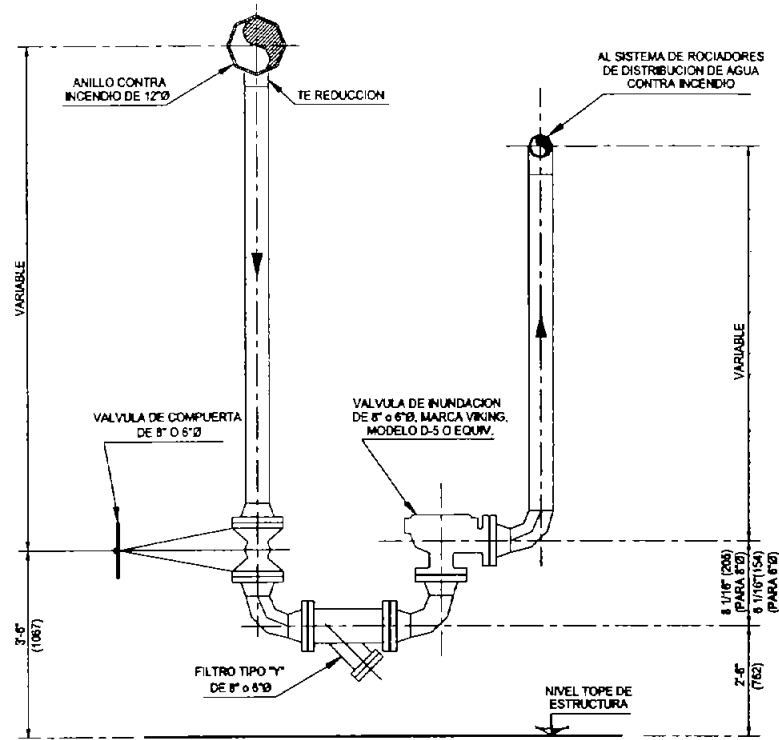
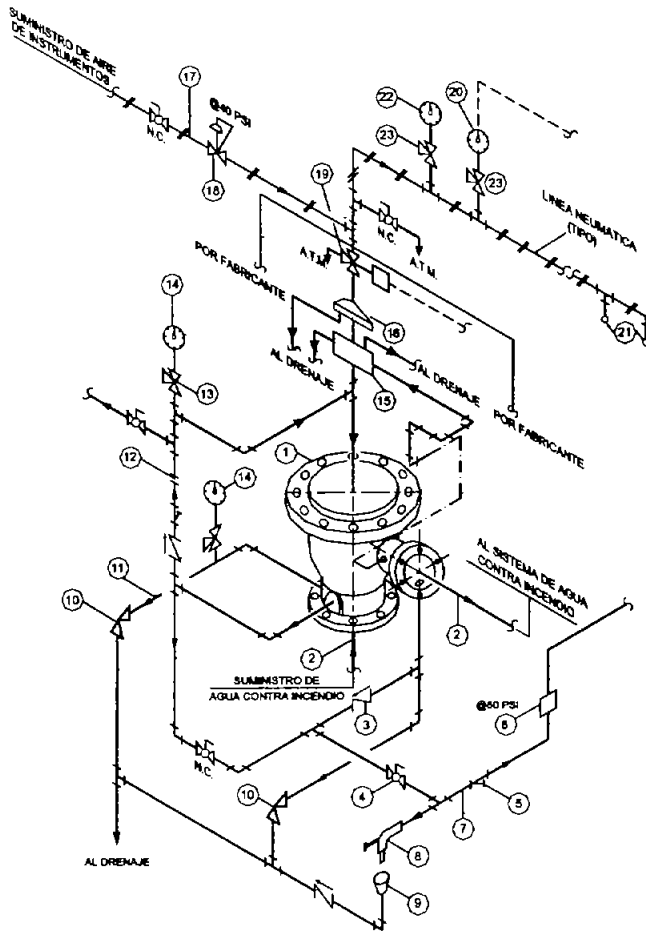


Fig IV.9 Válvula de Inundación (Detalle de Instalación. Elevación). (27)



LISTA DE MATERIAL	
NO. PZA.	DESCRIPCION
1	VALVULA DE DILUVIO
2	TUBERIA PARA AGUA CONTRA INCENDIO
3	VALVULA DE RETENCION
4	VALVULA DE BOLA (MACHO)
5	FILTRO TIPO "Y"
6	INTERRUPTOR POR ALTA PRESION (PSH)
7	LINEA DE PRUEBA DEL (PSH)
8	VALVULA CHECK CON BOTON DE DRENAJE
9	COPA DE GOTEO
10	VALVULA DE ANGULO.
11	LINEA DE PRUEBA DE FLUJO DE LA VALVULA DE DILUVIO
12	ORIFICIO DE RESTRICCION
13	VALVULA DE AGUA
14	MANOMETRO
15	VALVULA DE ALIVIO OPERADA POR PRESION
16	DIAPHRAGMA DE BY-PASS (NEUMATICO-HIDRAULICO)
17	TUBINO DE ACERO INOXIDABLE 316
18	VALVULA REGULADORA DE PRESION (PCV)
19	VALVULA DE 3 VIAS CON SOLENOIDE NORMALMENTE ENERGOZADO
20	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESION
21	DETECTORES NEUMATICOS DE CALOR TIPO TAPON FUSIBLE DE ACERO INOX. 316 INSTALADOS EN LAS RESPECTIVAS AREAS DE RIESGO
22	INDICADOR DE PRESION (PI)
23	VALVULA DE ANGULO

Fig IV.10 Válvula de Inundación (Detalle de Componentes y Ensamble). (27)

#### IV.4.4 Boquillas rociadoras.

Las boquillas rociadoras que operan en forma automática, son los medios más confiables y efectivos en la protección contra incendios, ya que son empleadas cuando los riesgos de incendio son tan elevados que se requiere una aplicación inmediata de agua, sin depender de la reacción humana, eliminando los errores y retrasos humanos, operando de acuerdo con la necesidad en la inmediata vecindad del fuego y descargan la cantidad de agua necesaria finamente dividida con mucha efectividad. Las boquillas rociadoras son más efectivas que los chorros de agua dirigidos por mangueras.

El agua de las boquillas rociadoras extingue el fuego en líquidos de alta temperatura de inflamación, mediante su rápido enfriamiento por abajo de esta temperatura.

Estas boquillas no extinguen el fuego en un líquido de baja temperatura de inflamación, pero desarrollan dos funciones importantes:

- 1) Previenen la propagación del fuego, reduciendo su intensidad y enfriando los lugares inmediatos al incendio, con el objeto de que el material combustible que se encuentre cerca, no se prenda.
- 2) Enfrian la estructura previniendo los debilitamientos y los colapsos.

Las boquillas rociadoras utilizadas en los sistemas de inundación en esta plataforma, son del tipo cono lleno, con un ángulo de aspersion de 120°, con conexión macho N.P.T., el material de construcción es bronce.

Para la protección de la Zona de Pozos se usan boquillas de 1 ½" (38 mm) de diámetro, marca Elkhart, modelo NT-C o equivalente. Para la protección y enfriamiento de los equipos se usan boquillas de 1" (25 mm) de diámetro, también marca Elkhart, modelo NTL-C o equivalente.

En la Fig. IV.11 se muestra la boquilla rociadora de 1 ½" (38 mm) de diámetro, marca Elkhart, modelo NT-C, usada para la protección de la Zona de Pozos.



Fig IV.11 Boquilla Rociadora Marca Elkhart, Modelo NT-C de 1 ½" de Diámetro.

<sup>(27)</sup> Sistemas de Aspersores para Protección Contra Incendio (Norma A VII-18). Petróleos Mexicanos. México 1978. Pág. 127, 129, 142 y 145.

**IV.4.5 Detectores de calor (pilotos).**

Estos elementos se encuentran instalados en una línea neumática de 1/2" (13 mm) de diámetro, la cual está normalmente presurizada con aire y localizada por arriba de los equipos o áreas a proteger. A la presencia de un fuego, el calor hace que funda el fusible que contienen estos elementos y dejen escapar el aire contenido en las tuberías, con lo que automáticamente envían una señal para la apertura de la válvula de inundación.

Este detector de calor está construido de acero inoxidable y cuenta con una conexión roscada hembra N.P.T. de 1/2" (13 mm) de diámetro y un fusible, el cual funde a 160° F (71.11°C). Marca Swagelok-Cajon, parte No. SS-8-FSP-160 o equivalente. En la Fig. IV.12 se muestra la instalación típica de estos elementos.

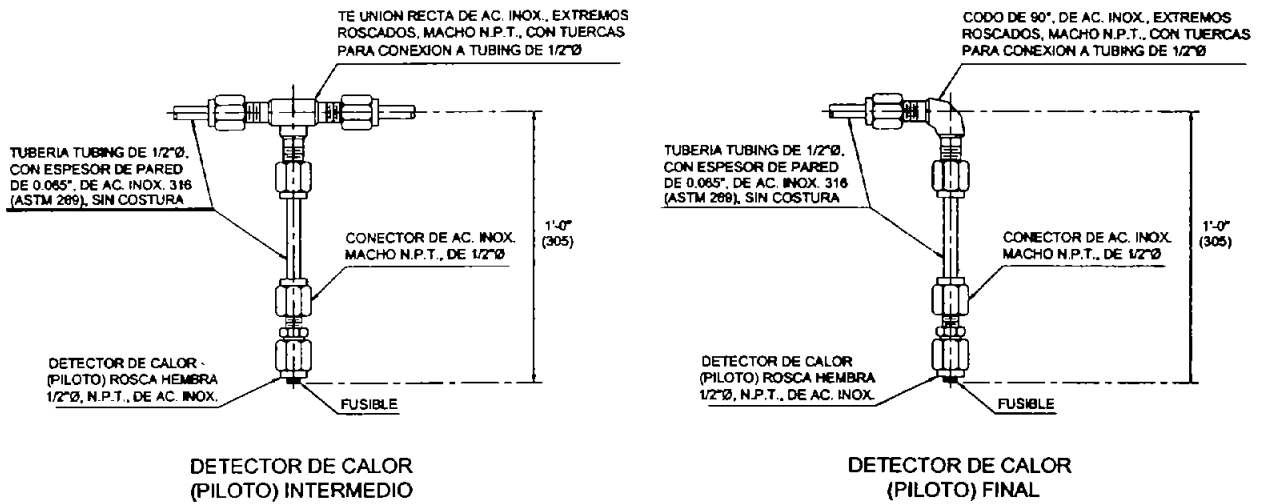


Fig IV.12 Instalación Típica de los Detectores de Calor (Pilotos) (Elevación).

## **CAPÍTULO V EJEMPLO DE APLICACIÓN**

Este capítulo se divide en cuatro secciones, en la primera se hará el desarrollo del cálculo manual para determinar la capacidad del equipo de bombeo necesario que satisfaga la demanda de agua contra incendio para cubrir el riesgo mayor en una plataforma marina de perforación petrolera tipo. Posteriormente en la segunda sección se procederá a realizar un nuevo cálculo, pero esta vez por medio de una computadora usando el programa Sprink-1000, en este cálculo se simulará la operación del sistema completo para el riesgo mayor, y se verificarán los flujos, diámetros y velocidades obtenidos en el cálculo manual. Se podrá además observar el comportamiento de las bombas a lo largo de su curva de operación y las presiones de operación de todos y cada uno de los equipos como: boquillas rociadoras, monitores e hidrantes que operan simultáneamente en este riesgo definido como mayor. En la tercera sección se hará una comparación entre los resultados obtenidos mediante el cálculo manual y los obtenidos en el cálculo por computadora. Por último, en la cuarta sección se realizará un análisis del costo del sistema contra incendio instalado en la plataforma, para ello se tomarán como base los isométricos No. 1, 2, 3 y 4 mostrados en el Anexo.

Ya que la información de catálogos, manuales y el programa Sprink-1000 utilizan el sistema inglés de unidades, los cálculos realizados respetarán dicho sistema evitando la conversión de unidades, esto con el fin de facilitar la lectura y la interpretación de los resultados.

### **V.1 Cálculo manual.**

A continuación se realizan una serie de cálculos hidráulicos, los cuales sirven para dar una idea aproximada del funcionamiento del sistema de agua contra incendio.

Este cálculo está basado en una serie de recomendaciones provenientes de normas, criterios de diseño y datos de fabricantes; el mismo sirve para determinar la capacidad del equipo de bombeo en función de los sistemas de boquillas rociadoras, hidrantes y monitores para controlar un posible incendio considerado.

Se determinan los flujos de agua demandados por los equipos, y con esto se pueden obtener los gastos totales requeridos por equipo y a su vez la capacidad solicitada para las bombas contra incendio.

En seguida se determinan los diámetros de las tuberías para conducir los flujos obtenidos; una vez teniendo los flujos y diámetros necesarios se procede a determinar la presión de descarga de la bomba contra incendio.

Por último se hace la verificación de que la capacidad determinada para el equipo de bombeo es capaz de cubrir la demanda de agua contra incendio del riesgo mayor a una presión de operación adecuada.

Las trayectorias de las tuberías que serán utilizadas para este cálculo están mostradas en los isométricos Nos. 1, 2, 3, 4 incluidos en el Anexo.

### V.1.1 Desarrollo de la memoria de cálculo manual.

#### MEMORIA DE CÁLCULO (CÁLCULO MANUAL)

#### SISTEMA DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIO PLATAFORMA MARINA DE PERFORACIÓN PETROLERA (TIPO)

##### V.1.1.1 Consideraciones

- Esta Memoria de Cálculo está basada en la trayectoria de las tuberías mostradas en los isométricos incluidos en el Anexo, identificados como Isométrico Nos. 1, 2, 3 y 4.
- Para la protección del área de pozos se usarán boquillas rociadoras del tipo cono lleno con ángulo de aspersión de 120°, Marca Elkhart, Modelo NT-C de 1 1/2" de diámetro, para proporcionar 175 GPM a 100 psi. Así mismo este tipo de boquilla podrá proporcionar 139 GPM a 75 psi.<sup>(4)</sup>
- Para la protección y enfriamiento de equipos se usarán boquillas rociadoras del tipo cono lleno con ángulo de aspersión de 120°, Marca Elkhart, Modelo NTL-C de 1" de diámetro, para proporcionar 40 GPM a 100 psi. Para este tipo de boquilla se tendrá que también podrá proporcionar 34 GPM a 75 psi.<sup>(4)</sup>
- Las boquillas serán localizadas a una distancia de 2'-6" de la superficie del tanque a proteger, por lo que el área proyectada a proteger será de 58.904 pies<sup>2</sup>.<sup>(2)</sup>
- La densidad de diseño mínima a utilizar en los sistemas de rociadores será de 0.5 GPM/pie<sup>2</sup>.<sup>(3)</sup>
- De los dos puntos anteriores, el flujo mínimo que deberá proporcionar cada boquilla del sistema de rociadores será:  

$$q = (\text{Área cubierta}) (\text{densidad de diseño}) = (58.904 \text{ pies}^2) (0.5 \text{ GPM/pie}^2) = \underline{29.452 \text{ GPM}}$$
- Para la Zona de Pozos la densidad de diseño será de 0.75 GPM/pie<sup>2</sup>.<sup>(3)</sup>
- Se usarán monitores los cuales contarán con boquillas para proporcionar un flujo de 516 GPM a una presión de operación de 100 psi o 448 GPM a 75 psi, Marca Elkhart, Modelo CJ-B o similar.<sup>(1) (4)</sup>
- Se usarán hidrantes los cuales contarán con dos conexiones para mangueras de 1 1/2" y 2 1/2" de diámetros, las cuales contarán con boquillas con las siguientes características<sup>(1) (4)</sup>:
  - las mangueras de 1 1/2" contarán con boquillas que proporcionarán 125 GPM operando a 100 psi o 105 GPM operando a 75 psi.
  - las mangueras de 2 1/2" contarán con boquillas que proporcionarán 250 GPM operando a 100 psi o 218 GPM operando a 75 psi.
- La presión mínima de operación del monitor en la condición más desfavorable se considerará de 100 psig.
- En cuanto a los diámetros y espesores de las tuberías a utilizar en el cálculo, se tomará como base la Especificación de Tuberías Clase M para Agua de Mar, Servicio de Agua Contra Incendio para Plataformas Marinas de Petróleos Mexicanos (ver Fig. IV.6 pag. 77). En ésta se indica que para tuberías de 3" de diámetro y menores se usará Cédula 80; para tubería de 4" de diámetro y mayores se usará Cédula 40.
- En cuanto a caídas de presión en los monitores se considerará que ésta será de 10 psi (valor estimado).

<sup>(1)</sup> Bases de Diseño para Plataformas Fijas de Perforación, Sistemas de Seguridad y Protección Contra Incendio, PEMEX. México 1989. Sección 6, Pág. 125, 126, 127, 128, 129 y 130.

<sup>(2)</sup> Exposure Protection, Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection, National Fire Protection Association 15, National Fire Codes. E.U.A. 2002. Section 4-4.3.

<sup>(3)</sup> Water Application Rates, Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum Industry, API Publication 2030, August 1998. Section 7.

<sup>(4)</sup> Elkhart Fire Fighting Equipment, Catalog A



### V.1.1.2 Demanda de agua contra incendio

#### - Zona de Pozos.

Para esta zona, el área a proteger será la formada por las caras de un cubo formado alrededor de la Zona de Pozos, a excepción de la cara inferior la cual no será considerada. De lo anterior, se tendrá un área a cubrir de:

$$\text{Largo: } 42\text{'-}6\text{' (42.5')} \quad \text{Ancho: } 17\text{'-}6\text{' (17.5')} \quad \text{Altura: } 15\text{'-}0\text{' (15.0')}$$

De lo cual se obtiene:

$$\text{Area} = (2) (42.5') (15') + (2) (17.5') (15') + (42.5') (17.5') = 2,543.75 \text{ pies}^2$$

Si  $d = 0.75 \text{ GPM/pie}^2$

$$Q = (2,543.75 \text{ pies}^2) (0.75 \text{ GPM/pie}^2) = 1,907.81 \text{ GPM}$$

Dado que esta es la zona más crítica de la Plataforma, el mínimo número de boquillas en la condición más desfavorable (operando a 75 psi) estará dada por:

$$\text{No. de boquillas} = \frac{1,907.81 \text{ GPM}}{139 \text{ GPM}} = 13.72 \text{ boquillas}$$

Por lo que para la protección de esta área se usarán 14 boquillas rociadoras las cuales proporcionarán cada una un flujo de 175 GPM a 100 psi o 139 GPM a 75 psi. De lo cual, la demanda de agua contra incendio será:

$$\text{- Operando a 75 psi:} \quad Q = (14) (139 \text{ GPM}) = 1,946 \text{ GPM}$$

$$\text{- Operando a 100 psi, que sería el caso crítico:} \quad Q = (14) (175 \text{ GPM}) = 2,450 \text{ GPM}$$

De lo anterior la demanda de agua contra incendio para esta zona será:

$$Q_1 = 2,450 \text{ GPM}$$

#### - Separador de Prueba.

Dimensiones: Diam. = 8'-0" (8.0') Long. = 20'-0" (20.0')

$$\text{Área a proteger: } A = (3.1416) (8.0) (20.0) + (2) (1.09) (8.0)^2 = 642.17 \text{ pies}^2$$

Considerando una densidad de diseño de 0.5 GPM/pie<sup>2</sup>, se tendrá un gasto de:

$$Q = (642.17 \text{ pies}^2) (0.5 \text{ GPM/pie}^2) = 321.08 \text{ GPM}$$

Como el flujo mínimo que deberá proporcionar cada boquilla es de 29.452 GPM, el número mínimo de boquillas para proporcionar la protección necesaria a este equipo será:

$$\text{No. de boquillas} = \frac{321.08 \text{ GPM}}{29.452 \text{ GPM}} = 10.9 \text{ boquillas}$$

Por distribución, arreglo físico y para realizar una adecuada cobertura al equipo, se usarán 20 boquillas para la protección de este equipo. Con este número de boquillas y las condiciones actuales de las boquillas seleccionadas, se tendrá un flujo de agua para enfriamiento de:

$$Q_2 = (20 \text{ boquillas}) (40 \text{ GPM/boquilla}) = 800 \text{ GPM}$$

#### - Lanzadores de Diablos de 24"x20" de diam. y de 24"x30" de diam., 300 psi.

El área a proteger de estos lanzadores estará dada por: Largo = 31'-8 1/4" (31.69') Ancho = 11'-6" (11.5')

$$\text{Área a proteger } A = (31.69) (11.5) = 364.43 \text{ pies}^2$$

Teniéndose un gasto de:

$$Q = (364.43 \text{ pies}^2) (0.5 \text{ GPM/pie}^2) = 182.22 \text{ GPM}$$

Para este caso el número mínimo de boquillas requerido será:

$$\text{No. de boquillas} = \frac{182.22 \text{ GPM}}{29.452 \text{ GPM}} = 6.18 \text{ boquillas}$$

Por distribución y arreglo físico, se usarán 6 boquillas, las cuales proporcionarán un flujo actual de:

$$Q_3 = (6 \text{ boquillas}) (40 \text{ GPM/boquilla}) = 240 \text{ GPM}$$

**- Separador de Producción.**

Dimensiones: Diam. = 13'-0" (13.0') Long. = 45'-0" (45.0')

$$\text{Área a proteger: } A = (3.1416) (13.0) (45.0) + (2) (1.09) (13.0)^2 = 2,206.25 \text{ pies}^2$$

Considerando una densidad de diseño de 0.5 GPM/pie<sup>2</sup>, se tendrá un gasto de:

$$Q = (2,206.25 \text{ pies}^2) (0.5 \text{ GPM/pie}^2) = 1,103.125 \text{ GPM}$$

Como el flujo mínimo que deberá proporcionar cada boquilla es de 29.452 GPM, el número mínimo de boquillas para proporcionar la protección necesaria a este equipo será:

$$\text{No. de boquillas} = \frac{1,103.125 \text{ GPM}}{29.452 \text{ GPM}} = 37.46 \text{ boquillas}$$

Por distribución y arreglo físico, se usarán 40 boquillas para la protección de este equipo. Con este número de boquillas y las condiciones actuales de las boquillas seleccionadas, se tendrá un flujo de agua para enfriamiento de:

$$Q_4 = (40 \text{ boquillas}) (40 \text{ GPM/boquilla}) = 1,600 \text{ GPM}$$

**- Area del Paquete de Regulación de Gas de Instrumentos/Gas de Arranque y su Patín.**

El área a proteger de este paquete será:

Tanque Gas de Instrumentos: Diam. = 2'-0" (2.0') Long. = 6'-0" (6.0')

$$\text{Área a proteger: } A = (3.1416) (2.0) (6.0) + (2) (1.09) (2.0)^2 = 46.42 \text{ pies}^2$$

Tanque Gas de Arranque: Diam. = 2'-0" (2.0') Long. = 6'-0" (6.0')

$$\text{Área a proteger: } A = (3.1416) (2.0) (6.0) + (2) (1.09) (2.0)^2 = 46.42 \text{ pies}^2$$

Área del patín del paquete: Largo: 14'-0" (14.0') Ancho: 8'-0" (8.0')

$$\text{Área a proteger } A = (14.0) (8.0) = 112.0 \text{ pies}^2$$

De lo cual el área total a proteger será:

$$A_{\text{tot}} = 46.42 \text{ pies}^2 + 46.42 \text{ pies}^2 + 112.0 \text{ pies}^2 = 204.84 \text{ pies}^2$$

Teniéndose un gasto de:

$$Q = (204.84 \text{ pies}^2) (0.5 \text{ GPM/pie}^2) = 102.42 \text{ GPM}$$

Para este caso el número mínimo de boquillas rociadoras requerido será:

$$\text{No. de boquillas} = \frac{102.42 \text{ GPM}}{29.45 \text{ GPM}} = 3.48 \text{ boquillas}$$

Por distribución y arreglo físico, se usarán 6 boquillas, las cuales proporcionarán un flujo actual de:

$$Q_5 = (6 \text{ boquillas}) (40 \text{ GPM/boquilla}) = 240 \text{ GPM}$$

**- Area para Cabezal de Bombeo Neumático.**

Se considerará a este cabezal como un tanque horizontal con dimensiones de: Diam. = 8.625" (0.718') Long. = 44'-6" (44.5')

$$\text{Área a proteger: } A = (3.1416) (0.718) (44.5) + (2) (1.09) (0.718)^2 = 101.5 \text{ pies}^2$$

Teniéndose un gasto de:

$$Q = (101.5 \text{ pies}^2) (0.5 \text{ GPM/pie}^2) = 50.75 \text{ GPM}$$

Para este caso el número mínimo de boquillas rociadoras será:

$$\text{No. de boquillas} = \frac{50.75 \text{ GPM}}{29.45 \text{ GPM}} = 1.72 \text{ boquillas}$$

Por distribución y arreglo físico, se usarán 4 boquillas, las cuales proporcionarán un flujo actual de:

$$Q_6 = (4 \text{ boquillas}) (40 \text{ GPM/boquilla}) = 160 \text{ GPM}$$

### V.1.1.3 Determinación de la demanda máxima

Con el fin de determinar cuál será la demanda máxima de agua contra incendio que se requerirá para controlar y extinguir un incendio, se hará la siguiente consideración de análisis de riesgo: **la demanda máxima quedará determinada por la actuación simultánea de los sistemas de inundación y del equipo manual como monitores e hidrantes, requeridos para controlar y extinguir el fuego de mayor proporción que pudiera presentarse.** Del establecimiento de este criterio se tiene las siguientes alternativas para los sistemas de inundación:

a).- Sistema de Inundación No. 1.

Operación del sistema de rociadores de la zona de pozos, apoyado por la actuación simultánea de 3 monitores.

	Demanda (GPM):
- Zona de Pozos	2,450
- Monitores (3 x 516 GPM)	<u>1,548</u>
	3,998

b).- Sistema de Inundación No. 2.

Operación del sistema de rociadores del área de Lanzadores de Diablos, del Cabezal para Bombeo Neumático y del Separador de Prueba, apoyados por la actuación simultánea de 2 monitores.

	Demanda (GPM)
- Lanzadores de Diablos	240
- Cabezal para Bombeo Neumático	160
- Separador de Prueba	800
- Monitores (2 x 516 GPM)	<u>1,032</u>
	2,232

c).- Sistema de Inundación No. 3.

Operación del sistema de rociadores del Separador de Producción y del Paquete de Regulación de Gas de Instrumentos/Gas de Arranque, apoyados por la actuación simultánea de 1 estación de mangueras contra incendio, con una conexión para manguera de 1 ½" de diam. y otra de 2 ½" de diam., cada una.

	Demanda (GPM):
- Separador de Producción	1,600
- Paquete de Regulación de Gas de Instr./Gas de Arranque	240
- Estación de Mangueras:	
1 de 1 ½" diam. ___ 1 x 125 GPM	125
1 de 2 ½" diam. ___ 1 x 250 GPM	<u>250</u>
	2,215

De lo anterior se recomienda la instalación de dos (2) bombas contra incendio, cada una con una capacidad nominal de **2,000 GPM**, utilizando ambas bombas sólo en el caso de demanda requerida por algún incendio en la zona de pozos, en tanto que se podrá utilizar una sola bomba para cualquiera de las otras alternativas de demanda.

### V.1.1.4 Determinación de los diámetros del sistema

Para la determinación de los diámetros de las tuberías de distribución del sistema de agua contra incendio se considerarán los siguientes criterios de velocidad:

- En líneas principales de alimentación la velocidad será de hasta 15 pies/seg.
- En ramales secundarios la velocidad será hasta de 20 pies/seg.

Para la determinación de la velocidad del flujo se empleará la fórmula de Continuidad<sup>(5)</sup> dada por:

$$V = \frac{0.4084 Q}{d^2}$$

donde: V = velocidad del flujo, en pies/seg.

Q = gasto, en GPM

d = diámetro interior de la tubería, en pulg.

<sup>(5)</sup> Flow of fluids through valves, fittings and pipe. Technical Paper No. 410 Engineering Division Crane, Crane Co., E.U.A. 1979 Chapter 3, Pag. 3-2

**- Diámetro del cabezal de descarga:**

Para la capacidad nominal obtenida (2,000 GPM) para el equipo de bombeo se recomienda un diámetro del cabezal de descarga de 10" de diámetro (NFPA 20), por lo que el diámetro de este cabezal se fija en 10". El diámetro interior para esta tubería de acuerdo a la especificación utilizada es de 10.02" con lo que el flujo en esta tubería tendrá una velocidad real de:

- A condición de capacidad nominal:  $Q = 2,000 \text{ GPM}$ ,  $d = 10.02"$   
teniéndose:

$$V = \frac{(0.4084) (2,000)}{(10.02)^2} = 8.135 \text{ pies/seg.}$$

- A condición del 150% de la capacidad nominal:  $Q = 3,000 \text{ GPM}$ ,  $d = 10.02"$   
teniéndose:

$$V = \frac{(0.4084) (3,000)}{(10.02)^2} = 12.203 \text{ pies/seg.}$$

De lo cual el diámetro seleccionado para la tubería de descarga de 10" es aceptable.

**- Diámetro del anillo principal de agua contra incendio.**

Este anillo tendrá la capacidad para proporcionar por uno solo de sus ramales agua para satisfacer la demanda máxima de agua contra incendio. Esta capacidad se determinó de 3,998 GPM, pero al utilizarse 2 bombas de 2,000 GPM se tiene:  $Q = 4,000 \text{ GPM}$ ,  $V = 15 \text{ pies/seg.}$  (propuesta)

$$d = [ (0.4084) (4,000) / 15 ]^{1/2} = 10.4353"$$

Considerando tubería de 12" de diámetro nominal, la cual tiene un diámetro interior según la especificación utilizada de 11.938", se tendrá una velocidad real de este flujo de:

$$V = \frac{(0.4084) (4,000)}{(11.938)^2} = 11.46 \text{ pies/seg.}$$

La cual se considera aceptable por estar dentro del rango recomendado.

**- Línea de alimentación al anillo de la Zona de Pozos (Sistema de Inundación No. 1).**

Teniendo que:  $Q = 2,450 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg.}$  (propuesta)  
 $d = [ (0.4084) (2,450) / 20 ]^{1/2} = 7.07"$

Considerar tubería de 8" con diámetro interior de 7.981", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de :

$$V = \frac{(0.4084) (2,450)}{(7.981)^2} = 15.7 \text{ pies/seg.}$$

**- Ramal de alimentación al anillo de la Zona de Pozos.**

Teniendo que:  $Q = 1,225 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg.}$  (propuesta)  
 $d = [ (0.4084) (1,225) / 20 ]^{1/2} = 5.0"$

Considerar tubería de 6" con diámetro interior de 6.065", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (1,225)}{(6.065)^2} = 13.6 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación al Sistema de Inundación No. 2.**

Teniendo que:  $Q = 1,200 \text{ GPM}$ ,  $V = 15 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (1,200) / 15 ]^{1/2} = 5.72''$

Considerar tubería de 6", con diámetro interior de 6.065" según la especificación utilizada, con lo que para este flujo se tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (1,200)}{(6.065)^2} = 13.32 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación al anillo del área de Lanzadores de Diablos.**

Teniendo que:  $Q = 240 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (240) / 20 ]^{1/2} = 2.21''$

Considerar tubería de 3", con diámetro interior de 2.900" según la especificación utilizada, con lo que para este flujo se tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (240)}{(2.90)^2} = 11.65 \text{ pies/seg.}$$

**- Ramal de alimentación al anillo del área de Lanzadores de Diablos.**

Teniendo que:  $Q = 120 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (120) / 20 ]^{1/2} = 1.56''$

Considerar tubería de 2" con diámetro interior de 1.939", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de :

$$V = \frac{(0.4084) (120)}{(1.939)^2} = 13.03 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación al Cabezal para Bombeo Neumático.**

Teniendo que:  $Q = 160 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (160) / 20 ]^{1/2} = 1.81''$

Considerar tubería de 2" con diámetro interior de 1.939", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de :

$$V = \frac{(0.4084) (160)}{(1.939)^2} = 17.38 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación al anillo superior del Separador de Prueba (similar para la línea de alimentación al anillo inferior de este mismo Separador).**

Teniendo que:  $Q = 400 \text{ GPM}$ ,  $V = 15 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (400) / 15 ]^{1/2} = 3.3''$

Considerar tubería de 4" con diámetro interior de 4.026", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de :

$$V = \frac{(0.4084) (400)}{(4.026)^2} = 10.08 \text{ pies/seg.}$$

**- Ramal de alimentación al anillo del Separador de Prueba.**

Teniendo que:  $Q = 200 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (200) / 20 ]^{1/2} = 2.02''$

Considerar tubería de 2" con diámetro interior de 1.939", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (200)}{(1.939)^2} = 21.72 \text{ pies/seg.}$$

Dado que esta velocidad está por arriba de la máxima recomendada se usará tubería de 2 1/2" con diámetro interior de 2.323", teniéndose:

$$V = \frac{(0.4084) (200)}{(2.323)^2} = 15.13 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación al Sistema de Inundación No. 3.**

Teniendo que: Q = 1,840 GPM, V = 15 pies/seg. (propuesta)  
 $d = [ (0.4084) (1,840) / 15 ]^{1/2} = 7.08"$

Considerar tubería de 8" con diámetro interior de 7.981", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (1,840)}{(7.981)^2} = 11.80 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación a los anillos superior e inferior del Separador de Producción.**

Teniendo que: Q = 1,600 GPM, V = 15 pies/seg. (propuesta)  
 $d = [ (0.4084) (1,600) / 15 ]^{1/2} = 6.6"$

Considerar tubería de 8" con diámetro interior de 7.981", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (1,600)}{(7.981)^2} = 10.26 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación al anillo superior o inferior del Separador de Producción.**

Teniendo que: Q = 800 GPM, V = 15 pies/seg. (propuesta)  
 $d = [ (0.4084) (800) / 15 ]^{1/2} = 4.66"$

Considerar tubería de 6" con diámetro interior de 6.065", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (800)}{(6.065)^2} = 8.88 \text{ pies/seg.}$$

**- Ramal de alimentación al anillo superior o inferior del Separador de Producción.**

Teniendo que: Q = 400 GPM, V = 20 pies/seg. (propuesta)  
 $d = [ (0.4084) (400) / 20 ]^{1/2} = 2.86"$

Considerar tubería de 3" con diámetro interior de 2.90", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (400)}{(2.90)^2} = 19.42 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación al Paquete Regulador de Gas de Instrumentos/Gas de Arranque.**

Teniendo que: Q = 240 GPM, V = 15 pies/seg. (propuesta)  
 $d = [ (0.4084) (240) / 15 ]^{1/2} = 2.55"$

Considerar tubería de 3" con diámetro interior de 2.900", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de :

$$V = \frac{(0.4084) (240)}{(2.90)^2} = 11.65 \text{ pies/seg.}$$

**- Ramal de alimentación al anillo del Paquete Regulador de Gas de Instrumentos/Gas de Arranque.**

Teniendo que:  $Q = 120 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (120) / 20 ]^{1/2} = 1.56"$

Considerar tubería de 2" con diámetro interior de 1.939", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (120)}{(1.939)^2} = 13.03 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación a 3 monitores (cabezal).**

Teniendo que:  $Q = 3 \times 516 \text{ GPM} = 1,548 \text{ GPM}$ ,  $V = 15 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (1,548) / 15 ]^{1/2} = 6.49"$

Considerar tubería de 8" con diámetro interior de 7.981", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (1,548)}{(7.981)^2} = 9.92 \text{ pies/seg.}$$

**- Línea de alimentación a cada monitor.**

Teniendo que:  $Q = 516 \text{ GPM}$ ,  $V = 20 \text{ pies/seg. (propuesta)}$   
 $d = [ (0.4084) (516) / 20 ]^{1/2} = 3.24"$

Considerar tubería de 4" con diámetro interior de 4.026", con lo que este flujo tendrá una velocidad real de:

$$V = \frac{(0.4084) (516)}{(4.026)^2} = 13.0 \text{ pies/seg.}$$

En forma resumida, los diámetros anteriormente calculados, los flujos manejados, así como las velocidades de los mismos, se pueden ver en el Diagrama No.1, Diagrama Mecánico de Flujo "Flujos del Sistema de Bombeo, Red de Distribución y Sistema de Rociadores, de Agua Contra Incendio" (Incluidos en el Anexo).

### V.1.1.5 Determinación de la presión de descarga de la bomba

La presión de descarga de la bomba estará determinada por:

$P_{desc.} = \text{Caída de Presión por Fricción en las Tuberías} + \text{Caídas de Presión por Fricción en los Accesorios} + \text{Columna Estática en la Descarga} + \text{Caída de Presión en el Equipo} + \text{Presión de Operación en el Equipo.}$

Este cálculo se hará considerando que las bombas operan al 100% de su capacidad y que se cubrirá la demanda máxima del sistema (operación simultánea del sistema de rociadores de la zona de pozos y de 3 monitores).

**Caídas de Presión por Fricción en las Tuberías y Accesorios.**

Estas caídas de presión por fricción se calcularán utilizando la fórmula de Hazen-Williams<sup>(6)</sup> dada por:

$$f = \frac{4.52 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}}$$

<sup>(6)</sup> Desing of Water-Based Fire Protection Systems Robert M. Gagnon. E.U.A. 1997. Pag. 126

donde:

f = coeficiente de fricción, en psi/pie  
 Q = gasto, en GPM  
 C = coeficiente de Hazen-Williams para las tuberías  
 d = diámetro interior de la tubería, en pulgadas.

Considerando la trayectoria desde el punto 1 (brida de descarga de la bomba accionada con motor eléctrico) hasta el punto 50 (alimentación al monitor M-06, el más alejado en la condición de demanda máxima), se tiene en forma tabular lo siguiente (los flujos son incrementados en forma proporcional para tener un flujo total de descarga de la bomba de 2,000 GPM):

Q = Gasto, en GPM  
 V = Velocidad, en pies/seg  
 LACC = Longitud de accesorios  
 f = Coeficiente de fricción, en psi/pie  
 COL. EST. = Columna estática, en psi

DIAM = Diámetro, en pulgadas  
 LTUB = Longitud de tubería, en pies  
 LTOT = Longitud total del tramo, en pies  
 $\Delta P_f$  = Caída de presión en el tramo, en psi

TRAMO	Q (GPM)	DIAM. (pulg.)	V (pies/seg)	LTUB (pies)	LACC. (pies)	LTOT. (pies)	f (psi/pie)	$\Delta P_f$ (psi)	COL. EST. (psi)
1-3	2,000.0	10	8.135	12.53	143.0	155.5	0.01100	1.7106	-3.613
3-13	4,000.0	12	11.463	158.72	186.0	344.7	0.01690	5.8247	12.11
13-17	1,548.77	12	4.438	135.12	125.0	260.1	0.00292	0.7597	-0.889
17-45	1,548.77	8	9.930	29.54	36.0	65.5	0.02075	1.3602	-11.56
45-46	1,032.52	8	6.620	23.02	0.0	23.0	0.00980	0.2257	0.00
46-47	516.26	8	3.310	16.22	44.0	60.2	0.00272	0.1638	0.00
47-50	516.26	4	13.008	11.57	12.0	23.6	0.07616	1.7951	3.79
								11.8397	-0.165

De lo anterior se tiene:

$$P_{desc.} = 11.84 \text{ psi} + (-0.165) \text{ psi} + 10 \text{ psi} + 100 \text{ psi} \\ = 121.675 \text{ psi}$$

Considerar como presión de descarga nominal de la bomba 125 psi.

### V.1.1.6 Verificación de la presión de operación del sistema de rociadores en la zona de pozos

Tomando como referencia los isométricos mencionados, y los datos obtenidos anteriormente se tendrá que la presión de operación del rociador en la Zona de Pozos, en la ubicación más desfavorable será (boquilla No. 208, Isométrico No. 2, incluido en el Anexo):

$P_{operac.} = 125 \text{ psi} - \text{Caidas de Presión por Fricción en Tuberías} - \text{Caidas de Presión por Fricción en accesorios} - \text{Columna Estática en la Descarga.}$

Para fines de cálculo de caídas de presión por fricción se considerará que el sistema está lleno en su totalidad. En forma tabular y considerando la trayectoria indicada, se tendrá:

Q = Gasto, en GPM  
 V = Velocidad, en pies/seg  
 LACC = Longitud de accesorios  
 f = Coeficiente de fricción, en psi/pie  
 COL. EST. = Columna estática, en psi

DIAM = Diámetro, en pulgadas  
 LTUB = Longitud de tubería, en pies  
 LTOT = Longitud total del tramo, en pies  
 $\Delta P_f$  = Caída de presión en el tramo, en psi



TRAMO	Q (GPM)	DIAM. (pulg.)	V (pies/seg)	LTUB (pies)	LACC. (pies)	LTOT. (pies)	f (psi/pie)	$\Delta P_f$ (psi)	COL. EST. (psi)
1-3	2,000.0	10	8.135	12.87	143.00	155.9	0.01100	1.7143	-3.613
3-8	4,000.0	12	11.463	42.81	114.00	156.8	0.01690	2.6496	12.110
8-13	4,000.0	12	11.463	115.91	132.00	247.9	0.01690	4.1889	0.000
13-34	2,451.22	8	15.716	32.16	146.00	178.2	0.04853	8.6457	-7.450
34-200	2,451.22	8	15.716	72.92	248.00	320.9	0.04853	15.5736	3.423
200-201	1,225.62	8	7.858	0.58	9.00	9.6	0.01346	0.1290	0.000
201-202	1,225.62	6	13.607	4.22	0.00	4.2	0.05125	0.2163	0.000
202-203	1,050.53	6	11.663	8.00	0.00	8.0	0.03854	0.3083	0.000
203-204	875.44	6	9.720	8.00	0.00	8.0	0.02750	0.2200	0.000
204-205	700.35	6	7.776	8.00	0.00	8.0	0.01820	0.1456	0.000
205-206	525.26	6	5.832	8.00	0.00	8.0	0.01069	0.0855	0.000
206-207	350.18	6	3.888	14.63	14.00	28.6	0.00505	0.1445	0.000
207-208	175.09	6	1.944	7.50	0.00	7.5	0.00140	0.0105	0.000
								<u>34.0319</u>	<u>4.465</u>

De donde se obtiene:

$$\begin{aligned} P_{operac.} &= 125 \text{ psi} - 34.0319 \text{ psi} - 4.465 \text{ psi} \\ &= 86.5031 \text{ psi} \end{aligned}$$

Como puede observarse, la presión de operación de la boquilla rociadora de la Zona de Pozos en la condición más desfavorable es de 86.5031 psi, la cual puede considerarse como aceptable ya que la presión mínima de operación para estas boquillas es normalmente de 40 psi.

### V.1.1.7 Conclusiones

- De los cálculos elaborados anteriormente se concluye que para poder cubrir cualquier riesgo de incendio en esta Plataforma, se contará con dos (2) unidades de bombeo con las siguientes características:

Gasto nominal: **2,000 GPM**  
 Presión de Descarga: **125 psi**

- Los monitores contarán con boquillas que proporcionen un flujo de 516 GPM operando a 100 psi ó 448 GPM a 75 psi, Marca Elkhart, Modelo CJ-B o similar.
- Las boquillas para la protección de la zona de pozos proporcionarán 175 GPM a 100 psi ó 139 GPM a 75 psi, con conexión macho NPT de 1 1/2" de diámetro, ángulo de aspersion de 120°, Marca Elkhart, Modelo NT-C o similar.
- Para la protección de los separadores de prueba y de producción así como de los lanzadores de diablos y del patin de gas de instrumentos /gas de arranque, se usarán boquillas que proporcionen 40 GPM a 100 psi ó 34 GPM a 75 psi, con conexión macho NPT de 1" de diámetro y ángulo de aspersion de 120°, Marca Elkhart, Modelo NTL-C o similar.
- Los hidrantes contarán con dos conexiones para mangueras, una de 1 1/2" y otra de 2 1/2" de diámetro, las cuales a su vez contarán con boquillas con las siguientes características:
  - las mangueras de 1 1/2" contarán con boquillas que proporcionarán 125 GPM operando a 100 psi ó 105 GPM operando a 75 psi.
  - las mangueras de 2 1/2" contarán con boquillas que proporcionarán 250 GPM operando a 100 psi ó 218 GPM operando a 75 psi.

## V.2 Cálculo por computadora.

Este cálculo servirá para determinar el flujo de agua contra incendio y la caída de presión en cada uno de los tramos de tubería de la red de agua contra incendio; para efectuar este cálculo se utilizará el programa Sprink-1000 "A Microcomputer Program for the Hydraulic Analysis of Fire Sprinkler Systems", versión 10 elaborado por Municipal Hydraulics Ltd. Este cálculo también servirá para verificar si el equipo de bombeo especificado en cuanto a gasto y presión, es capaz de satisfacer la demanda requerida para un incendio supuesto, operando el sistema de rociadores considerado para la protección del equipo en problemas más la operación del equipo manual (monitores e hidrantes) que servirá de apoyo.

Para realizar el cálculo, se deben introducir los datos de los nodos y tuberías que conforman el sistema de la siguiente forma:

### -Tuberías y accesorios.

Cada sección de tubería de la red, se debe especificar de la siguiente manera:

P	No. de tubería	Nodo 1	Nodo 2	Longitud	Diámetro	Código	Accesorios
---	----------------	--------	--------	----------	----------	--------	------------

Ejemplo:

P	100	201	202	10.3	6.0	CSAL140	3SE
---	-----	-----	-----	------	-----	---------	-----

donde:

P Es un prefijo que designa que el dato de este renglón contiene información de una tubería (pipe, P).

No. de tubería Es un número asignado a la tubería, el cual es único para cada una de ellas.

Nodo1 y Nodo 2 Son los números de nodos asignados al inicio y al final de cada uno de los extremos de cada tubería.

Longitud Es la longitud total entre nodos de la tubería, en pies.

Diámetro Es el diámetro nominal de la tubería, en pulgadas. Internamente el programa determina el diámetro interior, de acuerdo con la información almacenada. En caso de desear ingresar un diámetro interior diferente, debe escribirse precedido de un signo negativo.

Código Define el tipo de material de la tubería y el coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams (C). Si se define un valor de C en el renglón anterior, éste es considerado para todas las tuberías consecutivas.

Accesorios Son los accesorios incluidos en la sección de tubería en cuestión. 3SE indica: 3 Standard Elbows, información ya almacenada para determinar la longitud equivalente de los accesorios, en este caso 3 codos de 90° estándares. En caso de requerirse usar accesorios no listados en la información almacenada, se puede introducir tecleando dos asteriscos seguidos del valor de la longitud equivalente, entre paréntesis.

**-Rociadores y boquillas.**

Para rociadores y boquillas, que se encuentran operando, se especifican de la siguiente forma:

S o N	No. de Rociador o Boquilla	Elevación	Descarga	Factor K
-------	----------------------------	-----------	----------	----------

Ejemplo:

S ó N	301	150.0	85.0	7.3
-------	-----	-------	------	-----

donde:

S ó N	Es un prefijo que indica que la información de este renglón es para un rociador (sprinkler, S) o para una boquilla ( nozzle, N).
No. de Rociador o Boquilla	Es el número de nodo (entre 1 y 1000) en el cual está ubicado el rociador o la boquilla.
Elevación	Es la elevación a la que se encuentra el rociador o la boquilla operando, en pies.
Descarga	Es el flujo mínimo de descarga para el rociador o boquilla, dado por el fabricante, en GPM.
Factor K	Es la constante del rociador ó boquilla, dado por el fabricante.

**-Puntos de referencia.**

Todos los nodos de la red que no son puntos de suministro de agua, rociadores o boquillas operando, son denominados como puntos de referencia (R) y se especifican de la siguiente manera:

R	No. de nodo	Elevación
---	-------------	-----------

Ejemplo:

R	202	190
---	-----	-----

donde:

R	Es un prefijo que indica que la información de este renglón pertenece a un punto de referencia.
No. de nodo	Es el número de nodo que pertenece al punto de referencia.
Elevación	Es la elevación a la que se encuentra el punto de referencia, en pies.

**-Puntos de entrada.**

Los puntos de entrada son los puntos en la red de agua contra incendio en los cuales la red es alimentada, ya sea por un suministro de agua o una bomba. Se describen de la siguiente forma:

I	No. de nodo	Elevación	Presión
---	-------------	-----------	---------

Ejemplo:

I	15	150	180
---	----	-----	-----

donde:

I Es un prefijo que indica que la información contenida en este renglón pertenece a un punto de entrada.


No. de nodo Es el número de nodo que pertenece a este punto de entrada.

Elevación Es la elevación a la que se encuentra el punto de entrada, en pies.

Presión Es la presión disponible en el punto de entrada, en psi.

Si la presión de entrada no es constante, la curva de operación de una bomba puede ser considerada, introduciendo hasta ocho pares de datos de su curva característica, donde el eje "x" es el flujo en GPM, y el eje "y" es la presión en psi. Para la codificación de los datos y alimentar al programa se usarán los isométricos Nos.1, 2, 3 y 4 (incluidos en el anexo), en los cuales se utilizó la siguiente simbología para la numeración de las tuberías, boquillas rociadoras y puntos de referencia:

 Tubería y su numeración consecutiva.

 Nodos (puntos de referencia, boquillas, entradas de alimentación).

**Consideraciones del sistema de inundación No. 1**

Este sistema comprenderá la operación del sistema de rociadores de la Zona de Pozos apoyado por la actuación simultánea de tres monitores (M-01, M-04 y M-06) y la operación de las dos bombas contra incendio instaladas. Estos rociadores serán alimentados por una válvula de inundación, la cual será operada automática o manualmente.

**Consideraciones del sistema de inundación No. 2**

Este sistema comprenderá la operación de los sistemas de rociadores del área de Lanzadores de Diablos, Cabezal de Bombeo Neumático y Separador de Prueba, apoyados por la actuación simultánea de dos monitores (M-03 y M-06) y la operación de la bomba contra incendio accionada con motor eléctrico.

**Consideraciones del sistema de inundación No. 3**

Este sistema comprenderá la operación de los sistemas de rociadores localizados en el Separador de Producción y en el Paquete de Regulación de Gas de Instrumentos/Gas de Arranque, apoyado por la actuación simultánea de una estación para mangueras (H-01) y con la operación de la bomba contra incendio accionada con motor eléctrico.

## V.2.1 Sistema de inundación No. 1 (Zona de pozos).

```

DESIGN PROGRAM FOR SPRINKLER SYSTEMS
by
MUNICIPAL HYDRAULICS LTD, LADYSMITH, B.C. CANADA
COPYRIGHT (C) 1993 MUNICIPAL HYDRAULICS LTD
VERSION 10.0
COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CLIENT : CAMPUS ACATLAN
PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO
JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO
/
*** SISTEMA DE INUNDACION NO. 1 ***
/
ZONA DE POZOS
/
CONSIDERACIONES:
/
1.-OPERACION DE LAS DOS BOMBAS PARA AGUA C/INCENDIO
/
INSTALADAS EN LA PLATAFORMA.
/
2.-ACTUACION DEL SISTEMA DE ROCIADORES DE LA ZONA DE POZOS.
/
3.-OPERACION SIMULTANEA DE TRES MONITORES (M-01, M-04 Y M-06).
/
4.-ANILLO DE AGUA CONTRA INCENDIO OPERANDO COMPLETO, NO
/
SECCIONADO.
/
5.-OPERACION DEL SISTEMA DE DILUVIO TOTALMENTE LLENO.
/
6.-SE USARAN BOQUILLAS MARCA ELKHART, MODELO NT-C DE 1 1/2"
/
DE DIAMETRO Y K=16.989.
/
7.-LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO A UTILIZAR SERAN:
/
GASTO NOMINAL: 2,000 GPM, PRESION DE DESCARGA: 125 PSI.
/
NOLIST
/
TUBERIAS
/
DESCARGAS DE BOMBAS CONTRA INCENDIO Y ALIMENTACION AL ANILLO PRINCIPAL
C=120
P 500 1 2 4.65 -10.02 CV
P 501 2 3 8.22 -10.02 GV SE T3
P 502 4 5 4.65 -10.02 CV
P 503 5 6 8.22 -10.02 GV SE T3
P 504 6 7 38.0 -10.02
P 505 7 3 0.83 -11.938 T4 *(13)
P 506 3 8 42.81 -11.938 2SE T4
/
ANILLO PRINCIPAL DE DISTRIBUCION DE AGUA CONTRA INCENDIO
P 509 8 9 29.43 -11.938 GV
P 510 9 10 10.11 -11.938 SE TN
P 511 10 11 59.86 -11.938 GV SE TN
P 512 11 12 9.89 -11.938 TN
P 513 12 13 6.82 -11.938 GV TN
P 514 13 14 45.44 -11.938 TN
P 515 14 15 6.89 -11.938 TN
P 516 15 16 41.36 -11.938 GV SE 2HE TN
P 517 16 17 40.28 -11.938 GV TN
P 518 17 18 52.24 -11.938 TN SE 2HE
P 519 18 19 16.56 -11.938 TN
P 520 19 8 21.81 -11.938 GV TN
/
ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-02)
P 531 10 21 16.53 -4.026 T4 *(13)
P 532 21 22 0.33 -1.50 GV *(4)
P 533 21 23 0.33 -2.323 GV *(4)
/
SISTEMA DE INUNDACION No. 3 (PROTECCION AL SEPARADOR DE PRODUCCION Y AL
/
PAQUETE DE REGULACION DE GAS)
C=120
P 534 11 24 32.18 -7.981 GV *(13) 4SE *(70)
C=120
P 535 24 25 43.61 -7.981 3SE TN *(154)
P 536 25 320 7.81 -2.90 *(9) *(7) SE
P 537 25 26 23.94 -7.981 SE TN
P 538 26 27 0.58 -7.981 *(9)
P 539 27 270 1.38 -8.065 T4
P 540 28 293 14.44 -8.065 SE T4 *(9)
/
SISTEMA DE INUNDACION No. 2 (PROTECCION AL SEPARADOR DE PRUEBA, CABEZAL
/
PARA BOMBEO NEUMATICO Y AREA DE LANZADORES DE DIABLOS)
P 541 12 28 33.39 -8.065 GV *(13) 4SE *(40)
C=120
P 542 28 29 70.14 -8.065 5SE TN *(123)
P 543 29 30 0.94 -6.065 TN
P 544 30 31 0.47 -6.065 *(7)
P 545 31 240 1.43 -4.026 T4
P 546 30 253 11.06 -4.026 SE *(7) T4
P 547 29 32 0.47 -6.065 *(7)
P 548 32 234 60.41 -4.026 3SE TN
/
CABEZAL PARA BOMBEO NEUMATICO
P 549 234 233 19.92 -1.939 *(4) 2SE
P 550 233 232 11.17 -1.939
P 551 232 231 11.17 -1.939
P 552 231 230 11.17 -1.939
P 553 234 33 0.34 -4.026 *(4)
P 554 33 220 0.62 -2.90 *(7)
/
SISTEMA DE INUNDACION No. 1
C=120
P 555 13 34 32.17 -7.981 GV *(13) 4SE *(70)
C=120
P 556 34 200 72.92 -7.981 6SE T4 *(154)
/
ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-01)
P 557 14 35 17.80 -4.026 *(13) T4 2SE
P 558 35 36 0.33 -1.50 GV *(4)
P 559 35 37 0.33 -2.323 GV *(4)
/
MONITORES PARA AGUA CONTRA INCENDIO
P 561 16 39 27.09 -7.981 *(13) 2SE TN
P 562 39 40 23.61 -7.981 TN
P 563 40 41 15.20 -7.981 TT
P 564 39 42 12.0 -4.026 *(9) SE GV *(101)
P 565 40 43 21.77 -4.026 *(9) 2SE GV *(101)
P 566 41 44 29.92 -4.026 *(9) 2SE GV *(101)
P 567 17 45 29.54 -7.981 *(13) 2SE TN

```

P 568 45 46 23.02 -7.981 TN  
 P 569 46 47 16.22 -7.981 TT  
 P 570 45 48 13.85 -4.026 \*(9) SE GV \*(101)  
 P 571 46 49 13.42 -4.026 \*(9) SE GV \*(101)  
 P 572 47 50 13.42 -4.026 \*(9) SE GV \*(101)  
 / ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-03)  
 P 573 19 51 39.25 -4.026 \*(13) 2SE T4  
 P 574 51 52 0.33 -1.50 GV \*(4)  
 P 575 51 53 0.33 -2.323 GV \*(4)  
 / ANILLO ZONA DE POZOS  
 C=120  
 P 600 200 201 0.58 -7.981 \*(9)  
 P 601 201 202 4.22 -6.065  
 P 602 202 203 8.0 -6.065  
 P 603 203 204 8.0 -6.065  
 P 604 204 205 8.0 -6.065  
 P 605 205 206 8.0 -6.065  
 P 606 206 207 14.63 -6.065 SE  
 P 607 207 208 7.5 -6.065  
 P 608 208 209 14.63 -6.065 SE  
 P 609 209 210 8.0 -6.065  
 P 610 210 211 8.0 -6.065  
 P 611 211 212 8.0 -6.065  
 P 612 212 213 8.0 -6.065  
 P 613 213 214 13.14 -6.065 SE  
 P 616 214 215 7.5 -6.065  
 P 617 215 218 6.75 -6.065 SE  
 P 618 218 200 0.58 -7.981 \*(9)  
 / ANILLO LANZADORES DE DIABLOS  
 P 620 220 221 0.28 -2.90 \*(3)  
 P 621 221 222 6.20 -1.939 SE  
 P 622 222 223 11.01 -1.939  
 P 623 223 224 11.01 -1.939  
 P 624 224 225 22.44 -1.939 2SE  
 P 625 225 226 11.01 -1.939  
 P 626 226 227 11.01 -1.939  
 P 627 227 228 18.18 -1.939 SE  
 / P 628 228 220 0.28 -2.90 \*(3)  
 / ANILLOS SUPERIOR SEPARADOR DE PRUEBA  
 P 640 240 241 0.34 -4.026 \*(4)  
 P 641 241 242 2.50 -2.323  
 P 642 242 243 9.94 -2.323 SE  
 P 643 243 244 5.75 -2.323  
 P 644 244 245 5.75 -2.323  
 P 645 245 246 5.75 -2.323  
 P 646 246 247 9.26 -2.323 SE  
 P 647 247 248 9.26 -2.323 SE  
 P 648 248 249 5.75 -2.323  
 P 649 249 250 5.75 -2.323  
 P 650 250 251 5.75 -2.323  
 P 651 251 252 6.09 -2.323 SE  
 / P 652 252 240 0.34 -4.026 \*(4)  
 / ANILLO INFERIOR SEPARADOR DE PRUEBA  
 P 653 253 254 0.34 -4.026 \*(4)  
 P 654 254 255 2.5 -2.323  
 P 655 255 256 9.94 -2.323 SE  
 P 656 256 257 5.75 -2.323  
 P 657 257 258 5.75 -2.323  
 P 658 258 259 5.75 -2.323  
 P 659 259 260 9.26 -2.323 SE  
 P 660 260 261 9.26 -2.323 SE  
 P 661 261 262 5.75 -2.323  
 P 662 262 263 5.75 -2.323  
 P 663 263 264 5.75 -2.323  
 P 664 264 265 6.09 -2.323 SE  
 / P 665 265 253 0.34 -4.026 \*(4)  
 / ANILLO SUPERIOR SEPARADOR DE PRODUCCION  
 P 670 270 271 0.47 -6.065 \*(7)  
 P 671 271 272 1.10 -2.90  
 P 672 272 273 9.67 -2.90 SE  
 P 673 273 274 5.75 -2.90  
 P 674 274 275 5.75 -2.90  
 P 675 275 276 5.75 -2.90  
 P 676 276 277 5.75 -2.90  
 P 677 277 278 5.75 -2.90  
 P 678 278 279 5.75 -2.90  
 P 679 279 280 5.75 -2.90  
 P 680 280 281 9.67 -2.90 SE  
 P 681 281 282 7.25 -2.90  
 P 682 282 283 9.67 -2.90 SE  
 P 683 283 284 5.75 -2.90  
 P 684 284 285 5.75 -2.90  
 P 685 285 286 5.75 -2.90  
 P 686 286 287 5.75 -2.90  
 P 687 287 288 5.75 -2.90  
 P 688 288 289 5.75 -2.90  
 P 689 289 290 5.75 -2.90  
 P 690 290 291 9.67 -2.90 SE  
 P 691 291 292 4.30 -2.90  
 / P 692 292 270 0.47 -6.065 \*(7)  
 / ANILLO INFERIOR SEPARADOR DE PRODUCCION  
 P 693 293 294 0.47 -6.065 \*(7)  
 P 694 294 295 1.10 -2.90  
 P 695 295 296 9.67 -2.90 SE  
 P 696 296 297 5.75 -2.90  
 P 697 297 298 5.75 -2.90  
 P 698 298 299 5.75 -2.90  
 P 699 299 300 5.75 -2.90  
 P 700 300 301 5.75 -2.90  
 P 701 301 302 5.75 -2.90  
 P 702 302 303 5.75 -2.90

P 703 303 304 9.67 -2.80 SE  
 P 704 304 305 7.25 -2.90  
 P 705 305 306 9.67 -2.90 SE  
 P 706 306 307 5.75 -2.90  
 P 707 307 308 5.75 -2.90  
 P 708 308 309 5.75 -2.90  
 P 709 309 310 5.75 -2.90  
 P 710 310 311 5.75 -2.90  
 P 711 311 312 5.75 -2.90  
 P 712 312 313 5.75 -2.90  
 P 713 313 314 9.67 -2.90 SE  
 P 714 314 315 4.30 -2.90  
 / P 715 315 293 0.47 -8.065 \*(7)  
 / ANILLO PAQUETE DE REGULACION DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE ARRANQUE  
 P 720 320 321 0.28 -2.90 \*(3)  
 P 721 321 322 0.55 -1.939  
 P 722 322 323 6.63 -1.939 SE  
 P 723 323 324 9.11 -1.939  
 P 724 324 325 6.65 -1.939 SE  
 P 725 325 326 6.25 -1.939 SE  
 P 726 326 327 9.11 -1.939  
 P 727 327 328 4.53 -1.939 SE  
 / P 728 328 320 0.28 -2.90 \*(3)  
 / BOQUILLAS ROCIADORAS  
 / BOQUILLAS ZONA DE POZOS  
 N 202 74.16 139 16.989  
 NS 202 203 TO 215  
 / BOQUILLAS ZONA LANZADORES DE DIABLOS  
 R 222 74.16  
 RS 222 223 TO 227  
 / BOQUILLAS SEPARADOR DE PRUEBA  
 R 242 77.20  
 RS 242 243 TO 251  
 R 255 67.50  
 RS 255 256 TO 264  
 / BOQUILLAS SEPARADOR DE PRODUCCION  
 R 272 81.92  
 RS 272 273 TO 291  
 R 295 68.42  
 RS 295 296 TO 314  
 / BOQUILLAS DEL PAQUETE DE REGULACION DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE  
 / ARRANQUE  
 R 322 75.08  
 RS 322 323 TO 327  
 / BOQUILLAS DEL CABEZAL DE BOMBEO NEUMATICO  
 R 230 68.13  
 RS 230 231 TO 233  
 / MONITORES  
 N 42 67.14 432 51.65  
 R 43 67.14  
 R 44 78.14  
 NS 42 48  
 R 49 67.14  
 N 50 67.14 432 51.65  
 / HIDRANTES  
 R 22 66.67  
 R 23 66.67  
 RS 22 36 52  
 RS 23 37 53  
 / PUNTOS DE REFERENCIA  
 R 2 64.17  
 R 3 56.07  
 R 5 64.17  
 R 6 56.07  
 R 7 56.07  
 R 8 83.19  
 RS 8 9 TO 15  
 R 16 81.19  
 RS 16 17  
 RS 8 18 19  
 R 21 66.67  
 R 24 66.50  
 R 25 81.92  
 R 26 81.92  
 R 27 81.92  
 R 28 66.21  
 R 29 77.20  
 RS 29 30 TO 32  
 R 33 74.17  
 R 34 66.50  
 R 35 66.67  
 R 39 57.17  
 RS 39 40 41  
 R 45 55.31  
 RS 45 46 47  
 R 51 66.67  
 R 200 74.17  
 RS 200 201 218  
 R 220 74.17  
 RS 220 221 228  
 R 234 74.17  
 R 240 77.20  
 RS 240 241 252  
 R 253 67.50  
 RS 253 254 265  
 R 270 81.92  
 RS 270 271 292  
 R 293 68.42  
 RS 293 294 315  
 R 320 75.083  
 RS 320 321 328

```

/ ALIMENTACION BOMBAS AGUA CONTRA INCENDIO
/ BOMBA ACCIONADA CON MOTOR ELECTRICO
I 1 64.17 0 150 500 150 1000 150 1500 141.13 2000 125 2500 106.66 3000 81.25
/ BOMBA ACCIONADA CON MOTOR DE COMBUSTION INTERNA
I 4 64.17 0 150 500 150 1000 150 1500 141.13 2000 125 2500 106.66 3000 81.25
END
    
```

```

LENGTH DIAMETER FLOW HEAD ELEVATION PRESSURE
UNITS BEING USED: FEET INCHES US GPM FEET FEET PSI
    
```

HAZEN-WILLIAMS FORMULA USED

FITTINGS SPECIFIED AS NFPA

ITERATION STOPS WHEN GREATEST FLOW CHANGE IS .05000 IN ANY PIPE

MULTIPLICATIVE FACTOR OF EACH CONSUMPTION IS 1.00000

DEFAULT ROUGHNESS COEFFICIENT - C=120.0

THERE ARE 17 SPRINKLERS AND 0 BOOSTER PUMPS

THERE ARE 164 PIPES AND 144 REFERENCE POINTS

THE NUMBER OF INPUT POINTS IN SYSTEM IS 2

NO.	IN PARALLEL	PUMP ELEVATION	PUMP INPUT FRACTION	PUMP PARAMETERS OR X-Y COORDINATES
1	1	64.17	.50	.0 500.0 1000.0 1500.0 2000.0 2500.0 3000.0
4	1	64.17	.50	150.0 150.0 150.0 141.1 125.0 106.7 81.3
				.0 500.0 1000.0 1500.0 2000.0 2500.0 3000.0
				150.0 150.0 150.0 141.1 125.0 106.7 81.3

Initial estimate of demand on the system is 3242.00

NET UNBALANCED DEMAND ON THE SYSTEM = .00000

```

Iteration # 0 Max change in flow is 1664.034 in loop # 19
Iteration # 1 Max change in flow is 35.926 in loop # 19
Iteration # 2 Max change in flow is .335 in loop # 19
Iteration # 3 Max change in flow is .000 in loop # 1
Iteration # 4 Max change in flow is .000 in loop # 19
NUMBER OF ITERATIONS= 5
    
```

SUMMARY REPORT

```

=====
: COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 1 :
: DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 27 :
: CLIENT : CAMPUS ACATLAN :
: PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :
: JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :
=====
    
```

```

TOTAL FLOW FROM ALL HOSE REEL NOZZLES IS 3908.54
MINIMUM FLOW OF ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 163.52
AVERAGE FLOW FROM ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 229.91
TOTAL FLOW FROM ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 3908.54
TOTAL DEMAND ON THE WHOLE SYSTEM IS 3908.54
SPECIFIED AVAILABLE PRESSURE AT INPUT NODE IS 291.42 FEET
OR 126.19 P.S.I.
    
```



HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

=====

COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 4 :

DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 27 :

CLIENT : CAMPUS ACATLAN :

PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :

JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :

=====

=====

PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	PIPE DIAMETER ACTUAL (IN)	PIPE/FTG #	LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	HEAD LOSS STATIC (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF. (FT/SEC)	WATER VELOCITY (FT/SEC)	PRESS. (PSI)
----------	------------	---------------	------------------------	---------------------------	------------	-------------	-------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------	-----------------------	---------------------------	-------------------------	--------------

=====

:504:	8	7	1945.45	10.02	CSAM	38.0	38.0	0.0108	0.401	0.000	0.401	120	7.915	0.422
:505:	7	3	1945.45	11.94	CSAM	0.8	42.1	0.00450	0.189	0.000	0.189	120	5.576	0.209
:	:	:	:	12	1T4	28.2	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1**	13.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:506:	3	8	3908.54	11.94	CSAM	42.8	123.7	0.0184	2.026	11.744	13.770	120	11.203	0.845
:	:	:	:	12	2SE	52.7	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1T4	28.2	:	:	:	:	:	:	:	:
:509:	8	9	1889.59	11.94	CSAM	29.4	35.3	0.00426	0.150	0.000	0.150	120	5.416	0.197
:	:	:	:	12	1GV	5.9	:	:	:	:	:	:	:	:
:510:	9	10	1889.59	11.94	CSAM	10.1	54.0	0.00426	0.230	0.000	0.230	120	5.416	0.197
:	:	:	:	12	1SE	26.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:511:	10	11	1889.59	11.94	CSAM	59.9	109.6	0.00426	0.487	0.000	0.487	120	5.416	0.197
:	:	:	:	12	1GV	5.9	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1SE	26.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:512:	11	12	1889.59	11.94	CSAM	9.7	27.2	0.00426	0.116	0.000	0.116	120	5.416	0.197
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:513:	12	13	1889.59	11.94	CSAM	6.8	30.2	0.00426	0.129	0.000	0.129	120	5.416	0.197
:	:	:	:	12	1GV	5.9	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:514:	14	13	404.30	11.94	CSAM	45.4	63.0	0.000245	0.0155	0.000	0.0155	120	1.159	0.0090
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:515:	15	14	404.30	11.94	CSAM	6.9	24.4	0.000245	0.00599	0.000	0.00599	120	1.159	0.0090
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:516:	16	15	404.30	11.94	CSAM	41.4	118.4	0.000245	0.0286	0.888	0.895	120	1.159	0.0090
:	:	:	:	12	1GV	5.9	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1SE	26.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	2HE	25.4	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:517:	17	16	943.84	11.94	CSAM	40.3	63.7	0.00118	0.0751	0.000	0.0751	120	2.705	0.0493
:	:	:	:	12	1GV	5.9	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:518:	18	17	2018.95	11.94	CSAM	52.2	121.5	0.00482	0.585	-0.866	-0.281	120	5.787	0.225
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1SE	26.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	2HE	25.4	:	:	:	:	:	:	:	:
:519:	19	18	2018.95	11.94	CSAM	16.6	34.1	0.00482	0.164	0.000	0.164	120	5.787	0.225
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:520:	8	19	2018.95	11.94	CSAM	21.8	45.2	0.00482	0.218	0.000	0.218	120	5.787	0.225
:	:	:	:	12	1GV	5.9	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	12	1TN	17.6	:	:	:	:	:	:	:	:
:531:	10	21	0.00	4.03	CSAM	16.5	39.8	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000	0.000
:	:	:	:	4	1T4	10.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	4	1**	13.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:532:	21	22	0.00	1.50	CSAM	0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
:	:	:	:	1 1/2	1GV	0.7	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	1 1/2	1**	4.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:533:	21	23	0.00	2.32	CSAM	0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
:	:	:	:	2 1/2	1GV	0.7	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	2 1/2	1**	4.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:534:	11	24	0.00	7.98	CSAM	32.2	187.1	0.000	0.000	-7.227	-7.227	120	0.000	0.000
:	:	:	:	8	1GV	3.8	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	8	1**	13.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	8	4SE	68.2	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	8	1**	70.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:535:	24	25	0.00	7.98	CSAM	43.6	251.0	0.000	0.000	6.677	6.677	120	0.000	0.000
:	:	:	:	8	3SE	51.1	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	8	1TN	12.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	8	1**	154.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:536:	25	320	0.00	2.90	CSAM	7.8	29.1	0.000	0.000	-2.961	-2.961	120	0.000	0.000
:	:	:	:	3	1**	9.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	3	1**	7.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	3	1SE	5.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:537:	25	26	0.00	7.98	CSAM	23.9	53.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
:	:	:	:	8	1SE	17.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	8	1TN	12.3	:	:	:	:	:	:	:	:
:538:	26	27	0.00	7.98	CSAM	0.6	9.6	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
:	:	:	:	8	1**	9.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:539:	27	270	0.00	6.07	CSAM	1.4	16.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
:	:	:	:	6	1T4	14.7	:	:	:	:	:	:	:	:
:540:	26	293	0.00	6.07	CSAM	14.4	52.2	0.000	0.000	-5.846	-5.846	120	0.000	0.000
:	:	:	:	6	1SE	14.0	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	6	1T4	14.7	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	6	1**	9.0	:	:	:	:	:	:	:	:

=====

1A

HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 2 OF 4  
 DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 27 :  
 CLIENT : CAMPUS ACATLAN  
 PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO  
 JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO

PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER: NOM (IN)	ACTUAL (IN)	PIPE/FTG #	LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS (FT/SEC)	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)
541	12 28	0.00	6.07	6	CSAM	33.4	145.4	0.000	0.000	-7.353	-7.353	120	0.000	0.000
				6	1GV	3.0								
				6	1**	13.0								
				6	4SE	56.0								
				6	1**	40.0								
542	28 29	0.00	6.07	6	CSAM	70.1	272.1	0.000	0.000	4.759	4.759	120	0.000	0.000
				6	SSE	70.0								
				6	1TN	9.0								
				6	1**	123.0								
543	29 30	0.00	6.07	6	CSAM	0.9	9.9	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				6	1TN	9.0								
544	30 31	0.00	6.07	6	CSAM	0.5	7.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				6	1**	7.0								
545	31 240	0.00	4.03	4	CSAM	1.4	11.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				4	1T4	10.3								
548	30 253	0.00	4.03	4	CSAM	11.1	38.3	0.000	0.000	-4.200	-4.200	120	0.000	0.000
				4	1SE	10.0								
				4	1**	7.0								
				4	1T4	10.3								
547	29 32	0.00	6.07	6	CSAM	0.5	7.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				6	1**	7.0								
548	32 234	0.00	4.03	4	CSAM	60.4	98.4	0.000	0.000	-1.312	-1.312	120	0.000	0.000
				4	3SE	30.0								
				4	1TN	6.0								
549	234 233	0.00	1.94	2	CSAM	19.9	31.2	0.000	0.000	-2.615	-2.615	120	0.000	0.000
				2	1**	4.0								
				2	2SE	7.3								
550	233 232	0.00	1.94	2	CSAM	11.2	11.2	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
551	232 231	0.00	1.94	2	CSAM	11.2	11.2	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
552	231 230	0.00	1.94	2	CSAM	11.2	11.2	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
553	234 33	0.00	4.03	4	CSAM	0.3	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				4	1**	4.0								
554	33 220	0.00	2.90	3	CSAM	0.6	7.6	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				3	1**	7.0								
555	13 34	2293.89	7.98	8	CSAM	32.2	187.1	0.0434	8.119	-7.227	0.892	120	14.711	1.457
				8	1GV	3.8								
				8	1**	13.0								
				8	4SE	68.2								
				8	1**	70.0								
				8	6SE	102.3								
				8	1T4	18.1								
				8	1**	154.0								
557	14 35	0.00	4.03	4	CSAM	17.8	61.1	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000	0.000
				4	1**	13.0								
				4	1T4	10.3								
				4	2SE	20.0								
558	35 36	0.00	1.50	1	CSAM	0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			1 1/2	1	1GV	0.7								
			1 1/2	1	1**	4.0								
559	35 37	0.00	2.32	2	CSAM	0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			2 1/2	1	1GV	0.7								
			2 1/2	1	1**	4.0								
581	16 39	539.54	7.98	8	CSAM	27.1	86.5	0.00297	0.257	-10.401	-10.144	120	3.480	0.0808
				8	1**	13.0								
				8	2SE	34.1								
				8	1TN	12.3								
582	39 40	0.00	7.98	8	CSAM	23.8	35.9	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				8	1TN	12.3								
583	40 41	0.00	7.98	8	CSAM	15.2	48.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				8	1TT	33.1								
584	39 42	539.54	4.03	4	CSAM	12.0	134.0	0.0833	11.185	4.317	15.482	120	13.598	1.244
				4	1**	9.0								
				4	1SE	10.0								
				4	1GV	2.0								
				4	1**	101.0								
585	40 43	0.00	4.03	4	CSAM	21.8	153.8	0.000	0.000	4.317	4.317	120	0.000	0.000
				4	1**	9.0								
				4	2SE	20.0								
				4	1GV	2.0								
				4	1**	101.0								
586	41 44	0.00	4.03	4	CSAM	29.9	161.9	0.000	0.000	9.081	9.081	120	0.000	0.000
				4	1**	9.0								
				4	2SE	20.0								
				4	1GV	2.0								
				4	1**	101.0								
587	17 45	1075.11	7.98	8	CSAM	29.5	88.9	0.0107	0.948	-11.207	-10.258	120	6.895	0.320
				8	1**	13.0								
				8	2SE	34.1								
				8	1TN	12.3								
588	45 46	537.31	7.98	8	CSAM	23.0	35.3	0.00295	0.104	0.000	0.104	120	3.448	0.0799
				8	1TN	12.3								
589	46 47	537.31	7.98	8	CSAM	16.2	49.4	0.00295	0.146	0.000	0.146	120	3.448	0.0799
				8	1TT	33.1								
570	45 48	537.80	4.03	4	CSAM	13.9	135.9	0.0828	11.252	5.123	16.374	120	13.554	1.236
				4	1**	9.0								
				4	1SE	10.0								
				4	1GV	2.0								
				4	1**	101.0								

18

HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

=====  
 COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 3 OF 4 :  
 DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 27 :  
 CLIENT : CAMPUS ACATLAN : :  
 PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO : :  
 JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO : :  
 =====

PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	PIPE DIAMETER ACTUAL (IN)	PIPE/FTG CODE #	PIPE LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)
571	46 49	0.00	4.03	4.03	CSAM	13.4	135.4	0.000	0.000	5.123	5.123	120	0.000	0.000
					1**	9.0								
					1SE	10.0								
					1GV	2.0								
					1**	101.0								
572	47 50	537.31	4.03	4.03	CSAM	13.4	135.4	0.0827	11.197	5.123	16.320	120	13.542	1.234
					1**	9.0								
					1SE	10.0								
					1GV	2.0								
					1**	101.0								
573	19 51	0.00	4.03	4.03	CSAM	39.2	82.5	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000	0.000
					1**	13.0								
					2SE	20.0								
					1T4	10.3								
574	51 52	0.00	1.50	1.50	CSAM	0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1GV	0.7								
					1**	4.0								
575	51 53	0.00	2.32	2.32	CSAM	0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1GV	0.7								
					1**	4.0								
600	200 201	1291.20	7.98	7.98	CSAM	0.6	9.6	0.0150	0.143	0.000	0.143	120	8.281	0.461
					1**	9.0								
602	202 203	1126.59	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.0443	0.354	0.000	0.354	120	12.511	1.053
603	203 204	962.28	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.0331	0.265	0.000	0.265	120	10.688	0.769
604	204 205	798.21	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.0234	0.187	0.000	0.187	120	8.884	0.529
605	205 206	634.31	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.0153	0.122	0.000	0.122	120	7.044	0.334
606	206 207	470.51	6.07	6.07	CSAM	14.6	28.6	0.00879	0.252	0.000	0.252	120	5.225	0.184
					1SE	14.0								
607	207 208	306.94	6.07	6.07	CSAM	7.5	7.5	0.00398	0.0299	0.000	0.0299	120	3.409	0.0782
608	208 209	143.39	6.07	6.07	CSAM	14.6	28.6	0.000973	0.0279	0.000	0.0279	120	1.582	0.0171
					1SE	14.0								
609	210 209	20.14	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.000025	0.000205	0.000	0.000205	120	0.224	0.00033
610	211 210	183.66	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.00154	0.0123	0.000	0.0123	120	2.040	0.0280
611	212 211	347.20	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.00501	0.0401	0.000	0.0401	120	3.858	0.100
612	213 212	510.77	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.0102	0.0819	0.000	0.0819	120	5.672	0.217
613	214 213	674.41	6.07	6.07	CSAM	13.1	27.1	0.0171	0.465	0.000	0.465	120	7.490	0.378
					1SE	14.0								
616	215 214	838.47	6.07	6.07	CSAM	7.5	7.5	0.0256	0.192	0.000	0.192	120	9.311	0.584
617	218 215	1002.69	6.07	6.07	CSAM	6.8	20.7	0.0357	0.740	-0.00433	0.736	120	11.135	0.834
					1SE	14.0								
618	200 218	1002.69	7.98	7.98	CSAM	0.6	9.6	0.00937	0.0698	0.000	0.0698	120	6.430	0.278
					1**	9.0								
620	220 221	0.00	2.90	2.90	CSAM	0.3	3.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1**	3.0								
621	221 222	0.00	1.94	1.94	CSAM	6.2	9.9	0.000	0.000	-0.00433	-0.00433	120	0.000	0.000
					1SE	3.7								
622	222 223	0.00	1.94	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
623	223 224	0.00	1.94	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
624	224 225	0.00	1.94	1.94	CSAM	22.4	29.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					2SE	7.3								
625	225 226	0.00	1.94	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
626	226 227	0.00	1.94	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
627	227 228	0.00	1.94	1.94	CSAM	16.2	19.8	0.000	0.000	0.00433	0.00433	120	0.000	0.000
					1SE	3.7								
640	240 241	0.00	4.03	4.03	CSAM	0.3	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1**	4.0								
641	241 242	0.00	2.32	2.32	CSAM	2.5	2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
642	242 243	0.00	2.32	2.32	CSAM	9.9	14.4	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1SE	4.5								
643	243 244	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
644	244 245	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
645	245 246	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
646	246 247	0.00	2.32	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1SE	4.5								
647	247 248	0.00	2.32	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1SE	4.5								
648	248 249	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
649	249 250	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
650	250 251	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
651	251 252	0.00	2.32	2.32	CSAM	6.1	10.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1SE	4.5								
653	253 254	0.00	4.03	4.03	CSAM	0.3	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1**	4.0								
654	254 255	0.00	2.32	2.32	CSAM	2.5	2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1**	4.0								
655	255 256	0.00	2.32	2.32	CSAM	9.9	14.4	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1SE	4.5								
656	256 257	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
657	257 258	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
658	258 259	0.00	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
659	259 260	0.00	2.32	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1SE	4.5								

1C

HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

=====  
 : COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO : PAGE 4 OF 4 :  
 : DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES : DATE 2003 NOV 27 :  
 : CLIENT : CAMPUS ACATLAN :  
 : PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :  
 : JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :  
 =====

PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	PIPE DIAMETER ACTUAL (IN)	PIPE/FTG CODE	LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF. (FT/SEC)	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)
:660	:260 261	:0.00	:2.32	:2.32	:CSAM	:9.3	:13.7	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:2 1/2	:ISE	:4.5								
:661	:261 262	:0.00	:2.32	:2.32	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:662	:262 263	:0.00	:2.32	:2.32	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:663	:263 264	:0.00	:2.32	:2.32	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:664	:264 265	:0.00	:2.32	:2.32	:CSAM	:6.1	:10.5	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:2 1/2	:ISE	:4.5								
:670	:270 271	:0.00	:6.07	:6.07	:CSAM	:0.5	:7.5	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:6	:1**	:7.0								
:671	:271 272	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:1.1	:1.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:672	:272 273	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:5.3								
:673	:273 274	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:674	:274 275	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:675	:275 276	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:676	:276 277	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:677	:277 278	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:678	:278 279	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:679	:279 280	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:680	:280 281	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:5.3								
:681	:281 282	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:7.3	:7.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:682	:282 283	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:5.3								
:683	:283 284	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:684	:284 285	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:685	:285 286	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:686	:286 287	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:687	:287 288	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:688	:288 289	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:689	:289 290	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:690	:290 291	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:5.3								
:691	:291 292	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:4.3	:4.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:693	:293 294	:0.00	:6.07	:6.07	:CSAM	:0.5	:7.5	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:6	:1**	:7.0								
:694	:294 295	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:1.1	:1.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:695	:295 296	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:5.3								
:696	:296 297	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:697	:297 298	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:698	:298 299	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:699	:299 300	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:700	:300 301	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:701	:301 302	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:702	:302 303	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:703	:303 304	:0.00	:2.80	:2.80	:CSAM	:9.7	:14.2	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:4.5								
:704	:304 305	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:7.3	:7.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:705	:305 306	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:5.3								
:706	:306 307	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:707	:307 308	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:708	:308 309	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:709	:309 310	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:710	:310 311	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:711	:311 312	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:712	:312 313	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:713	:313 314	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:ISE	:5.3								
:714	:314 315	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:4.3	:4.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:720	:320 321	:0.00	:2.90	:2.90	:CSAM	:0.3	:3.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:3	:1**	:3.0								
:721	:321 322	:0.00	:1.94	:1.94	:CSAM	:0.6	:0.6	:0.000	:0.000	:0.00130	:0.00130	:120	:0.000	:0.000
:722	:322 323	:0.00	:1.94	:1.94	:CSAM	:8.6	:10.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:2	:ISE	:3.7								
:723	:323 324	:0.00	:1.94	:1.94	:CSAM	:9.1	:9.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:724	:324 325	:0.00	:1.94	:1.94	:CSAM	:6.7	:10.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:2	:ISE	:3.7								
:725	:325 326	:0.00	:1.94	:1.94	:CSAM	:6.3	:9.9	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
				:2	:ISE	:3.7								
:726	:326 327	:0.00	:1.94	:1.94	:CSAM	:9.1	:9.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000
:727	:327 328	:0.00	:1.94	:1.94	:CSAM	:4.5	:8.2	:0.000	:0.000	:0.00130	:0.00130	:120	:0.000	:0.000
				:2	:ISE	:3.7								

HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS

=====

COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 2

DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 27 :

CLIENT : CAMPUS ACATLAN :

PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :

JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :

=====

SPRINKLER/NOZZLE(N) POINTS : REFERENCE POINTS : INPUT POINTS : POINT : REQUIRED :

NO. :DISCHG. GPM : P.S.I. : NO. :DISCHG. GPM : P.S.I. : NO. :DEMAND GPM : P.S.I. : (FT) : (US GPM) : K-FACTOR :

=====

NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DEMAND GPM	P.S.I.	ELEVATION (FT)	REQUIRED DISCHARGE (US GPM)	K-FACTOR
2				125.582					64.170		
3				128.405					56.070		
5				126.162					64.170		
6				128.996					56.070		
7				128.594					56.070		
8				114.635					83.190		
9				114.485					83.190		
10				114.255					83.190		
11				113.787					83.190		
12				113.871					83.190		
13				113.542					83.190		
14				113.558					83.190		
15				113.564					83.190		
16				114.458					81.190		
17				114.534					81.190		
18				114.253					83.190		
19				114.417					83.190		
21				121.408					66.670		
22				121.408					66.670		
23				121.408					66.670		
24				121.015					68.500		
25				114.337					81.920		
26				114.337					81.920		
27				114.337					81.920		
28				121.024					66.210		
29				116.265					77.200		
30				116.265					77.200		
31				116.265					77.200		
32				116.265					77.200		
33				117.577					74.170		
34				112.651					68.500		
35				120.711					68.670		
36				120.711					68.670		
37				120.711					68.670		
39				124.602					57.170		
40				124.602					57.170		
41				124.602					57.170		
43				120.285					67.140		
44				115.522					78.140		
45				124.792					55.310		
46				124.688					55.310		
47				124.542					55.310		
49				119.565					67.140		
51				121.571					66.670		
52				121.571					66.670		
53				121.571					66.670		
200				94.264					74.170		
201				94.121					74.170		
218				94.174					74.170		
220				117.577					74.170		
221				117.577					74.170		
222				117.581					74.160		
223				117.581					74.160		
224				117.581					74.160		
225				117.581					74.160		
226				117.581					74.160		
227				117.581					74.160		
228				117.577					74.170		
230				120.193					68.130		
231				120.193					68.130		
232				120.193					68.130		
233				120.193					68.130		
234				117.577					74.170		
240				116.265					77.200		
241				116.265					77.200		
242				116.265					77.200		
243				116.265					77.200		
244				116.265					77.200		
245				116.265					77.200		
246				116.265					77.200		

1D

1E

1F

HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS

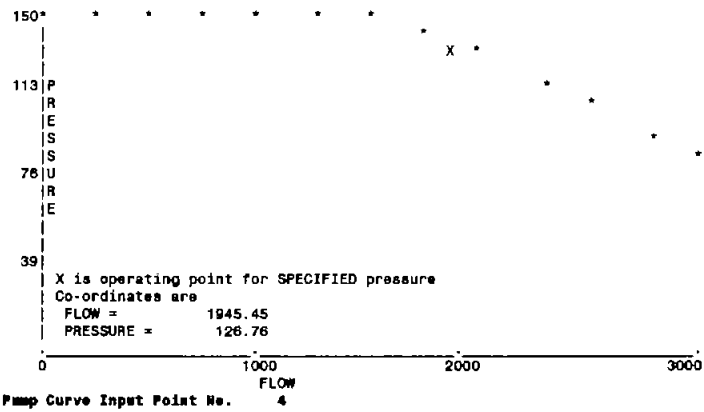
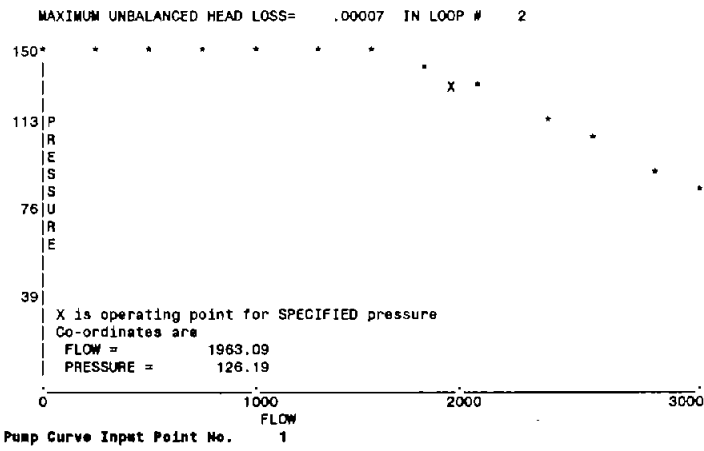
```

=====
COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO                :PAGE 2 OF 2
DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES                      :DATE 2003 NOV 27
CLIENT  : CAMPUS ACATLAN
PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO
JOB NO.  : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO
=====
    
```

SPRINKLER/NOZZLE(N) POINTS		REFERENCE POINTS		INPUT POINTS		POINT	REQUIRED		
NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DEMAND GPM	P.S.I.	
						ELEVATION (FT)	DISCHARGE (US GPM)	K-FACTOR	
			247		116.265			77.200	
			248		116.265			77.200	
			249		116.265			77.200	
			250		116.265			77.200	
			251		116.265			77.200	
			252		116.265			77.200	
			253		120.465			67.500	
			254		120.465			67.500	
			255		120.465			67.500	
			256		120.465			67.500	
			257		120.465			67.500	
			258		120.465			67.500	
			259		120.485			67.500	
			260		120.485			67.500	
			261		120.465			67.500	
			262		120.465			67.500	
			263		120.465			67.500	
			264		120.465			67.500	
			265		120.485			67.500	
			270		114.337			81.920	
			271		114.337			81.920	
			272		114.337			81.920	
			273		114.337			81.920	
			274		114.337			81.920	
			275		114.337			81.920	
			276		114.337			81.920	
			277		114.337			81.920	
			278		114.337			81.920	
			279		114.337			81.920	
			280		114.337			81.920	
			281		114.337			81.920	
			282		114.337			81.920	
			283		114.337			81.920	
			284		114.337			81.920	
			285		114.337			81.920	
			286		114.337			81.920	
			287		114.337			81.920	
			288		114.337			81.920	
			289		114.337			81.920	
			290		114.337			81.920	
			291		114.337			81.920	
			292		114.337			81.920	
			293		120.183			68.420	
			294		120.183			68.420	
			295		120.183			68.420	
			296		120.183			68.420	
			297		120.183			68.420	
			298		120.183			68.420	
			299		120.183			68.420	
			300		120.183			68.420	
			301		120.183			68.420	
			302		120.183			68.420	
			303		120.183			68.420	
			304		120.183			68.420	
			305		120.183			68.420	
			306		120.183			68.420	
			307		120.183			68.420	
			308		120.183			68.420	
			309		120.183			68.420	
			310		120.183			68.420	
			311		120.183			68.420	
			312		120.183			68.420	
			313		120.183			68.420	
			314		120.183			68.420	
			315		120.183			68.420	
			320		117.298			75.083	
			321		117.298			75.083	
			322		117.299			75.080	
			323		117.299			75.080	
			324		117.299			75.080	
			325		117.299			75.080	
			326		117.299			75.080	
			327		117.299			75.080	
			328		117.298			75.083	

- \*\*\* WARNING : PIPE # 531 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 532 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 533 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 534 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 535 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 536 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 537 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 538 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 539 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 540 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 541 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 542 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 543 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM





Las gráficas anteriores muestran el comportamiento de las bombas, graficando el flujo (GPM) contra la presión de descarga (psi).



## V.2.2 Sistema de inundación No. 2 (Separador de prueba, Cabezal para bombeo neumático y Área de lanzadores de diablos).

```

DESIGN PROGRAM FOR SPRINKLER SYSTEMS
      by
MUNICIPAL HYDRAULICS LTD, LADYSMITH, B.C. CANADA
COPYRIGHT (C) 1993 MUNICIPAL HYDRAULICS LTD
      VERSION 10.0
COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CLIENT   : CAMPUS ACATLAM
PROJECT  : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO
JOB NO.  : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO
/
/ *** SISTEMA DE INUNDACION NO. 2 ***
/ SEPARADOR DE PRUEBA, CABEZAL PARA BOMBEO NEUMATICO
/ Y AREA DE LANZADORES DE DIABLOS
/ CONSIDERACIONES:
/ 1.-OPERACION DE SOLO LA BOMBA PARA AGUA C/INCENDIO
/ ACCIONADA CON MOTOR ELECTRICO.
/ 2.-ACTUACION DE LOS SISTEMAS DE ROCIADORES DEL SEPARADOR DE
/ DE PRUEBA, CABEZAL PARA BOMBEO NEUMATICO Y AREA DE LAN-
/ ZADORES DE DIABLOS.
/ 3.-OPERACION SIMULTANEA DE DOS MONITORES (EL M-03 Y EL M-06).
/ 4.-ANILLO DE AGUA CONTRA INCENDIO OPERANDO COMPLETO, NO
/ SECCIONADO.
/ 5.-OPERACION DEL SISTEMA DE DILUVIO TOTALMENTE LLENO.
/ 6.-SE USARAN BOQUILLAS MARCA ELKHART, MODELO NTL-C DE 1"
/ DE DIAMETRO Y K=3.983.
/ 7.-LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO A UTILIZAR SERAN:
/ GASTO NOMINAL: 2,000 GPM, PRESION DE DESCARGA: 125 PSI.
/
/ NOLIST
/ TUBERIAS
/ DESCARGAS DE BOMBAS CONTRA INCENDIO Y ALIMENTACION AL ANILLO PRINCIPAL
C=120
P 500 1 2 4.65 -10.02 CV
P 501 2 3 8.22 -10.02 GV SE T3
P 502 4 5 4.65 -10.02 CV
P 503 5 6 8.22 -10.02 GV SE T3
P 504 6 7 38.0 -10.02
P 505 7 3 0.83 -11.938 T4 *(13)
P 506 3 8 42.81 -11.938 2SE T4
/ ANILLO PRINCIPAL DE DISTRIBUCION DE AGUA CONTRA INCENDIO
P 509 8 9 29.43 -11.938 GV
P 510 9 10 10.11 -11.938 SE TN
P 511 10 11 59.86 -11.938 GV SE TN
P 512 11 12 9.69 -11.938 TN
P 513 12 13 6.82 -11.938 GV TN
P 514 13 14 45.44 -11.938 TN
P 515 14 15 6.89 -11.938 TN
P 516 15 16 41.36 -11.938 GV SE 2HE TN
P 517 16 17 40.26 -11.938 GV TN
P 518 17 18 52.24 -11.938 TN SE 2HE
P 519 18 19 18.56 -11.938 TN
P 520 19 8 21.81 -11.938 GV TN
/ ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-02)
P 531 10 21 18.53 -4.026 T4 *(13)
P 532 21 22 0.33 -1.50 GV *(4)
P 533 21 23 0.33 -2.323 GV *(4)
/ SISTEMA DE INUNDACION No. 3 (PROTECCION AL SEPARADOR DE PRODUCCION Y AL
/ PAQUETE DE REGULACION DE GAS)
C=120
P 534 11 24 32.16 -7.981 GV *(13) 4SE *(70)
C=120
P 535 24 25 43.61 -7.981 3SE TN *(154)
P 536 25 320 7.81 -2.90 *(9) *(7) SE
P 537 25 26 23.94 -7.981 SE TN
P 538 26 27 0.58 -7.981 *(9)
P 539 27 270 1.36 -6.065 T4
P 540 26 293 14.44 -6.065 SE T4 *(9)
/ SISTEMA DE INUNDACION No. 2 (PROTECCION AL SEPARADOR DE PRUEBA, CABEZAL
/ PARA BOMBEO NEUMATICO Y AREA DE LANZADORES DE DIABLOS)
P 541 12 28 33.39 -6.065 GV *(13) 4SE *(40)
C=120
P 542 28 29 70.14 -6.065 5SE TN *(123)
P 543 29 30 0.94 -6.065 TN
P 544 30 31 0.47 -6.065 *(7)
P 545 31 240 1.43 -4.026 T4
P 546 30 253 11.06 -4.026 SE *(7) T4
P 547 29 32 0.47 -6.065 *(7)
P 548 32 234 60.41 -4.026 3SE TN
/ CABEZAL PARA BOMBEO NEUMATICO
P 549 234 233 19.92 -1.939 *(4) 2SE
P 550 233 232 11.17 -1.939
P 551 232 231 11.17 -1.939
P 552 231 230 11.17 -1.939
P 553 234 33 0.34 -4.026 *(4)
P 554 33 220 0.62 -2.90 *(7)
/ SISTEMA DE INUNDACION No. 1
C=120
P 555 13 34 32.17 -7.981 GV *(13) 4SE *(70)
C=120
P 556 34 200 72.92 -7.981 6SE T4 *(154)
/ ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE M-01)
P 557 14 35 17.80 -4.026 *(13) T4 2SE
P 558 35 36 0.33 -1.50 GV *(4)
P 559 35 37 0.33 -2.323 GV *(4)
/ MONITORES PARA AGUA CONTRA INCENDIO
P 561 16 39 27.09 -7.981 *(13) 2SE TN

```

P 562 39 40 23.61 -7.981 TM  
 P 563 40 41 15.20 -7.981 TT  
 P 564 39 42 12.0 -4.026 \*(9) SE GV \*(101)  
 P 565 40 43 21.77 -4.026 \*(9) 2SE GV \*(101)  
 P 566 41 44 29.92 -4.026 \*(9) 2SE GV \*(101)  
 P 567 17 45 29.54 -7.981 \*(13) 2SE TN  
 P 568 45 46 23.02 -7.981 TM  
 P 569 46 47 16.22 -7.981 TT  
 P 570 45 48 13.85 -4.026 \*(9) SE GV \*(101)  
 P 571 46 49 13.42 -4.026 \*(9) SE GV \*(101)  
 P 572 47 50 13.42 -4.026 \*(9) SE GV \*(101)  
 / ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-03)  
 P 573 19 51 39.25 -4.026 \*(13) 2SE T4  
 P 574 51 52 0.33 -1.50 GV \*(4)  
 P 575 51 53 0.33 -2.323 GV \*(4)  
 / ANILLO ZONA DE POZOS  
 C=120  
 P 600 200 201 0.58 -7.981 \*(9)  
 P 601 201 202 4.22 -6.065  
 P 602 202 203 8.0 -6.065  
 P 603 203 204 8.0 -6.065  
 P 604 204 205 8.0 -6.065  
 P 605 205 206 8.0 -6.065  
 P 606 206 207 14.63 -6.065 SE  
 P 607 207 208 7.5 -6.065  
 P 608 208 209 14.63 -6.065 SE  
 P 609 209 210 8.0 -6.065  
 P 610 210 211 8.0 -6.065  
 P 611 211 212 8.0 -6.065  
 P 612 212 213 8.0 -6.065  
 P 613 213 214 13.14 -6.065 SE  
 P 616 214 215 7.5 -6.065  
 P 617 215 218 6.75 -6.065 SE  
 P 618 218 200 0.58 -7.981 \*(9)  
 / ANILLO LANZADORES DE DIABLOS  
 P 620 220 221 0.28 -2.90 \*(3)  
 P 621 221 222 6.20 -1.939 SE  
 P 622 222 223 11.01 -1.939  
 P 623 223 224 11.01 -1.939  
 P 624 224 225 22.44 -1.939 2SE  
 P 625 225 226 11.01 -1.939  
 P 626 226 227 11.01 -1.939  
 P 627 227 228 16.16 -1.939 SE  
 P 628 228 220 0.28 -2.90 \*(3)  
 / ANILLOS SUPERIOR SEPARADOR DE PRUEBA  
 P 640 240 241 0.34 -4.026 \*(4)  
 P 641 241 242 2.50 -2.323  
 P 642 242 243 9.94 -2.323 SE  
 P 643 243 244 5.75 -2.323  
 P 644 244 245 5.75 -2.323  
 P 645 245 246 5.75 -2.323  
 P 646 246 247 9.26 -2.323 SE  
 P 647 247 248 9.26 -2.323 SE  
 P 648 248 249 5.75 -2.323  
 P 649 249 250 5.75 -2.323  
 P 650 250 251 5.75 -2.323  
 P 651 251 252 6.09 -2.323 SE  
 P 652 252 240 0.34 -4.026 \*(4)  
 / ANILLO INFERIOR SEPARADOR DE PRUEBA  
 P 653 253 254 0.34 -4.026 \*(4)  
 P 654 254 255 2.5 -2.323  
 P 655 255 256 9.94 -2.323 SE  
 P 656 256 257 5.75 -2.323  
 P 657 257 258 5.75 -2.323  
 P 658 258 259 5.75 -2.323  
 P 659 259 260 9.26 -2.323 SE  
 P 660 260 261 9.26 -2.323 SE  
 P 661 261 262 5.75 -2.323  
 P 662 262 263 5.75 -2.323  
 P 663 263 264 5.75 -2.323  
 P 664 264 265 6.08 -2.323 SE  
 P 665 265 253 0.34 -4.026 \*(4)  
 / ANILLO SUPERIOR SEPARADOR DE PRODUCCION  
 P 670 270 271 0.47 -6.065 \*(7)  
 P 671 271 272 1.10 -2.90  
 P 672 272 273 9.67 -2.90 SE  
 P 673 273 274 5.75 -2.90  
 P 674 274 275 5.75 -2.90  
 P 675 275 276 5.75 -2.90  
 P 676 276 277 5.75 -2.90  
 P 677 277 278 5.75 -2.90  
 P 678 278 279 5.75 -2.90  
 P 679 279 280 5.75 -2.90  
 P 680 280 281 9.67 -2.90 SE  
 P 681 281 282 7.25 -2.90  
 P 682 282 283 9.67 -2.90 SE  
 P 683 283 284 5.75 -2.90  
 P 684 284 285 5.75 -2.90  
 P 685 285 286 5.75 -2.90  
 P 686 286 287 5.75 -2.90  
 P 687 287 288 5.75 -2.90  
 P 688 288 289 5.75 -2.90  
 P 689 289 290 5.75 -2.90  
 P 690 290 291 9.67 -2.90 SE  
 P 691 291 292 4.30 -2.90  
 / P 692 292 270 0.47 -6.065 \*(7)  
 / ANILLO INFERIOR SEPARADOR DE PRODUCCION  
 P 693 293 294 0.47 -6.065 \*(7)  
 P 694 294 295 1.10 -2.90  
 P 695 295 296 9.67 -2.90 SE  
 P 696 296 297 5.75 -2.90

P 697 297 298 5.75 -2.90  
 P 698 298 299 5.75 -2.90  
 P 699 299 300 5.75 -2.90  
 P 700 300 301 5.75 -2.90  
 P 701 301 302 5.75 -2.90  
 P 702 302 303 5.75 -2.90  
 P 703 303 304 9.67 -2.90 SE  
 P 704 304 305 7.25 -2.90  
 P 705 305 306 9.67 -2.90 SE  
 P 706 306 307 5.75 -2.90  
 P 707 307 308 5.75 -2.90  
 P 708 308 309 5.75 -2.90  
 P 709 309 310 5.75 -2.90  
 P 710 310 311 5.75 -2.90  
 P 711 311 312 5.75 -2.90  
 P 712 312 313 5.75 -2.90  
 P 713 313 314 9.67 -2.90 SE  
 P 714 314 315 4.30 -2.90  
 / P 715 315 293 0.47 -8.065 \*(7)  
 / **ANILLO PAQUETE DE REGULACION DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE ARRANQUE**  
 P 720 320 321 0.28 -2.90 \*(3)  
 P 721 321 322 0.55 -1.939  
 P 722 322 323 6.63 -1.939 SE  
 P 723 323 324 9.11 -1.939  
 P 724 324 325 6.65 -1.939 SE  
 P 725 325 326 6.25 -1.939 SE  
 P 726 326 327 9.11 -1.939  
 P 727 327 328 4.53 -1.939 SE  
 / P 728 328 320 0.28 -2.90 \*(3)  
 / **BOQUILLAS ROCIADORAS**  
 / **BOQUILLAS ZONA DE POZOS**  
 R 202 74.16  
 RS 202 203 TO 215  
 / **BOQUILLAS ZONA LANZADORES DE DIABLOS**  
 N 222 74.16 34.0 3.983  
 NS 222 223 TO 227  
 / **BOQUILLAS SEPARADOR DE PRUEBA**  
 N 242 77.20 34.0 3.983  
 NS 242 243 TO 251  
 N 255 67.50 34.0 3.983  
 NS 255 256 TO 264  
 / **BOQUILLAS SEPARADOR DE PRODUCCION**  
 R 272 81.92  
 RS 272 273 TO 291  
 R 295 68.42  
 RS 295 296 TO 314  
 / **BOQUILLAS DEL PAQUETE DE REGULACION DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE**  
 / **ARRANQUE**  
 R 322 75.08  
 RS 322 323 TO 327  
 / **BOQUILLAS DEL CABEZAL DE BOMBEO NEUMATICO**  
 N 230 68.13 34.0 3.983  
 NS 230 231 TO 233  
 / **MONITORES**  
 R 42 67.14  
 RS 42 43  
 N 44 78.14 432.0 51.65  
 RS 42 48 49  
 N 50 67.14 432.0 51.65  
 / **HIDRANTES**  
 R 22 66.67  
 R 23 66.67  
 RS 22 36 52  
 R 23 37 53  
 / **PUNTOS DE REFERENCIA**  
 R 2 64.17  
 R 3 56.07  
 R 5 64.17  
 R 6 56.07  
 R 7 56.07  
 R 8 83.19  
 RS 8 9 TO 15  
 R 16 81.19  
 RS 16 17  
 RS 8 18 19  
 R 21 66.67  
 R 24 66.50  
 R 25 81.92  
 R 26 81.92  
 R 27 81.92  
 R 28 66.21  
 R 29 77.20  
 RS 29 30 TO 32  
 R 33 74.17  
 R 34 66.50  
 R 35 66.67  
 R 39 57.17  
 RS 39 40 41  
 R 45 55.31  
 RS 45 46 47  
 R 51 66.67  
 R 200 74.17  
 RS 200 201 218  
 R 220 74.17  
 RS 220 221 228  
 R 234 74.17  
 R 240 77.20  
 RS 240 241 252  
 R 253 67.50  
 RS 253 254 265  
 R 270 81.92

```

RS 270 271 292
R 293 68.42
RS 293 294 315
R 320 75.083
RS 320 321 328
R 4 64.17
/ ALIMENTACION BOMBAS AGUA CONTRA INCENDIO
/ BOMBA ACCIONADA CON MOTOR ELECTRICO
I 1 64.17 0 150 500 150 1000 150 1500 141.13 2000 125 2500 106.66 3000 81.25
/ BOMBA ACCIONADA CON MOTOR DE COMBUSTION INTERNA
/ I 4 64.17 0 150 500 150 1000 150 1500 141.13 2000 125 2500 106.66 3000 81.25
END
    
```

```

          LENGTH DIAMETER FLOW HEAD ELEVATION PRESSURE
UNITS BEING USED: FEET INCHES US GPM FEET FEET PSI
HAZEN-WILLIAMS FORMULA USED
FITTINGS SPECIFIED AS NFPA
ITERATION STOPS WHEN GREATEST FLOW CHANGE IS .05000 IN ANY PIPE
MULTIPLICATIVE FACTOR OF EACH CONSUMPTION IS 1.00000
DEFAULT ROUGHNESS COEFFICIENT - C=120.0
THERE ARE 32 SPRINKLERS AND 0 BOOSTER PUMPS
THERE ARE 167 PIPES AND 130 REFERENCE POINTS
THE NUMBER OF INPUT POINTS IN SYSTEM IS 1
NODE NO. OF PUMPS PUMP INPUT PUMP PARAMETERS
NO. IN PARALLEL ELEVATION FRACTION OR X-Y COORDINATES
1 1 64.17 1.00 .0 500.0 1000.0 1500.0 2000.0 2500.0 3000.0
150.0 150.0 150.0 141.1 125.0 106.7 81.3
    
```

Initial estimate of demand on the system is 1884.00

```

NET UNBALANCED DEMAND ON THE SYSTEM = .00000
Iteration # 0 Max change in flow is 882.939 in loop # 2
Iteration # 1 Max change in flow is 53.210 in loop # 2
Iteration # 2 Max change in flow is 1.143 in loop # 37
Iteration # 3 Max change in flow is .526 in loop # 37
Iteration # 4 Max change in flow is .242 in loop # 37
Iteration # 5 Max change in flow is .111 in loop # 37
Iteration # 6 Max change in flow is .051 in loop # 37
Iteration # 7 Max change in flow is .024 in loop # 37
NUMBER OF ITERATIONS= 8
    
```

SUMMARY REPORT

```

=====
: COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 1 :
: DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 30 :
: CLIENT : CAMPUS ACATLAN :
: PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :
: JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :
=====
    
```

```

TOTAL FLOW FROM ALL HOSE REEL NOZZLES IS 2162.63
MINIMUM FLOW OF ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 35.99
AVERAGE FLOW FROM ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 67.58
TOTAL FLOW FROM ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 2162.63
TOTAL DEMAND ON THE WHOLE SYSTEM IS 2162.63
SPECIFIED AVAILABLE PRESSURE AT INPUT NODE IS 274.89 FEET
OR 119.03 P.S.I.
    
```

HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

=====  
 COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 4 :  
 DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 30 :  
 CLIENT : CAMPUS ACATLAN :  
 PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :  
 JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :  
 =====

=====  
 PIPE : PIPE : FLOW : PIPE DIAMETER : PIPE/FTG : TOTAL : HEAD LOSS : HEAD LOSS : STATIC : TOTAL : ROUGH : WATER : VELOC. :  
 : NO. : NODES : (US GPM) : (IN) : (IN) : # : (FT) : (FT) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : COEFF : (FT/SEC) : (PSI) :  
 =====

PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER (IN)	ACTUAL DIAMETER (IN)	PIPE/FTG #	LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOCITY PRESSURE (PSI)
502	4 5	0.00	10.02	10.02	CSAM	4.7	56.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				10	1CV	52.0								
503	5 6	0.00	10.02	10.02	CSAM	8.2	83.8	0.000	0.000	-3.507	-3.507	120	0.000	0.000
				10	1GV	4.7								
				10	1SE	20.8								
				10	1T3	30.0								
504	6 7	0.00	10.02	10.02	CSAM	38.0	38.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
505	7 3	0.00	11.94	11.94	CSAM	0.8	42.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
				12	1T4	28.2								
				12	1**	13.0								
506	3 8	2162.63	11.94	11.94	CSAM	42.8	123.7	0.00547	0.677	11.744	12.421	120	6.199	0.259
				12	2SE	52.7								
				12	1T4	28.2								
509	8 9	1073.79	11.94	11.94	CSAM	29.4	35.3	0.00150	0.0528	0.000	0.0528	120	3.078	0.0638
				12	1GV	5.9								
510	9 10	1073.79	11.94	11.94	CSAM	10.1	54.0	0.00150	0.0808	0.000	0.0808	120	3.078	0.0638
				12	1SE	26.3								
				12	1TN	17.6								
511	10 11	1073.79	11.94	11.94	CSAM	59.9	109.6	0.00150	0.164	0.000	0.164	120	3.078	0.0638
				12	1GV	5.9								
				12	1SE	26.3								
				12	1TN	17.6								
512	11 12	1073.79	11.94	11.94	CSAM	9.7	27.2	0.00150	0.0408	0.000	0.0408	120	3.078	0.0638
				12	1TN	17.6								
513	13 12	51.55	11.94	11.94	CSAM	6.8	30.2	0.000054	0.000164	0.000	0.000164	120	0.148	0.00014
				12	1GV	5.9								
				12	1TN	17.6								
514	14 13	51.55	11.94	11.94	CSAM	45.4	63.0	0.000054	0.000341	0.000	0.000341	120	0.148	0.00014
				12	1TN	17.6								
515	15 14	51.55	11.94	11.94	CSAM	6.9	24.4	0.000054	0.000132	0.000	0.000132	120	0.148	0.00014
				12	1TN	17.6								
516	16 15	51.55	11.94	11.94	CSAM	41.4	116.4	0.000054	0.000630	0.868	0.867	120	0.148	0.00014
				12	1GV	5.9								
				12	1SE	26.3								
				12	2HE	25.4								
				12	1TN	17.6								
517	17 16	582.28	11.94	11.94	CSAM	40.3	63.7	0.000452	0.0288	0.000	0.0288	120	1.612	0.0175
				12	1GV	5.9								
				12	1TN	17.6								
518	18 17	1088.85	11.94	11.94	CSAM	52.2	121.5	0.00154	0.187	-0.866	-0.879	120	3.121	0.0658
				12	1TN	17.6								
				12	1SE	26.3								
				12	2HE	25.4								
519	19 18	1088.85	11.94	11.94	CSAM	16.6	34.1	0.00154	0.0524	0.000	0.0524	120	3.121	0.0658
				12	1TN	17.6								
520	8 19	1088.85	11.94	11.94	CSAM	21.8	45.2	0.00154	0.0695	0.000	0.0695	120	3.121	0.0658
				12	1GV	5.9								
				12	1TN	17.6								
531	10 21	0.00	4.03	4.03	CSAM	18.5	39.8	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000	0.000
				4	1T4	10.3								
				4	1**	13.0								
532	21 22	0.00	1.50	1.50	CSAM	0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			1 1/2	1 1/2	1GV	0.7								
			1 1/2	1 1/2	1**	4.0								
533	21 23	0.00	2.32	2.32	CSAM	0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			2 1/2	2 1/2	1GV	0.7								
			2 1/2	2 1/2	1**	4.0								
534	11 24	0.00	7.98	7.98	CSAM	32.2	187.1	0.000	0.000	-7.227	-7.227	120	0.000	0.000
			8	8	1GV	3.8								
			8	8	1**	13.0								
			8	8	4SE	68.2								
			8	8	1**	70.0								
535	24 25	0.00	7.98	7.98	CSAM	43.6	281.0	0.000	0.000	6.677	6.677	120	0.000	0.000
			8	8	3SE	51.1								
			8	8	1TN	12.3								
			8	8	1**	154.0								
536	25 320	0.00	2.90	2.90	CSAM	7.8	29.1	0.000	0.000	-2.981	-2.961	120	0.000	0.000
			3	3	1**	9.0								
			3	3	1**	7.0								
			3	3	1SE	5.3								
537	25 26	0.00	7.98	7.98	CSAM	23.9	53.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			8	8	1SE	17.0								
			8	8	1TN	12.3								
538	26 27	0.00	7.98	7.98	CSAM	0.6	9.6	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			8	8	1**	9.0								
539	27 270	0.00	6.07	6.07	CSAM	1.4	16.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			6	6	1T4	14.7								
540	26 293	0.00	6.07	6.07	CSAM	14.4	52.2	0.000	0.000	-5.846	-5.846	120	0.000	0.000
			6	6	1SE	14.0								
			6	6	1T4	14.7								
			6	6	1**	9.0								

2A

TESIS PROFES			HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 2 OF 4	
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER: NOM (IN)	ACTUAL (IN)	PIPE/FTG CODE #	LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)
541	12 28	1125.34	6	6.07	CSAM	33.4	145.4	0.0442	6.424	-7.353	-0.929	120	12.497	1.051
			8		1GV	3.0								
			8		1**	13.0								
			8		4SE	56.0								
			6		1**	40.0								
542	28 29	1125.34	6	6.07	CSAM	70.1	272.1	0.0442	12.024	4.759	16.783	120	12.497	1.051
			8		5SE	70.0								
			8		1TN	9.0								
			6		1**	123.0								
543	29 30	758.69	6	6.07	CSAM	0.9	9.9	0.0213	0.212	0.000	0.212	120	8.425	0.478
			8		1TN	9.0								
544	30 31	378.23	6	6.07	CSAM	0.5	7.5	0.00581	0.0434	0.000	0.0434	120	4.178	0.117
			8		1**	7.0								
545	31 240	376.23	4	4.03	CSAM	1.4	11.7	0.0427	0.500	0.000	0.500	120	9.482	0.605
			4		1T4	10.3								
546	30 253	382.48	4	4.03	CSAM	11.1	38.3	0.0441	1.689	-4.200	-2.511	120	9.639	0.625
			4		1SE	10.0								
			4		1**	7.0								
			4		1T4	10.3								
547	29 32	366.65	6	6.07	CSAM	0.5	7.5	0.00554	0.0414	0.000	0.0414	120	4.072	0.112
			8		1**	7.0								
548	32 234	366.65	4	4.03	CSAM	60.4	96.4	0.0407	3.928	-1.312	2.616	120	9.240	0.575
			4		3SE	30.0								
			4		1TN	6.0								
			2		1**	4.0								
			2		2SE	7.3								
550	233 232	108.25	1	1.94	CSAM	11.2	11.2	0.149	1.668	0.000	1.668	120	11.782	0.931
551	232 231	72.04	1	1.94	CSAM	11.2	11.2	0.0703	0.785	0.000	0.785	120	7.827	0.412
552	231 230	35.99	1	1.94	CSAM	11.2	11.2	0.0194	0.217	0.000	0.217	120	3.911	0.103
553	234 33	221.82	4	4.03	CSAM	0.3	4.3	0.0161	0.0697	0.000	0.0697	120	5.590	0.210
			4		1**	4.0								
554	33 220	221.82	3	2.90	CSAM	0.6	7.6	0.0794	0.605	0.000	0.605	120	10.774	0.781
			3		1**	7.0								
555	13 34	0.00	8	7.98	CSAM	32.2	187.1	0.000	0.000	-7.227	-7.227	120	0.000	0.000
			8		1GV	3.8								
			8		1**	13.0								
			8		4SE	68.2								
			8		1**	70.0								
556	34 200	0.00	8	7.98	CSAM	72.9	347.2	0.000	0.000	3.321	3.321	120	0.000	0.000
			8		6SE	102.3								
			8		1T4	18.1								
			8		1**	154.0								
557	14 35	0.00	4	4.03	CSAM	17.8	61.1	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000	0.000
			4		1**	13.0								
			4		1T4	10.3								
			4		2SE	20.0								
558	35 38	0.00	1 1/2	1.50	CSAM	0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			1 1/2		1GV	0.7								
			1 1/2		1**	4.0								
559	35 37	0.00	2 1/2	2.32	CSAM	0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			2 1/2		1GV	0.7								
			2 1/2		1**	4.0								
561	18 39	510.73	8	7.98	CSAM	27.1	88.5	0.00269	0.232	-10.401	-10.169	120	3.275	0.0722
			8		1**	13.0								
			8		2SE	34.1								
			8		1TN	12.3								
562	39 40	510.73	8	7.98	CSAM	23.8	35.9	0.00289	0.0965	0.000	0.0965	120	3.275	0.0722
			8		1TN	12.3								
563	40 41	510.73	8	7.98	CSAM	15.2	48.3	0.00289	0.130	0.000	0.130	120	3.275	0.0722
			8		1TT	33.1								
564	39 42	0.00	4	4.03	CSAM	12.0	134.0	0.000	0.000	4.317	4.317	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		1SE	10.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								
565	40 43	0.00	4	4.03	CSAM	21.8	153.8	0.000	0.000	4.317	4.317	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		2SE	20.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								
566	41 44	510.73	4	4.03	CSAM	29.9	181.9	0.0753	12.188	9.081	21.268	120	12.872	1.115
			4		1**	9.0								
			4		2SE	20.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								
567	17 45	526.57	8	7.98	CSAM	29.5	88.9	0.00284	0.253	-11.207	-10.954	120	3.377	0.0767
			8		1**	13.0								
			8		2SE	34.1								
			8		1TN	12.3								
568	45 46	526.57	8	7.98	CSAM	23.0	35.3	0.00284	0.100	0.000	0.100	120	3.377	0.0767
			8		1TN	12.3								
569	46 47	526.57	8	7.98	CSAM	16.2	49.4	0.00284	0.140	0.000	0.140	120	3.377	0.0767
			8		1TT	33.1								
570	45 48	0.00	4	4.03	CSAM	13.9	135.9	0.000	0.000	5.123	5.123	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		1SE	10.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								
571	46 49	0.00	4	4.03	CSAM	13.4	135.4	0.000	0.000	5.123	5.123	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		1SE	10.0								

2B

TESIS PROFES			HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS							PAGE 3 OF 4				
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER: NOM (IN)	ACTUAL (IN)	PIPE/FTS: CODE #	LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS: COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)
572	47 50	526.57	4	4.03	1GV 1** CSAM	2.0 101.0 13.4	135.4	0.0796	10.786	5.123	15.909	120	13.271	1.185
573	19 51	0.00	4	4.03	1** 1SE 1GV 1** CSAM	2.0 101.0 39.2	82.5	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000	0.000
574	51 52	0.00	4	1.50	1** 2SE 1T4 CSAM	13.0 20.0 10.3 0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
575	51 53	0.00	1 1/2	2.32	1GV 1** CSAM	0.7 4.0 0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
600	200 201	0.020	2 1/2	7.98	1GV 1** CSAM	0.7 4.0 0.6	9.6	0.186E-10	0.178E-9	0.000	0.178E-9	120	0.00012	0.11E-9
601	201 202	0.020	8	6.07	1** CSAM	9.0 4.2	4.2	0.709E-10	0.299E-9	-0.00433	-0.00433	120	0.00022	0.33E-9
602	202 203	0.020	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
603	203 204	0.020	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
604	204 205	0.020	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
605	205 206	0.020	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
606	206 207	0.020	6.07	6.07	CSAM	14.6	28.6	0.709E-10	0.203E-8	0.000	0.203E-8	120	0.00022	0.33E-8
607	207 208	0.020	6.07	6.07	1SE CSAM	14.0 7.5	7.5	0.709E-10	0.532E-9	0.000	0.532E-9	120	0.00022	0.33E-9
608	208 209	0.020	6.07	6.07	CSAM	14.6	28.6	0.709E-10	0.203E-8	0.000	0.203E-8	120	0.00022	0.33E-9
609	209 210	0.020	6.07	6.07	1SE CSAM	14.0 8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
610	210 211	0.020	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
611	211 212	0.020	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
612	212 213	0.020	6.07	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9
613	213 214	0.020	6.07	6.07	CSAM	13.1	27.1	0.709E-10	0.192E-8	0.000	0.192E-8	120	0.00022	0.33E-9
616	214 215	0.020	6.07	6.07	1SE CSAM	14.0 7.5	7.5	0.709E-10	0.532E-9	0.000	0.532E-9	120	0.00022	0.33E-9
617	215 218	0.020	6.07	6.07	CSAM	6.8	20.7	0.709E-10	0.147E-8	0.00433	0.00433	120	0.00022	0.33E-9
618	219 200	0.020	6.07	7.98	1SE CSAM	14.0 0.8	9.8	0.186E-10	0.178E-9	0.000	0.178E-9	120	0.00012	0.11E-9
620	220 221	121.51	8	2.90	1** CSAM	9.0 0.3	3.3	0.0260	0.0854	0.000	0.0854	120	5.902	0.234
621	221 222	121.51	3	1.94	1** CSAM	3.0 6.2	9.9	0.185	1.825	-0.00433	1.820	120	13.202	1.173
622	222 223	84.33	2	1.94	1SE CSAM	3.7 11.0	11.0	0.0941	1.036	0.000	1.036	120	9.182	0.565
623	223 224	47.37	1.94	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.0323	0.356	0.000	0.356	120	5.146	0.178
624	224 225	10.48	1.94	1.94	CSAM	22.4	29.8	0.00198	0.0589	0.000	0.0589	120	1.139	0.0087
625	226 225	26.39	2	1.94	2SE CSAM	7.3 11.0	11.0	0.0109	0.120	0.000	0.120	120	2.867	0.0553
626	227 228	83.29	1.94	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.0553	0.609	0.000	0.609	120	6.876	0.318
627	228 227	100.31	1.94	1.94	CSAM	16.2	19.8	0.130	2.571	-0.00433	2.567	120	10.899	0.799
628	220 228	100.31	2	2.90	1SE CSAM	3.7 0.3	3.3	0.0183	0.0599	0.000	0.0599	120	4.872	0.180
640	240 241	184.01	3	4.03	1** CSAM	3.0 0.3	4.3	0.0125	0.0544	0.000	0.0544	120	4.890	0.181
641	241 242	194.01	4	2.32	1** CSAM	4.0 2.5	2.5	0.183	0.456	0.000	0.456	120	14.687	1.452
642	242 243	155.99	2.32	2.32	CSAM	9.8	14.4	0.122	1.755	0.000	1.755	120	11.809	0.938
643	243 244	118.34	2	2.32	1SE CSAM	4.5 5.8	5.8	0.0731	0.420	0.000	0.420	120	8.958	0.540
644	244 245	80.78	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.0380	0.207	0.000	0.207	120	6.115	0.252
645	245 246	43.28	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.0113	0.0852	0.000	0.0852	120	3.275	0.0722
646	246 247	5.75	2.32	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000270	0.00371	0.000	0.00371	120	0.438	0.0012
647	248 247	31.75	2 1/2	2.32	1SE CSAM	4.5 9.3	13.7	0.00839	0.0877	0.000	0.0877	120	2.404	0.0389
648	249 248	69.27	2 1/2	2.32	1SE CSAM	4.5 5.8	5.8	0.0271	0.158	0.000	0.158	120	5.244	0.185
649	250 249	106.83	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.0605	0.348	0.000	0.348	120	8.087	0.440
650	251 250	144.46	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.106	0.608	0.000	0.608	120	10.935	0.805
651	252 251	182.22	2.32	2.32	CSAM	6.1	10.5	0.163	1.714	0.000	1.714	120	13.794	1.280
652	240 252	182.22	2 1/2	4.03	1SE CSAM	4.5 0.3	4.3	0.0112	0.0484	0.000	0.0484	120	4.592	0.142
653	253 254	197.21	4	4.03	1** CSAM	4.0 0.3	4.3	0.0129	0.0561	0.000	0.0561	120	4.970	0.168
655	255 256	158.56	2.32	2.32	1SE CSAM	4.5 9.9	14.4	0.126	1.809	0.000	1.809	120	12.003	0.970
656	256 257	120.28	2 1/2	2.32	1SE CSAM	4.5 5.8	5.8	0.0753	0.433	0.000	0.433	120	9.105	0.558
657	257 258	82.10	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.0371	0.213	0.000	0.213	120	6.215	0.260
658	258 259	43.96	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.0117	0.0671	0.000	0.0671	120	3.327	0.0745
659	259 260	5.83	2.32	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000277	0.00380	0.000	0.00380	120	0.441	0.0013
660	281 260	32.30	2 1/2	2.32	1SE CSAM	4.5 9.3	13.7	0.00660	0.0905	0.000	0.0905	120	2.445	0.0402
661	262 261	70.44	2 1/2	2.32	1SE CSAM	4.5 5.8	5.8	0.0280	0.161	0.000	0.161	120	5.332	0.191
662	263 262	106.62	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.0623	0.359	0.000	0.359	120	8.223	0.455
663	264 263	146.87	2.32	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.109	0.627	0.000	0.627	120	11.118	0.832
664	265 264	185.26	2.32	2.32	CSAM	6.1	10.5	0.168	1.766	0.000	1.766	120	14.024	1.324
665	253 265	185.26	2 1/2	4.03	1SE CSAM	4.5 0.3	4.3	0.0115	0.0500	0.000	0.0500	120	4.669	0.147

2C

TESIS PROFES			HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 4 OF 4		
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	PIPE DIAMETER ACTUAL (IN)	PIPE/FTG #	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF. (FT/SEC)	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)		
:670	:270 271	:0.00	:6.07	:CSAM	:0.5	:7.5	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1**		:7.0									
:671	:271 272	:0.00	:2.90	:CSAM	:1.1	:1.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:672	:272 273	:0.00	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:5.3									
:673	:273 274	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:674	:274 275	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:675	:275 276	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:676	:276 277	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:677	:277 278	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:678	:278 279	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:679	:279 280	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:680	:280 281	:0.00	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:5.3									
:681	:281 282	:0.00	:2.90	:CSAM	:7.3	:7.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:682	:282 283	:0.00	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:5.3									
:683	:283 284	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:684	:284 285	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:685	:285 286	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:686	:286 287	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:687	:287 288	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:688	:288 289	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:689	:289 290	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:690	:290 291	:0.00	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:5.3									
:691	:291 292	:0.00	:2.90	:CSAM	:4.3	:4.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:693	:293 294	:0.00	:6.07	:CSAM	:0.5	:7.5	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1**		:7.0									
:694	:294 295	:0.00	:2.90	:CSAM	:1.1	:1.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:695	:295 296	:0.00	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:5.3									
:696	:296 297	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:697	:297 298	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:698	:298 299	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:699	:299 300	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:700	:300 301	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:701	:301 302	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:702	:302 303	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:703	:303 304	:0.00	:2.80	:CSAM	:9.7	:14.2	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:4.5									
:704	:304 305	:0.00	:2.90	:CSAM	:7.3	:7.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:705	:305 306	:0.00	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:5.3									
:708	:306 307	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:707	:307 308	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:708	:308 309	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:709	:309 310	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:710	:310 311	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:711	:311 312	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:712	:312 313	:0.00	:2.90	:CSAM	:5.8	:5.8	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:713	:313 314	:0.00	:2.90	:CSAM	:9.7	:15.0	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:5.3									
:714	:314 315	:0.00	:2.90	:CSAM	:4.3	:4.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:720	:320 321	:0.00	:2.90	:CSAM	:0.3	:3.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1**		:3.0									
:721	:321 322	:0.00	:1.94	:CSAM	:0.8	:0.8	:0.000	:0.000	:0.00130	:0.00130	:120	:0.000	:0.000		
:722	:322 323	:0.00	:1.94	:CSAM	:8.8	:10.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:3.7									
:723	:323 324	:0.00	:1.94	:CSAM	:9.1	:9.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:724	:324 325	:0.00	:1.94	:CSAM	:8.7	:10.3	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:3.7									
:725	:325 326	:0.00	:1.94	:CSAM	:6.3	:9.9	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:3.7									
:726	:326 327	:0.00	:1.94	:CSAM	:9.1	:9.1	:0.000	:0.000	:0.000	:0.000	:120	:0.000	:0.000		
:727	:327 328	:0.00	:1.94	:CSAM	:4.5	:8.2	:0.000	:0.000	:0.00130	:0.00130	:120	:0.000	:0.000		
				:1SE		:3.7									



HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS

```

=====
: COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 2 :
: DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 30 :
: CLIENT : CAMPUS ACATLAN :
: PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :
: JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :
=====

```

```

=====
: SPRINKLER/NOZZLE(N) POINTS : REFERENCE POINTS : INPUT POINTS : POINT : REQUIRED :
: NO. :DISCHG. GPM : P.S.I. : NO. :DISCHG. GPM : P.S.I. : NO. :DEMAND GPM : P.S.I. : ELEVATION :DISCHARGE : K-FACTOR:
: : : : : : : : : (FT) : (US GPM) :
=====

```

SPRINKLER/NOZZLE(N) POINTS	REFERENCE POINTS	INPUT POINTS	POINT	REQUIRED
NO. :DISCHG. GPM : P.S.I.	NO. :DISCHG. GPM : P.S.I.	NO. :DEMAND GPM : P.S.I.	ELEVATION :DISCHARGE : (FT) : (US GPM)	K-FACTOR:
2	118.307		64.170	
3	120.995		56.070	
4	117.487		64.170	
5	117.487		64.170	
8	120.995		56.070	
7	120.995		56.070	
8	108.574		83.190	
9	108.521		83.190	
10	108.441		83.190	
11	108.276		83.190	
12	108.236		83.190	
13	108.236		83.190	
14	108.236		83.190	
15	108.236		83.190	
16	109.103		81.190	
17	109.132		81.190	
18	108.452		83.190	
19	108.505		83.190	
21	115.594		66.670	
22	115.594		66.670	
23	115.594		66.670	
24	115.504		66.500	
25	108.828		81.920	
26	108.828		81.920	
27	108.828		81.920	
28	109.164		66.210	
29	92.381		77.200	
30	92.169		77.200	
31	92.126		77.200	
32	92.340		77.200	
33	89.654		74.170	
34	115.463		66.500	
35	115.390		66.670	
36	115.390		66.670	
37	115.390		66.670	
39	119.272		57.170	
40	119.175		57.170	
41	119.045		57.170	
42	114.955		67.140	
43	114.858		67.140	

2D

45	120.088		55.310	
46	119.985		55.310	
47	119.845		55.310	
48	114.963		67.140	
49	114.862		67.140	

2H

51	115.658		66.870	
52	115.658		66.870	
53	115.658		66.870	
200	112.142		74.170	
201	112.142		74.170	
202	112.146		74.160	
203	112.146		74.160	
204	112.146		74.160	
205	112.146		74.160	
206	112.146		74.160	
207	112.146		74.160	
208	112.146		74.160	
209	112.146		74.160	
210	112.146		74.160	
211	112.146		74.160	
212	112.146		74.160	
213	112.146		74.160	
214	112.146		74.160	
215	112.146		74.160	
218	112.142		74.170	
220	89.049		74.170	
221	88.983		74.170	

2E

228	88.989		74.170	
-----	--------	--	--------	--

2F

234	89.724		74.170	
240	91.626		77.200	
241	91.571		77.200	

TESIS PROFES                      HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS                      PAGE 2 OF 2

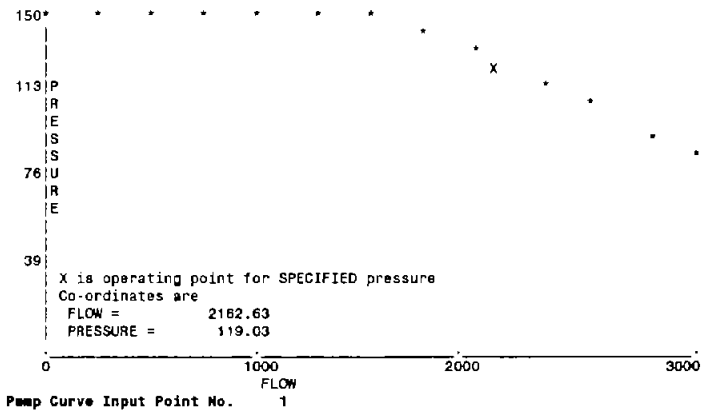
---

SPRINKLER/NOZZLE(N) POINTS		REFERENCE POINTS		INPUT POINTS		POINT	REQUIRED	K-FACTOR
NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DEMAND GPM	P.S.I.
						ELEVATION (FT)	DISCHARGE (US GPM)	
252			252		91.577			77.200
253			253		94.681			67.500
254			254		94.625			67.500
265			265		94.631			67.500
270			270		108.826			81.920
271			271		108.826			81.920
272			272		108.826			81.920
273			273		108.826			81.920
274			274		108.826			81.920
275			275		108.826			81.920
276			276		108.826			81.920
277			277		108.826			81.920
278			278		108.826			81.920
279			279		108.826			81.920
280			280		108.826			81.920
281			281		108.826			81.920
282			282		108.826			81.920
283			283		108.826			81.920
284			284		108.826			81.920
285			285		108.826			81.920
286			286		108.826			81.920
287			287		108.826			81.920
288			288		108.826			81.920
289			289		108.826			81.920
290			290		108.826			81.920
291			291		108.826			81.920
292			292		108.826			81.920
293			293		114.672			68.420
294			294		114.672			68.420
295			295		114.672			68.420
296			296		114.672			68.420
297			297		114.672			68.420
298			298		114.672			68.420
299			299		114.672			68.420
300			300		114.672			68.420
301			301		114.672			68.420
302			302		114.672			68.420
303			303		114.672			68.420
304			304		114.672			68.420
305			305		114.672			68.420
306			306		114.672			68.420
307			307		114.672			68.420
308			308		114.672			68.420
309			309		114.672			68.420
310			310		114.672			68.420
311			311		114.672			68.420
312			312		114.672			68.420
313			313		114.672			68.420
314			314		114.672			68.420
315			315		114.672			68.420
320			320		111.787			75.083
321			321		111.787			75.083
322			322		111.788			75.080
323			323		111.788			75.080
324			324		111.788			75.080
325			325		111.788			75.080
326			326		111.788			75.080
327			327		111.788			75.080
328			328		111.787			75.083

2G

- \*\*\* WARNING : PIPE # 502 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 503 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 504 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 505 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 531 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 532 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 533 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 534 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 535 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 536 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 537 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 538 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 539 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 540 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 555 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 556 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM
- \*\*\* WARNING : PIPE # 557 - FLOW SMALLER THAN 0.1 GPM





La gráfica anterior muestra el comportamiento de la bomba, graficando el flujo (GPM) contra la presión de descarga (psi).

## V.2.3 Sistema de inundación No. 3 (Separador de producción y Paquete de regulación de gas).

```

DESIGN PROGRAM FOR SPRINKLER SYSTEMS
by
MUNICIPAL HYDRAULICS LTD, LADYSMITH, B.C. CANADA
COPYRIGHT (C) 1993 MUNICIPAL HYDRAULICS LTD
VERSION 10.0
COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CLIENT : CAMPUS ACATLAN
PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO
JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO
/
/ *** SISTEMA DE INUNDACION NO. 3 ***
/ SEPARADOR DE PRODUCCION Y PAQUETE DE REGULACION DE GAS
/ CONSIDERACIONES:
/ 1.-OPERACION DE SOLO LA BOMBA PARA AGUA C/INCENDIO
/ ACCIONADA CON MOTOR ELECTRICO.
/ 2.-ACTUACION DE LOS SISTEMAS DE ROCIADORES DEL SEPARADOR DE
/ DE PRODUCCION Y DEL PAQUETE DE REGULACION DE GAS.
/ 3.-OPERACION SIMULTANEA DE UNA ESTACION DE MANGUERAS (H-01).
/ 4.-ANILLO DE AGUA CONTRA INCENDIO OPERANDO COMPLETO, NO
/ SECCIONADO.
/ 5.-OPERACION DEL SISTEMA DE DILUVIO TOTALMENTE LLENO.
/ 6.-SE USARAN BOQUILLAS MARCA ELKHART, MODELO NTL-C DE 1"
/ DE DIAMETRO Y K=3.983.
/ 7.-LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO A UTILIZAR SERAN:
/ GASTO NOMINAL: 2,000 GPM, PRESION DE DESCARGA: 125 PSI.
/
/ NOLIST
/ TUBERIAS
/ DESCARGAS DE BOMBAS CONTRA INCENDIO Y ALIMENTACION AL ANILLO PRINCIPAL
C=120
P 500 1 2 4.85 -10.02 CV
P 501 2 3 8.22 -10.02 GV SE T3
P 502 4 5 4.65 -10.02 CV
P 503 5 6 8.22 -10.02 GV SE T3
P 504 6 7 38.0 -10.02
P 505 7 3 0.83 -11.938 T4 *(13)
P 506 3 8 42.81 -11.938 2SE T4
/ ANILLO PRINCIPAL DE DISTRIBUCION DE AGUA CONTRA INCENDIO
P 509 8 9 29.43 -11.938 GV
P 510 9 10 10.11 -11.938 SE TN
P 511 10 11 59.88 -11.938 GV SE TN
P 512 11 12 9.69 -11.938 TN
P 513 12 13 6.82 -11.938 GV TN
P 514 13 14 45.44 -11.938 TN
P 515 14 15 6.89 -11.938 TN
P 516 15 16 41.36 -11.938 GV SE 2HE TN
P 517 16 17 40.28 -11.938 GV TN
P 518 17 18 52.24 -11.938 TN SE 2HE
P 519 18 19 16.56 -11.938 TN
P 520 19 8 21.81 -11.938 GV TN
/ ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-02)
P 531 10 21 16.53 -4.026 T4 *(13)
P 532 21 22 0.33 -1.50 GV *(4)
P 533 21 23 0.33 -2.323 GV *(4)
/ SISTEMA DE INUNDACION No. 3 (PROTECCION AL SEPARADOR DE PRODUCCION Y AL
/ PAQUETE DE REGULACION DE GAS)
C=120
P 534 11 24 32.16 -7.981 GV *(13) 4SE *(70)
C=120
P 535 24 25 43.61 -7.981 3SE TN *(154)
P 536 25 320 7.81 -2.90 *(9) *(7) SE
P 537 25 26 23.94 -7.981 SE TN
P 538 26 27 0.58 -7.981 *(9)
P 539 27 270 1.36 -6.065 T4
P 540 26 293 14.44 -6.065 SE T4 *(9)
/ SISTEMA DE INUNDACION No. 2 (PROTECCION AL SEPARADOR DE PRUEBA, CABEZAL
/ PARA BOMBEO NEUMATICO Y AREA DE LANZADORES DE DIABLOS)
P 541 12 28 33.39 -6.065 GV *(13) 4SE *(40)
C=120
P 542 28 29 70.14 -6.065 SSE TN *(123)
P 543 29 30 0.94 -6.065 TN
P 544 30 31 0.47 -6.065 *(7)
P 545 31 240 1.43 -4.026 T4
P 546 30 253 11.06 -4.026 SE *(7) T4
P 547 29 32 0.47 -6.065 *(7)
P 548 32 234 60.41 -4.026 3SE TN
/ CABEZAL PARA BOMBEO NEUMATICO
P 549 234 233 19.92 -1.939 *(4) 2SE
P 550 233 232 11.17 -1.939
P 551 232 231 11.17 -1.939
P 552 231 230 11.17 -1.939
P 553 234 33 0.34 -4.026 *(4)
P 554 33 220 0.62 -2.90 *(7)
/ SISTEMA DE INUNDACION No. 1
C=120
P 555 13 34 32.17 -7.981 GV *(13) 4SE *(70)
C=120
P 556 34 200 72.82 -7.981 6SE T4 *(154)
/ ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-01)
P 557 14 35 17.80 -4.026 *(13) T4 2SE
P 558 35 36 0.33 -1.50 GV *(4)
P 559 35 37 0.33 -2.323 GV *(4)
/ MONITORES PARA AGUA CONTRA INCENDIO
P 561 16 39 27.09 -7.981 *(13) 2SE TN
P 562 39 40 23.61 -7.981 TN
P 563 40 41 15.20 -7.981 TT
P 564 39 42 12.0 -4.026 *(9) SE GV *(101)
P 565 40 43 21.77 -4.026 *(9) 2SE GV *(101)
P 566 41 44 29.92 -4.026 *(9) 2SE GV *(101)

```

```

P 567 17 45 29.54 -7.981 *(13) 2SE TN
P 568 45 46 23.02 -7.981 TN
P 569 46 47 16.22 -7.981 TT
P 570 45 48 13.85 -4.026 *(9) SE GV *(101)
P 571 46 49 13.42 -4.026 *(9) SE GV *(101)
P 572 47 50 13.42 -4.026 *(9) SE GV *(101)
/ ESTACION DE MANGUERAS (HIDRANTE H-03)
P 573 19 51 39.25 -4.026 *(13) 2SE T4
P 574 51 52 0.33 -1.50 GV *(4)
P 575 51 53 0.33 -2.323 GV *(4)
/ ANILLO ZONA DE POZOS
C=120
P 600 200 201 0.58 -7.981 *(9)
P 601 201 202 4.22 -6.065
P 602 202 203 8.0 -6.065
P 603 203 204 8.0 -6.065
P 604 204 205 8.0 -6.065
P 605 205 206 8.0 -6.065
P 606 206 207 14.63 -6.065 SE
P 607 207 208 7.5 -6.065
P 608 208 209 14.63 -6.065 SE
P 609 209 210 8.0 -6.065
P 610 210 211 8.0 -6.065
P 611 211 212 8.0 -6.065
P 612 212 213 8.0 -6.065
P 613 213 214 13.14 -6.065 SE
P 616 214 215 7.5 -6.065
P 617 215 218 6.75 -6.065 SE
P 618 218 200 0.58 -7.981 *(9)
/ ANILLO LANZADORES DE DIABLOS
P 620 220 221 0.28 -2.90 *(3)
P 621 221 222 6.20 -1.939 SE
P 622 222 223 11.01 -1.939
P 623 223 224 11.01 -1.939
P 624 224 225 22.44 -1.939 2SE
P 625 225 226 11.01 -1.939
P 626 226 227 11.01 -1.939
P 627 227 228 16.18 -1.939 SE
/ P 628 228 220 0.28 -2.90 *(3)
/ ANILLOS SUPERIOR SEPARADOR DE PRUEBA
P 640 240 241 0.34 -4.026 *(4)
P 641 241 242 2.50 -2.323
P 642 242 243 9.94 -2.323 SE
P 643 243 244 5.75 -2.323
P 644 244 245 5.75 -2.323
P 645 245 246 5.75 -2.323
P 646 246 247 9.26 -2.323 SE
P 647 247 248 9.26 -2.323 SE
P 648 248 249 5.75 -2.323
P 649 249 250 5.75 -2.323
P 650 250 251 5.75 -2.323
P 651 251 252 6.09 -2.323 SE
/ P 652 252 240 0.34 -4.026 *(4)
/ ANILLO INFERIOR SEPARADOR DE PRUEBA
P 653 253 254 0.34 -4.026 *(4)
P 654 254 255 2.5 -2.323
P 655 255 256 9.94 -2.323 SE
P 656 256 257 5.75 -2.323
P 657 257 258 5.75 -2.323
P 658 258 259 5.75 -2.323
P 659 259 260 9.26 -2.323 SE
P 660 260 261 9.26 -2.323 SE
P 661 261 262 5.75 -2.323
P 662 262 263 5.75 -2.323
P 663 263 264 5.75 -2.323
P 664 264 265 6.09 -2.323 SE
/ P 665 265 253 0.34 -4.026 *(4)
/ ANILLO SUPERIOR SEPARADOR DE PRODUCCION
P 670 270 271 0.47 -6.065 *(7)
P 671 271 272 1.10 -2.90
P 672 272 273 9.67 -2.90 SE
P 673 273 274 5.75 -2.90
P 674 274 275 5.75 -2.90
P 675 275 276 5.75 -2.90
P 676 276 277 5.75 -2.90
P 677 277 278 5.75 -2.90
P 678 278 279 5.75 -2.90
P 679 279 280 5.75 -2.90
P 680 280 281 9.67 -2.90 SE
P 681 281 282 7.25 -2.90
P 682 282 283 9.67 -2.90 SE
P 683 283 284 5.75 -2.90
P 684 284 285 5.75 -2.90
P 685 285 286 5.75 -2.90
P 686 286 287 5.75 -2.90
P 687 287 288 5.75 -2.90
P 688 288 289 5.75 -2.90
P 689 289 290 5.75 -2.90
P 690 290 291 9.67 -2.90 SE
P 691 291 292 4.30 -2.90
P 692 292 270 0.47 -6.065 *(7)
/ ANILLO INFERIOR SEPARADOR DE PRODUCCION
P 693 293 294 0.47 -6.065 *(7)
P 694 294 295 1.10 -2.90
P 695 295 296 9.67 -2.90 SE
P 696 296 297 5.75 -2.90
P 697 297 298 5.75 -2.90
P 698 298 299 5.75 -2.90
P 699 299 300 5.75 -2.90
P 700 300 301 5.75 -2.90
P 701 301 302 5.75 -2.90

```

P 702 302 303 5.75 -2.90  
 P 703 303 304 9.67 -2.80 SE  
 P 704 304 305 7.25 -2.90  
 P 705 305 306 9.67 -2.90 SE  
 P 706 306 307 5.75 -2.90  
 P 707 307 308 5.75 -2.90  
 P 708 308 309 5.75 -2.90  
 P 709 309 310 5.75 -2.90  
 P 710 310 311 5.75 -2.90  
 P 711 311 312 5.75 -2.90  
 P 712 312 313 5.75 -2.90  
 P 713 313 314 9.67 -2.90 SE  
 P 714 314 315 4.30 -2.90  
 P 715 315 293 0.47 -6.085 \*(7)  
 / ANILLO PAQUETE DE REGULACION DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE ARRANQUE  
 P 720 320 321 0.28 -2.90 \*(3)  
 P 721 321 322 0.55 -1.939  
 P 722 322 323 6.63 -1.939 SE  
 P 723 323 324 9.11 -1.939  
 P 724 324 325 6.65 -1.939 SE  
 P 725 325 326 6.25 -1.939 SE  
 P 726 326 327 9.11 -1.939  
 P 727 327 328 4.53 -1.939 SE  
 P 728 328 320 0.28 -2.90 \*(3)  
 / BOQUILLAS ROCIADORAS  
 / BOQUILLAS ZONA DE FOSOS  
 R 202 74.16  
 RS 202 203 TO 215  
 / BOQUILLAS ZONA LANZADORES DE DIABLOS  
 R 222 74.16  
 RS 222 223 TO 227  
 / BOQUILLAS SEPARADOR DE PRUEBA  
 R 242 77.20  
 RS 242 243 TO 251  
 R 255 67.50  
 RS 255 256 TO 264  
 / BOQUILLAS SEPARADOR DE PRODUCCION  
 N 272 81.92 34.0 3.983  
 NS 272 273 TO 291  
 N 295 68.42 34.0 3.983  
 NS 295 296 TO 314  
 / BOQUILLAS DEL PAQUETE DE REGULACION DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE  
 / ARRANQUE  
 N 322 75.08 34.0 3.983  
 NS 322 323 TO 327  
 / BOQUILLAS DEL CABEZAL DE BOMBEO NEUMATICO  
 R 230 68.13  
 RS 230 231 TO 233  
 / MONITORES  
 R 42 67.14  
 RS 42 43  
 R 44 78.14  
 RS 42 48 49  
 R 50 67.14  
 / HIDRANTES  
 R 22 66.67  
 R 23 66.67  
 RS 22 52  
 RS 23 53  
 N 36 66.67 105.0 12.4  
 N 37 66.67 218.0 25.2  
 / PUNTOS DE REFERENCIA  
 R 2 64.17  
 R 3 56.07  
 R 5 64.17  
 R 8 56.07  
 R 7 56.07  
 R 8 83.19  
 RS 8 9 TO 15  
 R 16 81.19  
 RS 18 17  
 RS 8 18 19  
 R 21 66.67  
 R 24 66.50  
 R 25 81.92  
 R 26 81.92  
 R 27 81.92  
 R 28 86.21  
 R 29 77.20  
 RS 29 30 TO 32  
 R 33 74.17  
 R 34 66.50  
 R 35 66.67  
 R 39 57.17  
 RS 39 40 41  
 R 45 55.31  
 RS 45 46 47  
 R 51 66.67  
 R 200 74.17  
 RS 200 201 218  
 R 220 74.17  
 RS 220 221 228  
 R 234 74.17  
 R 240 77.20  
 RS 240 241 252  
 R 253 67.50  
 RS 253 254 265  
 R 270 81.92  
 RS 270 271 292  
 R 293 68.42  
 RS 293 294 315

```
R 320 75.085
RS 320 321 328
R 4 64.17
/ ALIMENTACION BOMBAS AGUA CONTRA INCENDIO
/ BOMBA ACCIONADA COM MOTOR ELECTRICO
I 1 64.17 0 150 500 150 1000 150 1500 141.13 2000 125 2500 106.66 3000 81.25
/ BOMBA ACCIONADA COM MOTOR DE COMBUSTION INTERNA
/ I 4 64.17 0 150 500 150 1000 150 1500 141.13 2000 125 2500 106.66 3000 81.25
END
```

```
          LENGTH DIAMETER FLOW HEAD ELEVATION PRESSURE
UNITS BEING USED: FEET INCHES US GPM FEET FEET PSI
HAZEN-WILLIAMS FORMULA USED
FITTINGS SPECIFIED AS NFPA
ITERATION STOPS WHEN GREATEST FLOW CHANGE IS .05000 IN ANY PIPE
MULTIPLICATIVE FACTOR OF EACH CONSUMPTION IS 1.00000
DEFAULT ROUGHNESS COEFFICIENT - C=120.0
THERE ARE 48 SPRINKLERS AND 0 BOOSTER PUMPS
THERE ARE 167 PIPES AND 114 REFERENCE POINTS
THE NUMBER OF INPUT POINTS IN SYSTEM IS 1
NODE NO. OF PUMPS PUMP INPUT PUMP PARAMETERS
NO. IN PARALLEL ELEVATION FRACTION OR X-Y COORDINATES
  1 1 64.17 1.00 .0 500.0 1000.0 1500.0 2000.0 2500.0 3000.0
150.0 150.0 150.0 141.1 125.0 106.7 81.3
Initial estimate of demand on the system is 1887.00
```

```
NET UNBALANCED DEMAND ON THE SYSTEM = .00000
Iteration # 0 Max change in flow is 1197.992 in loop # 3
Iteration # 1 Max change in flow is 322.718 in loop # 3
Iteration # 2 Max change in flow is 23.880 in loop # 3
Iteration # 3 Max change in flow is .526 in loop # 53
Iteration # 4 Max change in flow is .242 in loop # 53
Iteration # 5 Max change in flow is .111 in loop # 53
Iteration # 6 Max change in flow is .051 in loop # 53
Iteration # 7 Max change in flow is .024 in loop # 53
NUMBER OF ITERATIONS= 8
```

SUMMARY REPORT

```
=====
: COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 1 :
: DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 30 :
: CLIENT : CAMPUS ACATLAN :
: PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :
: JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :
:=====
```

```
TOTAL FLOW FROM ALL HOSE REEL NOZZLES IS 2163.77
MINIMUM FLOW OF ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 37.61
AVERAGE FLOW FROM ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 45.08
TOTAL FLOW FROM ALL OPERATING SPRINKLER HEADS IS 2163.77
TOTAL DEMAND ON THE WHOLE SYSTEM IS 2163.77
SPECIFIED AVAILABLE PRESSURE AT INPUT NODE IS 274.79 FEET
OR 118.99 P.S.I.
```



HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

=====

COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO : PAGE 1 OF 4

DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES : DATE 2003 NOV 30 :

CLIENT : CAMPUS ACATLAN :

PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO :

JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO :

=====

PIPE : PIPE : FLOW : PIPE DIAMETER: PIPE/FTG : TOTAL : HEAD LOSS: HEAD LOSS : STATIC : TOTAL : ROUGH: WATER : VELOC. :

NO. : NODES : (US GPM) : (IN) (IN) : # (FT) : (FT) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : COEFF: (FT/SEC) : (PSI) :

=====

NO.	NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER (IN)	ACTUAL DIAMETER (IN)	CODE	LENGTH (FT)	PER FT. (PSI)	OVER PIPE (PSI)	HEAD LOSS (PSI)	STATIC (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)
500	4	0.00	10.02	10.02	CSAM	4.7	68.7	0.0120	0.728	0.000	0.728	120	0.004	0.000
					1CV	52.0								
502	4	5	0.00	10	10.02	CSAM	4.7	68.7	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1CV	52.0								
503	5	6	0.00	10	10.02	CSAM	8.2	63.8	0.000	0.000	-3.507	-3.507	120	0.000
					1GV	4.7								
					1SE	20.8								
					1T3	30.0								
504	6	7	0.00	10	10.02	CSAM	38.0	38.0	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
505	7	3	0.00	12	11.94	CSAM	0.8	42.1	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
					1T4	28.2								
					1**	13.0								
506	3	8	2163.77	12	11.94	CSAM	42.8	123.7	0.00548	0.678	11.744	12.421	120	6.202
					2SE	52.7								
					1T4	28.2								
509	8	9	1312.51	12	11.94	CSAM	29.4	35.3	0.00217	0.0766	0.000	0.0766	120	3.762
					1GV	5.9								
510	9	10	1312.51	12	11.94	CSAM	10.1	54.0	0.00217	0.117	0.000	0.117	120	3.762
					1SE	26.3								
					1TN	17.6								
511	10	11	1312.51	12	11.94	CSAM	59.9	109.8	0.00217	0.238	0.000	0.238	120	3.762
					1GV	5.9								
					1SE	26.3								
					1TN	17.6								
512	12	11	456.69	12	11.94	CSAM	9.7	27.2	0.000307	0.00837	0.000	0.00837	120	1.309
					1TN	17.6								
513	13	12	456.69	12	11.94	CSAM	6.8	30.2	0.000307	0.00929	0.000	0.00929	120	1.309
					1GV	5.9								
					1TN	17.6								
514	14	13	456.69	12	11.94	CSAM	45.4	63.0	0.000307	0.0194	0.000	0.0194	120	1.309
					1TN	17.6								
515	15	14	851.26	12	11.94	CSAM	6.9	24.4	0.000974	0.0238	0.000	0.0238	120	2.440
					1TN	17.6								
516	16	15	851.26	12	11.94	CSAM	41.4	116.4	0.000974	0.113	0.866	0.979	120	2.440
					1GV	5.9								
					1SE	26.3								
					2HE	25.4								
					1TN	17.6								
517	17	16	851.26	12	11.94	CSAM	40.3	83.7	0.000974	0.0820	0.000	0.0820	120	2.440
					1GV	5.9								
					1TN	17.6								
518	18	17	851.26	12	11.94	CSAM	52.2	121.5	0.000974	0.118	-0.866	-0.748	120	2.440
					1TN	17.6								
					1SE	26.3								
					2HE	25.4								
519	19	18	851.26	12	11.94	CSAM	16.6	34.1	0.000974	0.0332	0.000	0.0332	120	2.440
					1TN	17.6								
520	8	19	851.26	12	11.94	CSAM	21.8	45.2	0.000974	0.0440	0.000	0.0440	120	2.440
					1GV	5.9								
					1TN	17.6								
531	10	21	0.00	4	4.03	CSAM	16.5	39.8	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000
					1T4	10.3								
					1**	13.0								
532	21	22	0.00	1	1.50	CSAM	0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000
					1GV	0.7								
					1**	4.0								
533	21	23	0.00	2	2.32	CSAM	0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000
					1GV	0.7								
					1**	4.0								
534	11	24	1769.20	8	7.98	CSAM	32.2	187.1	0.0268	5.019	-7.227	-2.208	120	11.346
					1GV	3.8								
					1**	13.0								
					4SE	68.2								
					1**	70.0								
535	24	25	1769.20	8	7.98	CSAM	43.6	261.0	0.0268	7.002	6.677	13.679	120	11.346
					3SE	51.1								
					1TN	12.3								
					1**	154.0								
536	25	320	233.81	3	2.90	CSAM	7.8	29.1	0.0875	2.550	-2.961	-0.411	120	11.357
					1**	9.0								
					1**	7.0								
					1SE	5.3								
537	25	26	1535.39	8	7.98	CSAM	23.9	53.3	0.0206	1.099	0.000	1.099	120	9.847
					1SE	17.0								
					1TN	12.3								
538	26	27	757.68	8	7.98	CSAM	0.6	9.6	0.00558	0.0534	0.000	0.0534	120	4.859
					1**	9.0								
539	27	270	757.68	6	6.07	CSAM	1.4	15.1	0.0212	0.342	0.000	0.342	120	8.414
					1T4	14.7								
540	26	293	777.71	6	6.07	CSAM	14.4	52.2	0.0223	1.163	-5.846	-4.683	120	8.637
					1SE	14.0								
					1T4	14.7								
					1**	9.0								

3A

TESIS PROFES			HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 2 OF 4	
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	PIPE DIAMETER ACTUAL (IN)	PIPE/FTG CODE #	PIPE LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)
541	12 28	0.00	6	6.07	CSAM	33.4	145.4	0.000	0.000	-7.353	-7.353	120	0.000	0.000
			6		1GV	3.0								
			6		1**	13.0								
			6		4SE	56.0								
			6		1**	40.0								
542	28 29	0.00	6	6.07	CSAM	70.1	272.1	0.000	0.000	4.759	4.759	120	0.000	0.000
			6		SSE	70.0								
			6		1TN	9.0								
			6		1**	123.0								
543	29 30	0.00	6	6.07	CSAM	0.9	9.9	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			6		1TN	9.0								
544	30 31	0.00	6	6.07	CSAM	0.5	7.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			6		1**	7.0								
545	31 240	0.00	4	4.03	CSAM	1.4	11.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			4		1T4	10.3								
546	30 253	0.00	4	4.03	CSAM	11.1	38.3	0.000	0.000	-4.200	-4.200	120	0.000	0.000
			4		1SE	10.0								
			4		1**	7.0								
			4		1T4	10.3								
547	29 32	0.00	6	6.07	CSAM	0.5	7.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			6		1**	7.0								
548	32 234	0.00	4	4.03	CSAM	60.4	96.4	0.000	0.000	-1.312	-1.312	120	0.000	0.000
			4		3SE	30.0								
			4		1TN	6.0								
549	234 233	0.00	2	1.94	CSAM	19.9	31.2	0.000	0.000	-2.615	-2.615	120	0.000	0.000
			2		1**	4.0								
			2		2SE	7.3								
550	233 232	0.00		1.94	CSAM	11.2	11.2	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
551	232 231	0.00		1.94	CSAM	11.2	11.2	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
552	231 230	0.00		1.94	CSAM	11.2	11.2	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
553	234 33	0.00	4	4.03	CSAM	0.3	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			4		1**	4.0								
554	33 220	0.00	3	2.90	CSAM	0.6	7.6	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			3		1**	7.0								
555	13 34	0.00	8	7.98	CSAM	32.2	187.1	0.000	0.000	-7.227	-7.227	120	0.000	0.000
			8		1GV	3.8								
			8		1**	13.0								
			8		4SE	66.2								
			8		1**	70.0								
556	34 200	0.00	8	7.98	CSAM	72.9	347.2	0.000	0.000	3.321	3.321	120	0.000	0.000
			8		8SE	102.3								
			8		1T4	18.1								
			8		1**	154.0								
557	14 35	394.57	4	4.03	CSAM	17.8	61.1	0.0467	2.851	-7.154	-4.303	120	9.944	0.666
			4		1**	13.0								
			4		1T4	10.3								
			4		2SE	20.0								
561	18 39	0.00	8	7.98	CSAM	27.1	86.5	0.000	0.000	-10.401	-10.401	120	0.000	0.000
			8		1**	13.0								
			8		2SE	34.1								
			8		1TN	12.3								
562	39 40	0.00	8	7.98	CSAM	23.6	35.9	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			8		1TN	12.3								
563	40 41	0.00	8	7.98	CSAM	15.2	48.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			8		1TT	33.1								
564	39 42	0.00	4	4.03	CSAM	12.0	134.0	0.000	0.000	4.317	4.317	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		1SE	10.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								
565	40 43	0.00	4	4.03	CSAM	21.8	153.8	0.000	0.000	4.317	4.317	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		2SE	20.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								
566	41 44	0.00	4	4.03	CSAM	29.9	161.9	0.000	0.000	9.081	9.081	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		2SE	20.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								
567	17 45	0.00	8	7.98	CSAM	29.5	88.9	0.000	0.000	-11.207	-11.207	120	0.000	0.000
			8		1**	13.0								
			8		2SE	34.1								
			8		1TN	12.3								
568	45 46	0.00	8	7.98	CSAM	23.0	35.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			8		1TN	12.3								
569	46 47	0.00	8	7.98	CSAM	16.2	49.4	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000
			8		1TT	33.1								
570	45 48	0.00	4	4.03	CSAM	13.9	135.9	0.000	0.000	5.123	5.123	120	0.000	0.000
			4		1**	9.0								
			4		1SE	10.0								
			4		1GV	2.0								
			4		1**	101.0								

3B

TESIS PROFES			HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 3 OF 4		
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	PIPE DIAMETER ACTUAL (IN)	PIPE/FTG CODE #	PIPE LENGTH (FT)	TOTAL LENGTH (FT)	HEAD LOSS PER FT. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)	VELOC. PRESS. (PSI)	
571	46 49	0.00	4	4.03	CSAM	13.4	135.4	0.000	0.000	5.123	5.123	120	0.000	0.000	
			4		1**	9.0									
			4		1SE	10.0									
			4		1GV	2.0									
			4		1**	101.0									
572	47 50	0.00	4	4.03	CSAM	13.4	135.4	0.000	0.000	5.123	5.123	120	0.000	0.000	
			4		1**	9.0									
			4		1SE	10.0									
			4		1GV	2.0									
			4		1**	101.0									
573	19 51	0.00	4	4.03	CSAM	39.2	92.5	0.000	0.000	-7.154	-7.154	120	0.000	0.000	
			4		1**	13.0									
			4		2SE	20.0									
			4		1T4	10.3									
574	51 52	0.00	1 1/2	1.50	CSAM	0.3	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			1 1/2		1GV	0.7									
			1 1/2		1**	4.0									
575	51 53	0.00	2 1/2	2.32	CSAM	0.3	5.1	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1GV	0.7									
			2 1/2		1**	4.0									
600	200 201	0.020	8	7.98	CSAM	0.6	9.6	0.186E-10	0.178E-9	0.000	0.178E-9	120	0.00012	0.11E-9	
			8		1**	9.0									
601	201 202	0.020	6	6.07	CSAM	4.2	4.2	0.709E-10	0.299E-9	0.00433	-0.00433	120	0.00022	0.33E-9	
602	202 203	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
603	203 204	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
604	204 205	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
605	205 206	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
606	206 207	0.020	6	6.07	CSAM	14.6	28.6	0.709E-10	0.203E-8	0.000	0.203E-8	120	0.00022	0.33E-9	
			6		1SE	14.0									
607	207 208	0.020	6	6.07	CSAM	7.5	7.5	0.709E-10	0.532E-9	0.000	0.532E-9	120	0.00022	0.33E-9	
608	208 209	0.020	6	6.07	CSAM	14.6	28.6	0.709E-10	0.203E-8	0.000	0.203E-8	120	0.00022	0.33E-9	
			6		1SE	14.0									
609	209 210	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
610	210 211	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
611	211 212	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
612	212 213	0.020	6	6.07	CSAM	8.0	8.0	0.709E-10	0.567E-9	0.000	0.567E-9	120	0.00022	0.33E-9	
613	213 214	0.020	6	6.07	CSAM	13.1	27.1	0.709E-10	0.192E-8	0.000	0.192E-8	120	0.00022	0.33E-9	
			6		1SE	14.0									
616	214 215	0.020	6	6.07	CSAM	7.5	7.5	0.709E-10	0.532E-9	0.000	0.532E-9	120	0.00022	0.33E-9	
617	215 216	0.020	6	6.07	CSAM	8.8	20.7	0.709E-10	0.147E-8	0.00433	0.00433	120	0.00022	0.33E-9	
			6		1SE	14.0									
618	216 200	0.020	8	7.98	CSAM	0.6	9.6	0.186E-10	0.178E-9	0.000	0.178E-9	120	0.00012	0.11E-9	
			8		1**	9.0									
620	220 221	0.00	3	2.90	CSAM	0.3	3.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			3		1**	3.0									
621	221 222	0.00	2	1.94	CSAM	6.2	9.9	0.000	0.000	-0.00433	-0.00433	120	0.000	0.000	
			2		1SE	3.7									
622	222 223	0.00	2	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
623	223 224	0.00	2	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
624	224 225	0.00	2	1.94	CSAM	22.4	29.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2		2SE	7.3									
625	225 226	0.00	2	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
626	226 227	0.00	2	1.94	CSAM	11.0	11.0	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
627	227 228	0.00	2	1.94	CSAM	16.2	19.8	0.000	0.000	0.00433	0.00433	120	0.000	0.000	
			2		1SE	3.7									
640	240 241	0.00	4	4.03	CSAM	0.3	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			4		1**	4.0									
641	241 242	0.00	2	2.32	CSAM	2.5	2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
642	242 243	0.00	2	2.32	CSAM	9.9	14.4	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
643	243 244	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
644	244 245	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
645	245 246	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
646	246 247	0.00	2	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
647	247 248	0.00	2	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
648	248 249	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
649	249 250	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
650	250 251	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
651	251 252	0.00	2	2.32	CSAM	6.1	10.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
653	253 254	0.00	4	4.03	CSAM	0.3	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			4		1**	4.0									
654	254 255	0.00	2	2.32	CSAM	2.5	2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
655	255 256	0.00	2	2.32	CSAM	9.9	14.4	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
656	256 257	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
657	257 258	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
658	258 259	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
659	259 260	0.00	2	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
660	260 261	0.00	2	2.32	CSAM	9.3	13.7	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
			2 1/2		1SE	4.5									
661	261 262	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
662	262 263	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
663	263 264	0.00	2	2.32	CSAM	5.8	5.8	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.000	
664	264 265	0.00	2	2.32	CSAM	6.1	10.5	0.000	0.000	0.000	0.000	120	0.000	0.00	

TESIS PROFES                      HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS                      PAGE 4 OF 4

PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER: NOM (IN)	PIPE DIAMETER: ACTUAL (IN)	PIPE/FTG CODE #	PIPE LENGTH (FT)	TOTAL HEAD LOSS: PER FT. (PSI)	HEAD LOSS: OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS: (PSI)	TOTAL HEAD LOSS: (PSI)	ROUGHNESS: COEFF.	WATER VELOCITY: (FT/SEC)	VELOC. PRESS.: (PSI)	
:672	:272 273	:348.22		2.90	CSAM	9.7	15.0	0.183	2.744	0.000	2.744	120	18.914	1.925
			3		ISE	5.3								
:673	:273 274	:309.99		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.148	0.848	0.000	0.848	120	15.057	1.526
:674	:274 275	:271.94		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.118	0.666	0.000	0.666	120	13.209	1.174
:675	:275 276	:234.04		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0877	0.504	0.000	0.504	120	11.368	0.870
:676	:276 277	:196.23		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0633	0.364	0.000	0.364	120	9.532	0.611
:677	:277 278	:158.51		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0426	0.245	0.000	0.245	120	7.699	0.399
:678	:278 279	:120.83		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0258	0.148	0.000	0.148	120	5.869	0.232
:679	:279 280	:83.19		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0129	0.0743	0.000	0.0743	120	4.041	0.110
:680	:280 281	:45.56		2.90	CSAM	9.7	15.0	0.00423	0.0635	0.000	0.0635	120	2.213	0.0330
			3		ISE	5.3								
:681	:281 282	:7.94		2.90	CSAM	7.3	7.3	0.000167	0.00121	0.000	0.00121	120	0.386	0.0010
:682	:283 282	:29.67		2.90	CSAM	9.7	15.0	0.00191	0.0287	0.000	0.0287	120	1.441	0.0140
			3		ISE	5.3								
:683	:284 283	:87.29		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.00872	0.0501	0.000	0.0501	120	3.269	0.0719
:684	:285 284	:104.92		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0198	0.114	0.000	0.114	120	5.096	0.175
:685	:286 285	:142.58		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0350	0.201	0.000	0.201	120	6.925	0.323
:686	:287 286	:180.27		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0541	0.311	0.000	0.311	120	8.757	0.518
:687	:288 287	:218.04		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0769	0.442	0.000	0.442	120	10.591	0.755
:688	:289 288	:255.89		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.103	0.595	0.000	0.595	120	12.430	1.040
:689	:290 289	:293.87		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.134	0.769	0.000	0.769	120	14.274	1.371
:690	:291 290	:332.01		2.90	CSAM	9.7	15.0	0.168	2.512	0.000	2.512	120	16.127	1.750
			3		ISE	5.3								
:691	:292 291	:370.67		2.90	CSAM	4.3	4.3	0.205	0.884	0.000	0.884	120	18.005	2.182
:692	:270 292	:370.67		6.07	CSAM	0.5	7.5	0.00565	0.0422	0.000	0.0422	120	4.116	0.114
			6		1**	7.0								
:693	:293 294	:397.15		6.07	CSAM	0.5	7.5	0.00642	0.0480	0.000	0.0480	120	4.410	0.131
			6		1**	7.0								
:695	:295 296	:357.33		2.90	CSAM	9.7	15.0	0.192	2.878	0.000	2.878	120	17.357	2.027
			3		ISE	5.3								
:696	:298 297	:318.10		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.155	0.890	0.000	0.890	120	15.451	1.607
:697	:297 298	:279.05		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.121	0.698	0.000	0.698	120	13.554	1.236
:698	:298 299	:240.14		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0920	0.529	0.000	0.529	120	11.664	0.918
:699	:299 300	:201.33		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0684	0.382	0.000	0.382	120	9.779	0.644
:700	:300 301	:162.61		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0447	0.257	0.000	0.257	120	7.898	0.420
:701	:301 302	:123.93		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0270	0.155	0.000	0.155	120	6.020	0.244
:702	:302 303	:85.29		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0135	0.0778	0.000	0.0778	120	4.143	0.116
:703	:303 304	:46.67		2.80	CSAM	9.7	14.2	0.00525	0.0744	0.000	0.0744	120	2.432	0.0398
			3		ISE	4.5								
:704	:304 305	:8.06		2.90	CSAM	7.3	7.3	0.000171	0.00124	0.000	0.00124	120	0.391	0.0010
:705	:308 305	:30.55		2.90	CSAM	9.7	15.0	0.00202	0.0303	0.000	0.0303	120	1.484	0.0148
			3		ISE	5.3								
:706	:307 306	:89.17		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.00917	0.0528	0.000	0.0528	120	3.360	0.0760
:707	:308 307	:107.79		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0209	0.120	0.000	0.120	120	5.236	0.184
:708	:309 306	:148.44		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0388	0.212	0.000	0.212	120	7.113	0.341
:709	:310 309	:185.14		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0588	0.327	0.000	0.327	120	8.993	0.544
:710	:311 310	:223.90		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.0808	0.464	0.000	0.464	120	10.875	0.796
:711	:312 311	:262.75		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.109	0.625	0.000	0.625	120	12.763	1.096
:712	:313 312	:301.74		2.90	CSAM	5.8	5.8	0.140	0.807	0.000	0.807	120	14.858	1.448
:713	:314 313	:340.89		2.90	CSAM	9.7	15.0	0.176	2.638	0.000	2.638	120	16.558	1.845
			3		ISE	5.3								
:714	:315 314	:380.56		2.90	CSAM	4.3	4.3	0.216	0.928	0.000	0.928	120	18.485	2.300
:715	:293 315	:380.56		6.07	CSAM	0.5	7.5	0.00593	0.0443	0.000	0.0443	120	4.226	0.120
			6		1**	7.0								
:720	:320 321	:131.47		2.90	CSAM	0.3	3.3	0.0301	0.0988	0.000	0.0988	120	6.386	0.274
			3		1**	3.0								
:721	:321 322	:131.47		1.94	CSAM	0.8	0.8	0.214	0.118	-0.00130	0.118	120	14.284	1.373
:722	:322 323	:92.27		1.94	CSAM	8.8	10.3	0.111	1.144	0.000	1.144	120	10.028	0.876
			2		ISE	3.7								
:723	:323 324	:53.31		1.94	CSAM	9.1	9.1	0.0402	0.367	0.000	0.367	120	5.793	0.226
:724	:324 325	:14.43		1.94	CSAM	6.7	10.3	0.00358	0.0369	0.000	0.0369	120	1.588	0.0165
			2		ISE	3.7								
:725	:326 325	:24.45		1.94	CSAM	6.3	9.9	0.00950	0.0942	0.000	0.0942	120	2.657	0.0475
			2		ISE	3.7								
:726	:327 326	:63.35		1.94	CSAM	9.1	9.1	0.0554	0.504	0.000	0.504	120	6.883	0.319
:727	:328 327	:102.35		1.94	CSAM	4.5	8.2	0.135	1.103	-0.00130	1.102	120	11.120	0.832
			2		ISE	3.7								
:728	:320 328	:102.35		2.90	CSAM	0.3	3.3	0.0190	0.0622	0.000	0.0622	120	4.971	0.166
			3		1**	3.0								

3C

HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS

=====

COMPANY : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO :PAGE 1 OF 2 :  
 DESIGNER : FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES :DATE 2003 NOV 30 :  
 CLIENT : CAMPUS ACATLAN : :  
 PROJECT : PLATAFORMA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO). SIST. AGUA C/INCENDIO : :  
 JOB NO. : TESIS PROFESIONAL-VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO : :

=====

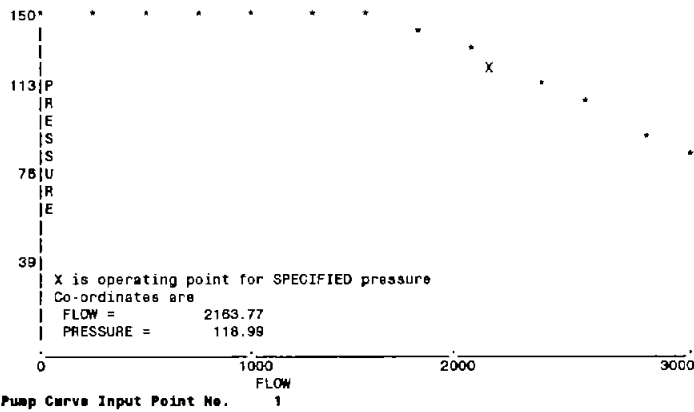
SPRINKLER/NOZZLE(N) POINTS : REFERENCE POINTS : INPUT POINTS : POINT : REQUIRED :  
 NO. :DISCHG. GPM : P.S.I. : NO. :DISCHG. GPM : P.S.I. : NO. :DEMAND GPM : P.S.I. : (FT) : (US GPM) : K-FACTOR :

NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DISCHG. GPM	P.S.I.	NO.	DEMAND GPM	P.S.I.	ELEVATION (FT)	REQUIRED DISCHARGE (US GPM)	K-FACTOR
			2		118.264				64.170		
			3		120.952				56.070		
			4		117.444				64.170		
			5		117.444				64.170		
			6		120.952				56.070		
			7		120.952				56.070		
			8		108.530				83.190		
			9		108.454				83.190		
			10		108.338				83.190		
			11		108.098				83.190		
			12		108.107				83.190		
			13		108.116				83.190		
			14		108.135				83.190		
			15		108.159				83.190		
			16		109.139				81.190		
			17		109.201				81.190		
			18		108.453				83.190		
			19		108.488				83.190		
			21		115.490				66.670		
			22		115.490				66.670		
			23		115.490				66.670		
			24		110.307				66.500		
			25		96.628				81.020		
			26		96.529				81.020		
			27		96.475				81.020		
			28		115.460				66.210		
			29		110.701				77.200		
			30		110.701				77.200		
			31		110.701				77.200		
			32		110.701				77.200		
			33		112.013				74.170		
			34		115.343				66.500		
			35		112.438				66.670		
N 36	129.33	108.785							66.670	105.00	12.400
N 37	265.24	110.788							66.670	218.00	25.200
			39		119.540				57.170		
			40		119.540				57.170		
			41		119.540				57.170		
			42		115.223				67.140		
			43		115.223				67.140		
			44		110.459				78.140		
			45		120.407				55.310		
			46		120.407				55.310		
			47		120.407				55.310		
			48		115.285				67.140		
			49		115.285				67.140		
			50		115.285				67.140		
			51		115.640				68.670		
			52		115.640				68.670		
			53		115.640				68.670		
			200		112.022				74.170		
			201		112.022				74.170		
			202		112.026				74.160		
			203		112.026				74.160		
			204		112.026				74.160		
			205		112.026				74.160		
			206		112.026				74.160		
			207		112.026				74.160		
			208		112.026				74.160		
			209		112.026				74.160		
			210		112.026				74.160		
			211		112.026				74.160		
			212		112.026				74.160		
			213		112.026				74.160		
			214		112.026				74.160		
			215		112.026				74.160		
			218		112.022				74.170		
			220		112.013				74.170		
			221		112.013				74.170		
			222		112.017				74.160		
			223		112.017				74.160		
			224		112.017				74.160		
			225		112.017				74.160		
			226		112.017				74.160		
			227		112.017				74.160		
			228		112.013				74.170		
			230		114.628				68.130		
			231		114.628				68.130		
			232		114.628				68.130		
			233		114.628				68.130		
			234		112.013				74.170		
			240		110.701				77.200		
			241		110.701				77.200		
			242		110.701				77.200		
			243		110.701				77.200		
			244		110.701				77.200		
			245		110.701				77.200		
			246		110.701				77.200		

3D







La gráfica anterior muestra el comportamiento de la bomba, graficando el flujo (GPM) contra la presión de descarga (psi).



### V.3 Interpretación de Resultados.

#### SIMULACIÓN DE OPERACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO (BALANCE HIDRAÚLICO POR COMPUTADORA)

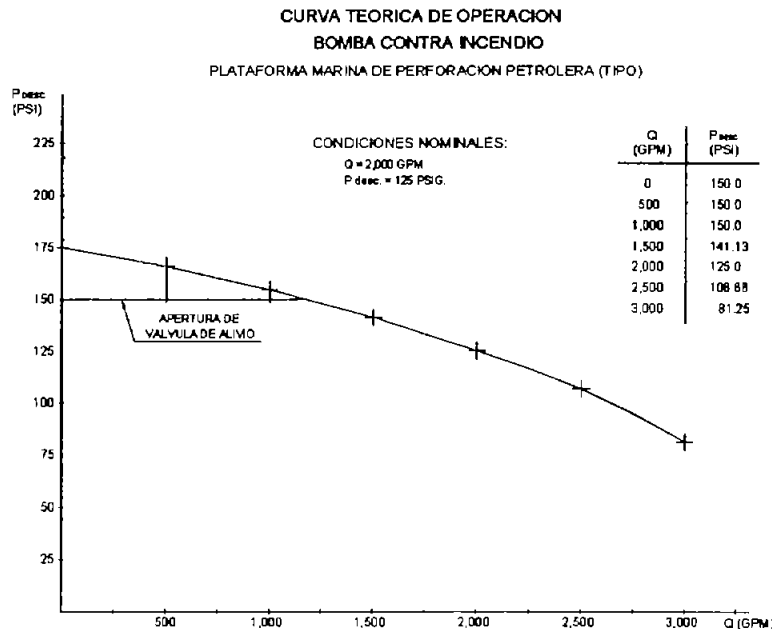
#### SISTEMA DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIO PLATAFORMA MARINA DE PERFORACIÓN PETROLERA (TIPO)

##### V.3.1 Consideraciones

- Para el desarrollo de la Simulación de la Operación del Sistema de Agua Contra Incendio y lograr el balance hidráulico, se utilizó el Programa de Computadora SPRINK-1000 registrado por Municipal Hydraulics Ltd., Versión 10.0 (1993).
- Para la elaboración de las corridas de computadora, se tomaron en cuenta las trayectorias de las tuberías mostradas en los isométricos para la red de agua contra incendio identificados como Isométricos No. 1, 2, 3 y 4 (incluidos en el anexo).
- El equipo de bombeo a considerar para el suministro de agua contra incendio a la red, es el calculado en la sección "Memoria de Cálculo (Cálculo Manual) Sistema de Bombeo y Red de Distribución de Agua Contra Incendio" desarrollado anteriormente en la Sección V.1. El equipo de bombeo calculado resultó tener las siguientes características nominales:

Q = 2,000 GPM  
P desc. = 125 psig

- Para realizar las corridas de simulación para el sistema de agua contra incendio, se consideró la curva teórica de operación Gasto- Presión de descarga de una bomba contra incendio, en la cual se muestra el comportamiento teórico de dicha bomba. Estos datos fueron alimentados al programa para verificar su comportamiento para las diferentes corridas de operación analizadas.
- La curva teórica de operación para estas bombas es la que se muestra a continuación.



- El ajuste de las válvulas de alivio que serán localizadas en los cabezales de descarga de las bombas para agua contra incendio será del 20% por arriba de la presión de descarga nominal, es decir serán calibradas para abrir a 150 psi.

- En cuanto al valor del coeficiente de Hazen-Williams "C" se darán los siguientes valores: para sistemas de "tubería húmeda" se considerará un valor de "C" de 120, en tanto que para todos los sistemas de rociadores con "tubería seca" se considerará un valor para este coeficiente de 100. Para el cálculo en cuestión el sistema siempre estará lleno, por lo que el valor para este coeficiente será de 120.
- Para los espesores de las tuberías de la red de agua contra incendio se aplicará la Especificación para Tuberías Clase M de Pemex, para el Proyecto de Modernización y Optimización del Campo Cantarell. En esta Especificación se indica que se usará para tuberías de ½" a 3" de diámetro, Cédula 80 y de 4" hasta 16" de diámetro se usará Cédula 40, mostrada en la Fig. IV.6 pág. 77.
- Para la protección del área de pozos se instalarán boquillas de 1 1/2" de diámetro, Marca Elkhart, Modelo NT-C, de Gran Capacidad, para proporcionar un flujo de 175 GPM operando a una presión de 100 psi o 139 GPM a 75psi. Estas boquillas son listadas U.L. y aprobadas F.M., con un factor K=16.989.
- Para la protección de equipos se instalarán boquillas rociadoras de 1" de diámetro, Marca Elkhart, Modelo NTL-C, para proporcionar un flujo de 40 GPM operando a una presión de 100 psi o 34 GPM a 75 psi, con un factor K=3.983.
- Los monitores que serán instalados contarán con boquillas que proporcionarán un flujo de 516 GPM a una presión de 100 psi. Esta boquilla podrá proporcionar 448 GPM operando a 75 psi (K=51.65).
- Los hidrantes contarán con dos conexiones para mangueras en tamaños de 1 ½" y 2 ½" de diámetro. Las conexiones de 1 ½" serán para mangueras que contarán con boquillas que proporcionarán 125 GPM operando a 100 psi ó 105 GPM operando a 75 psi (K=12.4). Las conexiones de 2 ½" serán para mangueras de 2 ½" que a su vez contarán con boquillas que proporcionarán 250 GPM operando a 100 psi ó 218 GPM a 75 psi (K=25.2).
- En esta Plataforma se hará la instalación de tres sistemas de inundación. Para cada uno de estos sistemas se hará el análisis hidráulico de comportamiento, en cuanto al suministro y distribución de agua contra incendio en cada sistema particular.

### **Sistema de inundación No. 1**

#### **CONSIDERACIONES:**

Este sistema comprenderá la operación del sistema de rociadores de la Zona de Pozos apoyado por la actuación simultánea de tres monitores (M-01, M-04 y M-06) y la operación de las dos bombas contra incendio instaladas. Estos rociadores serán alimentados por una válvula de inundación, la cual será operada automática o manualmente.

### **Sistema de inundación No. 2**

#### **CONSIDERACIONES:**

Este sistema comprenderá la operación de los sistemas de rociadores del área de Lanzadores de Diablos, Cabezal de Bombeo Neumático y Separador de Prueba, apoyados por la actuación simultánea de dos monitores (M-03 y M-06), y la operación de la bomba contra incendio accionada con motor eléctrico.

### **Sistema de inundación No. 3**

#### **CONSIDERACIONES:**

Este sistema comprenderá la operación de los sistemas de rociadores localizados en el Separador de Producción y en el Paquete de Regulación de Gas de Instrumentos/Gas de Arranque, apoyado por la actuación simultánea de una estación para mangueras (H-01) y con la operación de la bomba contra incendio accionada con motor eléctrico.

### V.3.2 Observaciones y comentarios

#### Sistema de inundación No. 1

De los datos obtenidos de esta corrida se puede observar lo siguiente:

- (1A) Las velocidades de los flujos en los cabezales de descarga de las bombas contra incendio, de 10"φ no rebasa los 8.0 pies/seg. (líneas 500, 501, 502 y 503) las cuales están dentro de los límites recomendados, ya que son menores a 15 pies/seg.
  - (1B) La velocidad del flujo en la línea de alimentación al sistema de rociadores de la Zona de Pozos (tubería de 8"φ, número 556) es de 14.711 pies/seg., la cual está por abajo del valor máximo establecido de 15 pies/seg. por lo que se considera aceptable.
  - (1C) En general los flujos en el anillo de rociadores de esta Zona de Pozos están dentro de los límites recomendados, alcanzando un valor máximo de 14.339 pies/seg. en la línea 601 de 6"φ manejando un flujo de 1,291.2 GPM. Dicha velocidad es menor de 20 pies/seg., por lo tanto es aceptable.
  - (1D) La bomba accionada con motor eléctrico proporciona un flujo de 1,963.09 GPM con una presión en la brida de descarga de 126.191 psi. La bomba accionada con motor de combustión interna proporciona un flujo de 1,945.45 GPM a una presión de descarga de 126.76 psi. Como puede observarse las bombas se encuentran operando prácticamente a su condición nominal de 2,000 GPM a 125 psi., por lo que su capacidad está determinada correctamente. Del Cálculo Manual desarrollado en la sección V.1, la demanda total del sistema resultó ser de 3,998 GPM. En este caso el flujo proporcionado por las dos bombas es de 3,908.54 GPM, que es prácticamente el mismo.
  - (1E) Los flujos proporcionados por los monitores M-01, M-04 y M-06 se encuentran en un rango de 537.31 a 539.54 GPM y un rango de presiones de 108.22 a 109.12 psi. Estas condiciones de operación se consideran aceptables para estos equipos.
  - (1F) El gasto proporcionado por las boquillas rociadoras está comprendido en un rango de 163.52 a 164.61 GPM y una presión de operación de 92.647 a 93.885 psi. Estas condiciones de operación se consideran aceptables.
- De los resultados obtenidos en esta corrida, se tiene que el flujo aplicado a la Zona de Pozos es de 2,293.89 GPM. De la Memoria de Cálculo del "Sistema de Bombeo y Red de Distribución de Agua Contra Incendio" (Cálculo Manual desarrollado en la sección V.1), se determinó que el área a cubrir para esta zona es de 2,543.75 pies<sup>2</sup>. De lo anterior, la densidad real de aplicación será de 0.90 GPM/pie<sup>2</sup>, la cual está por arriba de la mínima de diseño de 0.75 GPM/pie<sup>2</sup>, considerada originalmente, por lo cual la densidad aplicada a esta área es aceptable.
- De lo anterior se puede observar que las condiciones de operación de los sistemas de inundación en cuestión no presentan ningún problema, por lo que éstos **se consideran aceptables** en cuanto a su operación, flujos y diámetros calculados.

#### Sistema de inundación No. 2

- (2A) La velocidad del flujo en el cabezal de descarga de la bomba contra incendio, de 10"φ es de 8.799 pies/seg., (líneas 500 y 501) la cual está dentro de los límites recomendados, ya que es menor a 15 pies/seg.
- (2B) La velocidad máxima del flujo de agua contra incendio en este sistema es alcanzada en la línea de 2"φ que alimenta a los rociadores del Cabezal de Bombeo Neumático (línea 549) en la que se tiene un valor de 15.736 pies/seg., la cual está por abajo del valor máximo establecido de 20 pies/seg., por lo que se considera aceptable.
- (2C) Los flujos en los anillos de rociadores del Separador de Prueba están dentro de los límites recomendados, alcanzándose la velocidad máxima de 14.928 pies/seg. en el anillo de distribución inferior, línea 654 de 2 ½"φ. Esta velocidad es menor de 20 pies/seg., por lo que está dentro de los límites establecidos y se considera aceptable.
- (2D) La bomba accionada con motor eléctrico se encuentra funcionando a un 8.13% por arriba de su condición nominal de operación, proporcionando un flujo de 2,162.63 GPM con una presión en la brida de descarga de 119.03 psi.

- (2E) Para los Lanzadores de Diablos, el gasto proporcionado por las boquillas rociadoras está comprendido en un rango de 36.87 a 37.18 GPM y una presión de operación de entre 85.693 a 87.143 psi. Estas condiciones de operación se consideran también aceptables.
  - (2F) Para el Cabezal de Bombeo Neumático, las boquillas rociadoras proporcionan un gasto comprendido entre un rango de 35.99 a 36.58 GPM a una presión de operación de entre 81.667 y 84.338 psi. Estas condiciones de operación se consideran aceptables.
  - (2G) Para el Separador de Prueba, el gasto proporcionado por las boquillas rociadoras está comprendido en un rango de 37.50 a 38.65 GPM y una presión de operación de 88.664 a 94.154 psi. Estas condiciones de operación se consideran aceptables.
  - (2H) Los gastos proporcionado por los monitores están en un rango de 510.73 GPM a 526.57 GPM y una presión de operación de entre 97.777 psi a 103.936 psi. Esta condición de operación para estos equipos se considera aceptable.
- De los resultados obtenidos en esta corrida, se tiene que el flujo aplicado al Separador de Prueba es de 758.71 GPM. De la Memoria de Cálculo del "Sistema de Bombeo y Red de Distribución de Agua Contra Incendio" (Cálculo manual realizado en la sección V.1), se determinó que el área a cubrir para este equipo era de 642.17 pies<sup>2</sup>. De lo anterior, la densidad real de aplicación será de 1.181 GPM/pie<sup>2</sup>, la cual está por arriba de la mínima de diseño de 0.50 GPM/pie<sup>2</sup>, por lo cual la densidad aplicada a este equipo es aceptable.
  - Para el área de Lanzadores de Diablos se tiene la aplicación de 221.82 GPM. De la Memoria de Cálculo mencionada anteriormente el área a proteger para estos equipos es de 364.43 pies<sup>2</sup>, de lo cual la densidad real aplicada es de 0.608 GPM/pies<sup>2</sup> la cual es mayor a la mínima de diseño considerada originalmente de 0.50 GPM/pies<sup>2</sup>. Por lo anterior, la densidad aplicada es aceptable.
  - En cuanto al Cabezal de Bombeo Neumático se tiene la aplicación de 144.82 GPM. De la Memoria de Cálculo mencionada anteriormente el área a proteger para este equipo es de 101.5 pies<sup>2</sup>, de lo cual la densidad real aplicada es de 1.426 GPM/pies<sup>2</sup> la cual es mayor a la mínima de diseño de 0.50 GPM/pies<sup>2</sup>. Por lo anterior, la densidad aplicada en este caso también es aceptable.
  - De lo anterior se puede observar que las condiciones de operación del sistema en cuestión no presentan ningún problema, por lo que éste se considera aceptable en cuanto a su operación, flujos y diámetros calculados.

### Sistema de inundación No. 3

- (3A) La velocidad del flujo en el cabezal de descarga de la bomba contra incendio, de 10"φ es de 8.804 pies/seg., (líneas 500 y 501) la cual está dentro de los límites recomendados, ya que es menor de 15 pies/seg.
- (3B) En las conexiones para mangueras de 2 ½" y 1 ½"φ, se presentan altas velocidades del flujo, teniéndose para la conexión de 2 ½"φ (línea 559) que la velocidad es de 20.079 pies/seg. proporcionando un flujo de 265.24 GPM a una presión aproximada de 110.786 psi; para la conexión de 1 ½"φ (línea 558) se alcanza una velocidad de 23.481 pies/seg. con un flujo de 129.33 GPM a una presión aproximada de 108.785 psi. Estos tramos de tubería son de 4" de longitud y los diámetros están de acuerdo con lo establecido en las Normas de Seguridad de Pemex, por lo que se considera que no representan ningún problema.
- (3C) Los flujos en los anillos de rociadores del Separador de Producción están dentro de los límites recomendados, alcanzándose la velocidad máxima de 19.291 pies/seg. en el anillo de distribución inferior (línea 694 de 3"φ). Esta velocidad está dentro de los límites establecidos y se considera aceptable por ser menor de 20 pies/seg.
- (3D) La bomba accionada con motor eléctrico se encuentra funcionando a un 8.18% por arriba de su condición nominal de operación, proporcionando un flujo de 2,163.77 GPM con una presión en la brida de descarga de 118.99 psi.
- (3E) El gasto proporcionado por las boquillas rociadoras del Separador de Producción está comprendido en un rango de 37.61 a 39.81 GPM y una presión de operación de 89.185 a 99.906 psi. Estas condiciones de operación se consideran aceptables.

- **3F** El gasto proporcionado por las boquillas rociadoras del Paquete de Regulación está comprendido en un rango de 38.88 a 39.19 GPM y una presión de operación de 95.276 a 96.823 psi. Estas condiciones de operación se consideran aceptables.
- Para el del área del Paquete de Regulación de Gas de Instrumentos/Gas de Arranque se tiene la aplicación de 233.82 GPM. De la Memoria de Cálculo mencionada anteriormente el área a proteger para este equipo es de 204.84 pies<sup>2</sup>, de lo cual la densidad real aplicada es de 1.141 GPM/pies<sup>2</sup> la cual es mayor a la mínima de diseño de 0.50 GPM/pies<sup>2</sup>. Por lo anterior, la densidad aplicada es aceptable.
- De los resultados obtenidos en esta corrida, se tiene que el flujo aplicado al Separador de Producción es de 1,535.38 GPM. De la Memoria de Cálculo del "Sistema de Bombeo y Red de Distribución de Agua Contra Incendio" (Cálculo Manual desarrollado en la sección V.1), se determinó que el área a cubrir para este equipo era de 2,206.25 pies<sup>2</sup>. De lo anterior, la densidad real de aplicación será de 0.696 GPM/pie<sup>2</sup>, la cual está por arriba de la mínima de diseño de 0.50 GPM/pie<sup>2</sup>, por lo cual la densidad aplicada a este equipo es aceptable.
- De lo anterior se puede observar que las condiciones de operación del sistema en cuestión no presentan ningún problema, por lo que éste **se considera aceptable** en cuanto a su operación, flujos y diámetros calculados.

### V.3.3 Conclusiones.

De acuerdo a los balances hidráulicos elaborados en las corridas de computadora generadas para cada sistema de inundación, al analizar los cálculos realizados puede observarse que cualquier condición de fuego está cubierta en la Plataforma, con la actuación de los sistemas de rociadores automáticos instalados, colocados en el área particular, apoyados dichos sistemas con los equipos manuales mencionados; para todos los sistemas planteados en la condición de operación más desfavorable para cada sistema, se aplicará una densidad de agua contra incendio superior a la mínima requerida.

### V.4 Costo del sistema contra incendio a base de agua.

A continuación se hace un cálculo del costo total del sistema contra incendio a base de agua diseñado en los capítulos anteriores y que será instalado en esta plataforma, tomándose en cuenta el arreglo mostrado en los isométricos Nos. 1, 2, 3 y 4 (incluidos en el Anexo). En la siguiente tabla se muestra la descripción de cada material, la cantidad y unidad de cada uno de ellos, y por último su precio unitario; al final se calcula el costo total del sistema.

COSTOS DE MATERIALES DE RED DE AGUA CONTRA INCENDIO					
PART.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 12" de diámetro cédula 40, extremos biselados.	107	m.	527.78	56,472.46
2	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 10" de diámetro cédula 40, extremos biselados.	86	m.	439.81	37,823.66
3	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 8" de diámetro cédula 40, extremos biselados.	106	m.	351.85	37,296.10
4	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 6" de diámetro cédula 40, extremos biselados.	78	m.	263.89	20,583.42
5	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 4" de diámetro cédula 40, extremos biselados.	72	m.	175.93	12,666.96
6	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 3" de diámetro cédula 80, extremos roscados con cople.	101	m.	131.94	13,325.94
7	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 2 1/2" de diámetro cédula 80, extremos roscados con cople.	23	m.	109.95	2,528.85
8	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 2" de diámetro cédula 80, extremos roscados con cople.	61	m.	87.96	5,365.56

9	Tubería de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr.B de 1 1/2" de diámetro cédula 80, extremos roscados con cople.	3	m.	65.97	197.91
10	Codo de 90°, R.L. de 12" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados.	6	Pza.	1,573	9,438.00
11	Codo de 90°, R.L. de 10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados.	17	Pza.	1,310.83	22,284.11
12	Codo de 90°, R.L. de 8" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados.	20	Pza.	1,048.67	20,973.40
13	Codo de 90°, R.L. de 6" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados.	5	Pza.	786.50	3,932.50
14	Codo de 90°, R.L. de 4" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados.	20	Pza.	524.33	10,486.60
15	Codo de 90°, R.L. de 3" de diámetro, de 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105, extremos roscados.	15	Pza.	393.25	5,898.75
16	Codo de 90°, R.L. de 2 1/2" de diámetro, de 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105, extremos roscados.	4	Pza.	327.71	1,310.84
17	Codo de 90°, R.L. de 2" de diámetro, de 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105, extremos roscados.	10	Pza.	262.17	2,621.70
18	Codo de 45°, de 10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados.	2	Pza.	785.50	1,571.00
19	Codo de 45°, de 1 1/2" de diámetro, de 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105, extremos roscados.	2	Pza.	117.82	235.64
20	Te recta de 12" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	1	Pza.	1,657.00	1,657.00
21	Te recta de 10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados.	3	Pza.	1,380.83	4,142.49
22	Te recta de 8" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados.	1	Pza.	1,104.67	1,104.67
23	Te recta de 6" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados.	3	Pza.	828.50	2,485.50
24	Te recta de 4" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados.	2	Pza.	552.33	1,104.66
25	Te recta de 3" de diámetro, 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105 Gr. WPB, extremos roscados.	2	Pza.	414.25	828.50
26	Niple de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr. B, cédula 80 de 2 1/2" de diámetro x 4" de longitud (un extremo con rosca macho N.P.T.)	3	Pza.	3.17	9.51
27	Niple de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr. B, cédula 80 de 1 1/2" de diámetro x 4" de longitud (un extremo con rosca macho N.P.T.)	3	Pza.	1.90	5.70
28	Niple de acero al carbón sin costura ASTM-A106 Gr. B, cédula 80 de 3/4" de diámetro x 4" de longitud (un extremo con rosca macho N.P.T.)	6	Pza.	4.30	25.80
29	Te reducción de 12"x12"x10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	11	Pza.	2,525.50	27,780.50
30	Te reducción de 12"x12"x10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	4	Pza.	1,683.67	6,734.68
31	Te reducción de 12"x12"x10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	1	Pza.	1,262.75	1,262.75
32	Te reducción de 12"x12"x10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	2	Pza.	1,052.29	2,104.58
33	Te reducción de 12"x12"x10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	6	Pza.	841.83	5,050.98
34	Te reducción de 12"x12"x10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	1	Pza.	631.37	631.37
35	Te reducción de 12"x12"x10" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40 extremos biselados	1	Pza.	420.92	420.92
36	Reducción concéntrica de 12"x10" de diámetro de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	1	Pza.	1,510.75	1,510.75

37	Reducción concéntrica de 12"x10" de diámetro de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	3	Pza.	1,007.17	3,021.51
38	Reducción concéntrica de 12"x10" de diámetro de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	1	Pza.	906.45	906.45
39	Reducción concéntrica de 12"x10" de diámetro de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	4	Pza.	679.84	2,719.36
40	Reducción concéntrica de 12"x10" de diámetro de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	3	Pza.	453.23	1,359.69
41	Reducción concéntrica de 12"x10" de diámetro de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	2	Pza.	377.69	755.38
42	Cople reducción de 3"x2" de diámetro, de 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105, extremos roscados	4	Pza.	302.15	1,208.60
43	Tapón cachucha de 8" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	2	Pza.	49.33	98.66
44	Tapón cachucha de 4" de diámetro, de acero al carbón soldable ASTM-A234, Gr. WPB, cédula 40, extremos biselados	3	Pza.	24.66	73.98
45	Weldolet de 12"x4" de diámetro de acero al carbón forjado ASTM-A105, cédula 40	3	Pza.	14.79	44.37
46	Thredolet de 8"x3" de diámetro, 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105	1	Pza.	9.86	9.86
47	Thredolet de 6"x1 1/2" de diámetro, 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105	14	Pza.	7.39	103.46
48	Thredolet de 4"x3/4" de diámetro, 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105	3	Pza.	4.93	14.79
49	Thredolet de 3"x1" de diámetro, 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105	50	Pza.	3.69	184.50
50	Thredolet de 2 1/2"x1" de diámetro, 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105	10	Pza.	3.08	30.80
51	Thredolet de 2"x1" de diámetro, 3,000 psi, de acero al carbón forjado ASTM-A105	16	Pza.	2.46	39.36
52	Válvula de compuerta de 12" de diámetro, bridada 150 psi, ANSI C.R., cuerpo de acero al carbón fundido ASTM-A216, Gr. WCB, con interiores de monel, disco cuña flexible, asientos renovables, bonete bridado, volante fijo, vástago saliente.	6	Pza.	4,752	28,512.00
53	Válvula de compuerta de 10" de diámetro, bridada 150 psi, ANSI C.R., cuerpo de acero al carbón fundido ASTM-A216, Gr. WCB, con interiores de monel, disco cuña flexible, asientos renovables, bonete bridado, volante fijo, vástago saliente.	6	Pza.	3,960	23,760.00
54	Válvula de compuerta de 8" de diámetro, bridada 150 psi, ANSI C.R., cuerpo de acero al carbón fundido ASTM-A216, Gr. WCB, con interiores de monel, disco cuña flexible, asientos renovables, bonete bridado, volante fijo, vástago saliente.	2	Pza.	3,168	6,336.00
55	Válvula de compuerta de 6" de diámetro, bridada 150 psi, ANSI C.R., cuerpo de acero al carbón fundido ASTM-A216, Gr. WCB, con interiores de monel, disco cuña flexible, asientos renovables, bonete bridado, volante fijo, vástago saliente.	1	Pza.	2,376	2,376.00
56	Válvula de compuerta de 4" de diámetro, bridada 150 psi, ANSI C.R., cuerpo de acero al carbón fundido ASTM-A216, Gr. WCB, con interiores de monel, disco cuña flexible, asientos renovables, bonete bridado, volante fijo, vástago saliente.	6	Pza.	1,584	9,504.00
57	Válvula de no retorno de 10" de diámetro, extremos bridados ANSI 150 psi C.R., cuerpo de acero al carbón fundido ASTM-A216, Gr. WCB, con interiores de bronce, tipo columpio, operación horizontal.	4	Pza.	3,224	12,896.00
58	Brida de cuello soldable, ANSI 150 psi C.R. de 12" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, diámetro interior igual al diámetro interior de la tubería (bore=11.938")	20	Pza.	432	8,640.00

59	Brida de cuello soldable, ANSI 150 psi C.R. de 10" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, diámetro interior igual al diámetro interior de la tubería (bore=10.020")	41	Pza.	410	16,810.00
60	Brida de cuello soldable, ANSI 150 psi C.R. de 8" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, diámetro interior igual al diámetro interior de la tubería (bore=7.981")	19	Pza.	388	7,372.00
61	Brida de cuello soldable, ANSI 150 psi C.R. de 6" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, diámetro interior igual al diámetro interior de la tubería (bore=6.065")	24	Pza.	366	8,784.00
62	Brida de cuello soldable, ANSI 150 psi C.R. de 4" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, diámetro interior igual al diámetro interior de la tubería (bore=4.026")	8	Pza.	344	2,572.00
63	Brida roscada, ANSI 150 psi C.R. de 3" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, cédula 80.	12	Pza.	31.87	382.44
64	Brida roscada, ANSI 150 psi C.R. de 2 1/2" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, cédula 80.	4	Pza.	26.55	106.20
65	Brida roscada, ANSI 150 psi C.R. de 2" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105, cédula 80.	4	Pza.	21.24	84.96
66	Brida ciega, ANSI 150 psi C.R. de 10" de diámetro, de acero al carbón forjado ASTM-A105.	9	Pza.	2,653.33	23,879.97
67	Empaque para 12" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	16	Pza.	48.22	771.52
68	Empaque para 10" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	38	Pza.	40.18	1,526.84
69	Empaque para 8" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	16	Pza.	32.15	514.40
70	Empaque para 6" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	16	Pza.	24.11	385.76
71	Empaque para 4" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	13	Pza.	16.07	208.91
72	Empaque para 3" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	6	Pza.	12.05	72.30
73	Empaque para 2 1/2" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	2	Pza.	10.05	20.10
74	Empaque para 2" de diámetro, 150 psi, C.R. de 1/8" de espesor, tipo devanado en espiral, libre de asbesto, con devanado de acero inoxidable AISI 316L, espaciador sin asbesto.	2	Pza.	8.03	16.06
75	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 12" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	192	Pza.	12.32	2,365.44
76	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 10" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	456	Pza.	10.27	4,683.12
77	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 8" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	128	Pza.	8.24	1,054.72



78	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 6" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	128	Pza.	6.16	788.48
79	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 4" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	96	Pza.	4.11	394.56
80	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 3" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	32	Pza.	3.08	98.56
81	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 2 1/2" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	8	Pza.	2.57	20.56
82	Espárrago de acero de aleación ASTM-A193, Gr. B7, con dos tuercas hexagonales ASTM-A194, Gr. 2H, ajuste clase 2, de 7/8" de diámetro x 4 3/4" de longitud, para 2" de diámetro, 1,500 psi, todos con recubrimiento de fluorocarbono.	8	Pza.	2.05	16.40
83	Válvula de compuerta para hidrante de 2 1/2" de diámetro, clase 200 AGA (WOG) roscada, cuerpo e interiores de bronce ASTM-B62, con extremos roscados macho y hembra, rosca hembra N.P.T., Rosca macho de 7 1/2 hilos/pulgada, con volante de acero, tapa y cadena.	3	Pza.	525	1,575.00
84	Válvula de compuerta para hidrante de 2 1/2" de diámetro, clase 200 AGA (WOG) roscada, cuerpo e interiores de bronce ASTM-B62, con extremos roscados macho y hembra, rosca hembra N.P.T., Rosca macho de 7 1/2 hilos/pulgada, con volante de acero, tapa y cadena.	3	Pza.	315	945.00
85	Válvula de compuerta de 3/4" de diámetro, clase 300 psi AGA (WOG) roscada, cuerpo e interiores de bronce ASTM-B62, con extremos roscados	3	Pza.	225.00	675.00
86	Boquilla rociadora del tipo cono lleno, con ángulo de aspersión de 125°, para proporcionar un flujo de 164.3 GPM a 100 psi, con conexión macho N.P.T. de 1" de diámetro, material de construcción bronce.	14	Pza.	315.50	4,417.00
87	Boquilla rociadora del tipo cono lleno, con ángulo de aspersión de 125°, para proporcionar un flujo de 40.8 GPM a 100 psi, con conexión macho N.P.T. de 1/2" de diámetro, material de construcción bronce.	76	Pza.	157.75	11,989.00
88	Monitor para instalación fija en servicio de agua contra incendio, con brida de 4" de diámetro en la base, 150 psi, C.R., mecanismo de giro horizontal de 360°, con candado de fijación, conductor de agua bifurcado, con un sistema de ajuste vertical por cremallera y volante con manivela; construido en bronce o acero inoxidable, con boquilla regulable chorro directo/cortina/niebla, para proporcionar 500GPM.	6	Pza.	2,384	14,304.00
89	Filtro tipo "Y" de 8" de diámetro, bridado 150 psi C.R., cuerpo de acero al carbón ASTM-A216 Gr. WCB. El cedazo del filtro será de acero inoxidable de 316, con perforaciones de 1/4" de diámetro.	2	Pza.	1,758	3,516.00
90	Filtro tipo "Y" de 6" de diámetro, bridado 150 psi C.R., cuerpo de acero al carbón ASTM-A216 Gr. WCB. El cedazo del filtro será de acero inoxidable de 316, con perforaciones de 1/4" de diámetro.	1	Pza.	1,318.50	1,318.50
91	Válvula de inundación de 8" de diámetro, bridada 150 psi C.R., cuerpo de acero al carbón ASTM-A216 Gr. WCB, interior de bronce ASTM-B61, disco y diafragma Buna-N, tipo ángulo, para operación por medio de detección de señal neumática, suministrada completa en paquete con los siguientes accesorios: interrupto de presión, válvulas menores de no retorno, y compuerta, filtro, indicador de presión, orificio de restricción, tapón de inspección.	2	Pza.	3,875.90	7,751.80

92	Válvula de inundación de 6" de diámetro, bridada 150 psi C.R., cuerpo de acero al carbón ASTM-A216 Gr. WCB, interior de bronce ASTM-B61, disco y diafragma Buna-N, tipo ángulo, para operación por medio de detección de señal neumática, suministrada completa en paquete con los siguientes accesorios: interrupto de presión, válvulas menores de no retorno, y compuerta, filtro, indicador de presión, orificio de restricción, tapón de inspección.	1	Pza.	2,906.92	2,906.92
93	Te reducción de 8"x8"x4" de diámetro de acero al carbón soldable ASTM-A234 Gr. WPB, cédula 40.	1	Pza.	1,683.67	1,683.67
94	Tuerca unión roscada de 2" de diámetro de acero al carbón forjado ASTM-A105, 3,000 psi, asientos integrales de acero.	4	Pza.	120.15	480.60
<b>SISTEMA DE DETECTORES DE CALOR</b>					
95	Tubería Tubing de 1/2" de diámetro, con espesor de pared de 0.065", de acero inoxidable ASTM-A269 sin costura.	296	m.	26.75	7,918.00
96	Codo de 90° de 1/2" de diámetro, de acero inoxidable, extremos roscados mcho N.P.T., con tuercas para unión a Tubing marca Swagelok, parte No. SS-810-9, catálogo No.-C-486-F o similar	125	Pza.	65.54	8,192.50
97	Te unión recta de 1/2" de diámetro, de acero inoxidable, extremos roscados macho N:P:T., con tuercas para conexión a Tubing, marca Swagelok, parte No. SS-810-3, catálogo No-C-486-F o similar	99	Pza.	69.00	6,831.00
98	Unión recta de 1/2" de diámetro, de acero inoxidable, extremos roscados macho N:P:T., con tuercas para conexión a Tubing, marca Swagelok, parte No. SS-810-6, catálogo No-C-486-F o similar	3	Pza.	38.45	115.35
99	Conector macho de 1/2" de diámetro, de acero inoxidable, con tuerca para conexión a Tubing marca Swagelok, parte No. SS810-1-8, catálogo No. C-486-F o similar.	89	Pza.	11.37	1,011.93
100	Detector de calor (piloto) de 1/2" de diámetro, roscado hembra de 1/2" de diámetro N.P.T., de acero inoxidable para 160°F, marca Swagelok-Cajón, parte No. SS-8-FSP-160, boletín 1-80 o similar.	89	Pza.	225.15	20,038.35
101	Válvula macho de 1/2" de diámetro, 3,000 psi, extremos roscados, apertura rápida de 1/4 de vuelta, de acero inoxidable 316, con tuercas para conexión a Tubing, marca Swagelok, modelo SS-8-P6T, catálogo No- N-791 o similar.	3	Pza.	24.00	72.00
102	Válvula de no retorno de 1/2" de diámetro, 3,000 psi, extremos roscados, de acero inoxidable 316, con dos tuercas para conexión a Tubing, marca Swagelok, modelo SS-8C-1 o similar.	3	Pza.	161.20	483.60
103	Orificio de restricción de 3/8" de diámetro, rosc., macho N.P.T., de acero inoxidable, marca CLA-VAL, modelo X58C o similar.	3	Pza.	48.95	146.85
104	Conector hembra de 1/2"x3/8" de diámetro, de acero inoxidable T-316, para conectar de tubing de 1/2" de diámetro a rosca macho N.P.T. de 3/8" de diámetro marca Swagelok, modelo SS-810-7-60 o similar.	6	Pza.	65.70	394.20
<b>SISTEMA DE BOMBEO</b>					
105	Bomba contra incendio tipo turbina vertical para manejo de agua mar, capacidad de 2000 GPM a 125 psi accionada con motor eléctrico, material en níquel resistente.	1	Pza.	5'650,000.0	5'650,000.0
106	Bomba contra incendio tipo turbina vertical para manejo de agua mar, capacidad de 2000 GPM a 125 psi accionada con motor de combustión interna, material en níquel resistente..	1	Pza.	5'650,000.0	5'650,000.0
107	Bomba Jockey tipo turbina vertical para manejo de agua mar, con capacidad de 50 GPM a 125 psi accionada con motor eléctrico material en níquel resistente.	1	Pza.	847,500.00	847,500.00
<b>Costo Total del Sistema de Extinción de Fuego a Base de Agua</b>				<b>\$ 12'742,344.10</b>	

Los precios proporcionados en la tabla anterior fueron obtenidos en enero del 2004, y están dados en pesos mexicanos. Estos precios no incluyen el costo de instalación ni el costo de transportación.

## CONCLUSIONES

El petróleo se forma bajo la superficie terrestre por la descomposición de organismos marinos. Los restos de animales minúsculos que viven en el mar y, en menor medida, los de organismos terrestres arrastrados al mar por los ríos o los de plantas que crecen en los fondos marinos, se mezclan con las finas arenas y limos que caen al fondo en las cuencas marinas tranquilas. Estos depósitos, ricos en materiales orgánicos, se convierten en rocas generadoras de crudo. El proceso comenzó hace muchos millones de años, cuando surgieron los organismos vivos en grandes cantidades, y continúa hasta el presente. Los sedimentos se van haciendo más espesos y se hunden en el suelo marino bajo su propio peso. A medida que se van acumulando depósitos adicionales, la presión sobre los situados más abajo se multiplica por varios miles, y la temperatura aumenta en varios cientos de grados. El cieno y la arena se endurecen y se convierten en esquistos y arenisca; los carbonatos precipitados y los restos de caparazones se convierten en caliza, y los tejidos blandos de los organismos muertos se transforman en petróleo y gas natural.

Una vez formado el petróleo, éste fluye hacia arriba a través de la corteza terrestre porque su densidad es menor que la de las salmueras que saturan los intersticios de los esquistos, arenas y rocas de carbonato que constituyen dicha corteza. El petróleo y el gas natural ascienden a través de los poros microscópicos de los sedimentos situados por encima. Con frecuencia acaban encontrando un esquistos impermeable o una capa de roca densa: el petróleo queda atrapado, formando un depósito. Sin embargo, una parte significativa del petróleo no se topa con rocas impermeables, sino que brota en la superficie terrestre o en el fondo del océano. Entre los depósitos superficiales también figuran los lagos bituminosos y las filtraciones de gas natural.

Los seres humanos conocen estos depósitos superficiales de petróleo crudo desde hace miles de años. Durante mucho tiempo se emplearon para fines limitados, como el calafateado de barcos, la impermeabilización de tejidos o la fabricación de antorchas. En la época del renacimiento, el petróleo de algunos depósitos superficiales se destilaba para obtener lubricantes y productos medicinales, pero la auténtica explotación del petróleo no comenzó hasta el siglo XIX.

Los recursos minerales de la República Mexicana son extremadamente ricos y variados. Se encuentran casi todos los minerales conocidos, destacando la plata, además del carbón, hierro, oro, cobre, plomo, azufre, mercurio y zinc. Las reservas de petróleo y gas natural son abundantes, con algunos de los depósitos más grandes del mundo localizados cerca de la bahía de Campeche. En 1995, el estado mexicano de Chiapas produjo 19,8 millones de barriles de petróleo crudo y 202,6 millones de pies cúbicos de gas natural, que se extrajeron de los 117 pozos que existían en ese tiempo.

El petróleo se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre y se emplea como combustible y materia prima para la industria química. Las sociedades industriales modernas lo utilizan sobre todo para lograr un grado de movilidad por tierra, mar y aire impensable hace sólo 100 años. Además, el petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas y textiles, y para generar electricidad.

En la actualidad, la mayoría de los países dependen del petróleo y sus productos; la estructura física y la forma de vida de las aglomeraciones periféricas que rodean las grandes ciudades son posibles gracias a un suministro de petróleo relativamente abundante y barato. Sin embargo, en los últimos años ha descendido la disponibilidad mundial de esta materia, y su costo relativo ha aumentado.

Para la extracción del petróleo se utilizan varios métodos, pero uno de los más importantes es mediante la construcción y el empleo de equipos de perforación sobre el mar. Estos equipos de perforación se instalan, manejan y mantienen en una plataforma situada lejos de la costa, en aguas de una profundidad de hasta varios cientos de metros. La plataforma puede ser flotante o descansar sobre pilotes anclados en el fondo marino y debe resistir el oleaje, el viento y los hielos en las regiones árticas. Estas estructuras se denominan plataformas marinas.

Las plataformas marinas son estructuras que sirven de apoyo para la exploración y explotación de los recursos petroleros en el mar, son instalaciones que requieren de grandes inversiones para su fabricación, transportación y puesta en operación. Una forma de proteger estos complejos, es instalando un eficaz sistema de detección y extinción de fuego, dicho sistema es importante para salvaguardar la vida de los trabajadores que se encuentran laborando en ella y para mantener la seguridad en la misma.

En los últimos tiempos el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la industria petrolera han tenido una evolución muy importante, esto debido a la gran demanda de hidrocarburos que existe en la actualidad; uno de los objetivos más importantes de esa evolución es alargar la vida útil de las plataformas marinas para ampliar los tiempos de explotación.

La vida útil de una plataforma marina se puede ver afectada por varios factores, estos pueden ser ambientales o accidentales, entre ellos un incendio. A pesar de que todos los procesos y operaciones que se llevan a cabo en estas instalaciones están elaborados para prevenir la posible ignición de hidrocarburos, un incendio en una plataforma marina se considera como un evento de alto riesgo debido a los materiales que se manejan y por esa razón siempre debe considerarse la posibilidad de que suceda tal evento. La aplicación de nueva tecnología para la protección contra incendios normalmente resulta con un alto costo, por lo que frecuentemente se toman decisiones equivocadas de utilizar una protección parcial o mínima en lugar de proteger una instalación dada en forma total. Esta decisión debe considerar su costo con relación a las posibles pérdidas materiales por un incendio y las pérdidas humanas, que son invaluable.

A través del tiempo se ha comprobado que en la mayoría de los casos, la causa de los incendios se debe a pequeños incidentes aparentemente sin importancia. Estos incidentes no son reportados de inmediato, ni se procede a combatirlos con la urgencia necesaria; por lo cual el incendio puede llegar a propagarse y convertirse en un suceso catastrófico. El uso del fuego a través del desarrollo de la humanidad se puede dividir en cuatro etapas. Primero fue la observación de las fuentes naturales del fuego, como los volcanes o los árboles ardiendo por la acción de los rayos. En una segunda etapa el hombre conseguía el fuego de sus fuentes naturales y lo empleaba para calentarse, como iluminación y como protección frente a los depredadores. Más tarde aprendió a hacer fuego cada vez que lo necesitaba y finalmente llegó a controlarlo para usos como la fundición de metales, cocción de cerámica y otras muchas aplicaciones que supusieron nuevos avances y tecnologías para hacer la vida más confortable.

Se pueden obtener muchos beneficios de una combustión mientras se tenga el control sobre la misma, pero en el momento en que se sale del control humano, se convierte en un suceso que puede atentar contra vidas humanas, es por ello que siempre en toda estructura o instalación que se encuentre normalmente tripulada o habitada se debe de contemplar un eficaz sistema contra incendio. La protección contra incendios es un factor esencial en cualquier tipo de estructura, ya sean fábricas, edificios, laboratorios, refinerías, plantas petroquímicas, plataformas marinas, etc. Si no se contara con esta protección sin duda se perderían continuamente grandes bienes materiales, pero lo más importante es que se pondrían en juego un sinnúmero de vidas humanas, por esta razón es muy importante que todas las estructuras y edificaciones cuenten con un eficaz sistema de protección contra incendio.

---

Un factor de primordial importancia es que las operaciones que se realizan en las plataformas marinas sean conducidas de tal forma que suministren un adecuado nivel de protección y de seguridad al personal e instalaciones, además de tratar de evitar al máximo cualquier contaminación al medio ambiente, por lo que el principal propósito de los sistemas de protección contra incendios es detectar e identificar rápidamente una situación de fuego desde su inicio incipiente, advertir a todo el personal ubicado en las plataformas y controlar el problema antes de que se presente como un riesgo significativo, tanto para el personal como para las instalaciones mencionadas.

Para evitar que un incendio en una plataforma marina tenga causas catastróficas, es necesaria la instalación de un adecuado sistema de extinción de fuego. Los objetivos principales de este sistema de extinción son:

1. Proteger la vida del personal que tripula la plataforma.
2. Evitar daños a la estructura y a los equipos instalados en las cubiertas, para que la plataforma pueda seguir proporcionando el servicio para el cual se diseñó.
3. Evitar en lo posible la contaminación del medio ambiente que rodea la plataforma al momento del incendio.

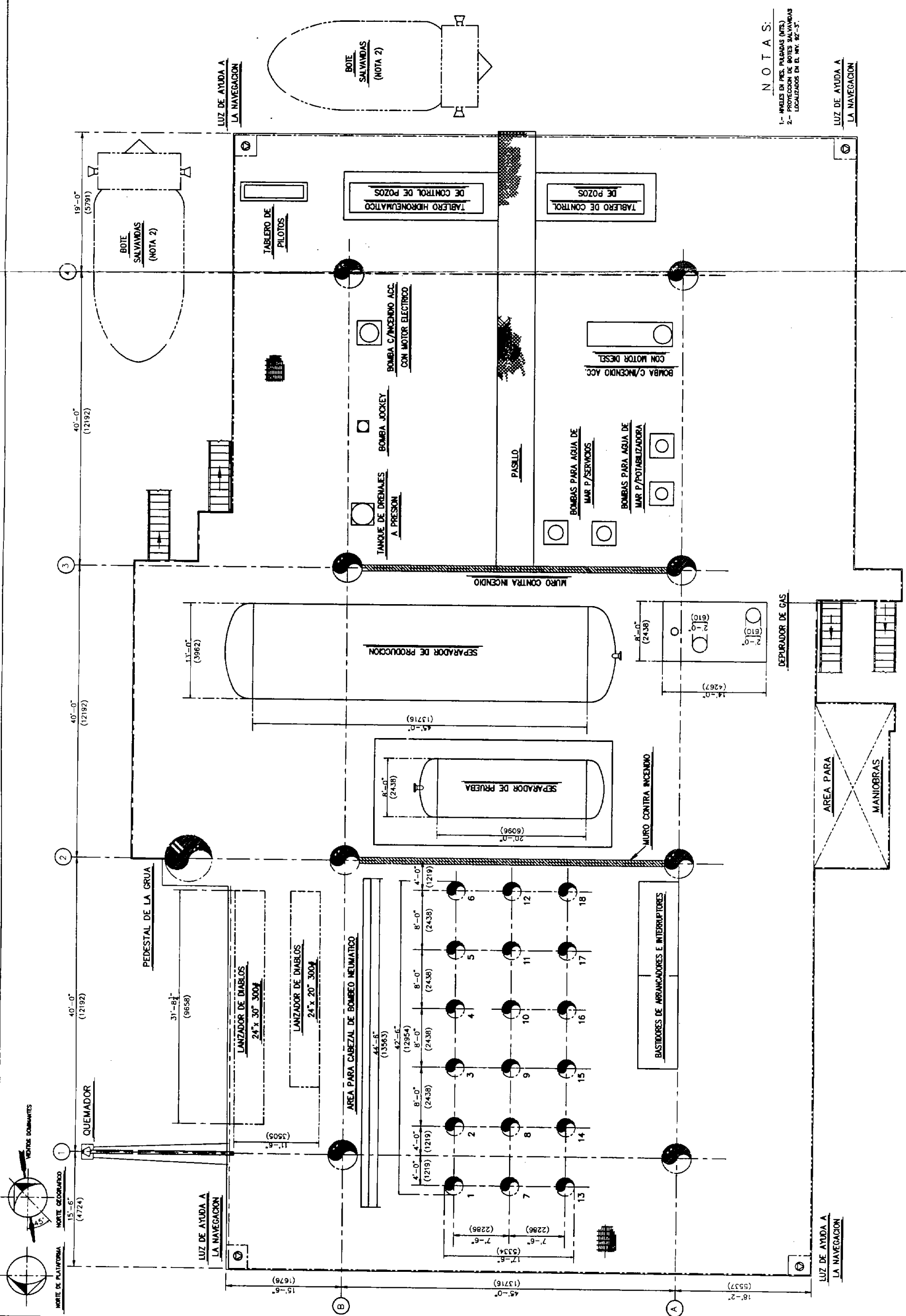
La protección contra incendio no incluye solamente la instalación del sistema de extinción de fuego, sino que también se deben hacer constantes revisiones y pruebas para verificar que el sistema funcione adecuadamente. Con esto se garantizará que el sistema funcionará correctamente en el momento en que se requiera.

Debido a estos motivos es indispensable que siempre dentro de la inversión total, ya este considerado un porcentaje para la protección contra incendios.

---

**ANEXO**

- Plano No. 1 Arreglo general de equipo. Planta N.T.E. 62'-8" (19.101)
  
- Diagrama No. 1 "Flujos del sistema de bombeo, red de distribución y sistemas de rociadores de agua contra incendio".
  
- Diagrama No. 2 "Sistema de bombeo, red de distribución y sistema de rociadores de agua contra incendio".
  
- Isométrico No. 1 "Sistema de bombeo y red de distribución".
  
- Isométrico No. 2 "Red de distribución Sistema de inundación No. 1".
  
- Isométrico No. 3 "Red de distribución Sistema de inundación No. 2".
  
- Isométrico No. 4 "Red de distribución Sistema de inundación No. 3".



NOTAS:  
 1- ANGLES EN PRES. PLUMADAS (MTR.)  
 2- PROTECCION DE BOTES SALVAVIDAS LOCALIZADOS EN EL INT. 82-3.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN

PLATAFORMA MARINA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO)  
 ARREGLO GENERAL DE EQUIPO  
 PLANTA N.T.E. 62-8 (19.101)

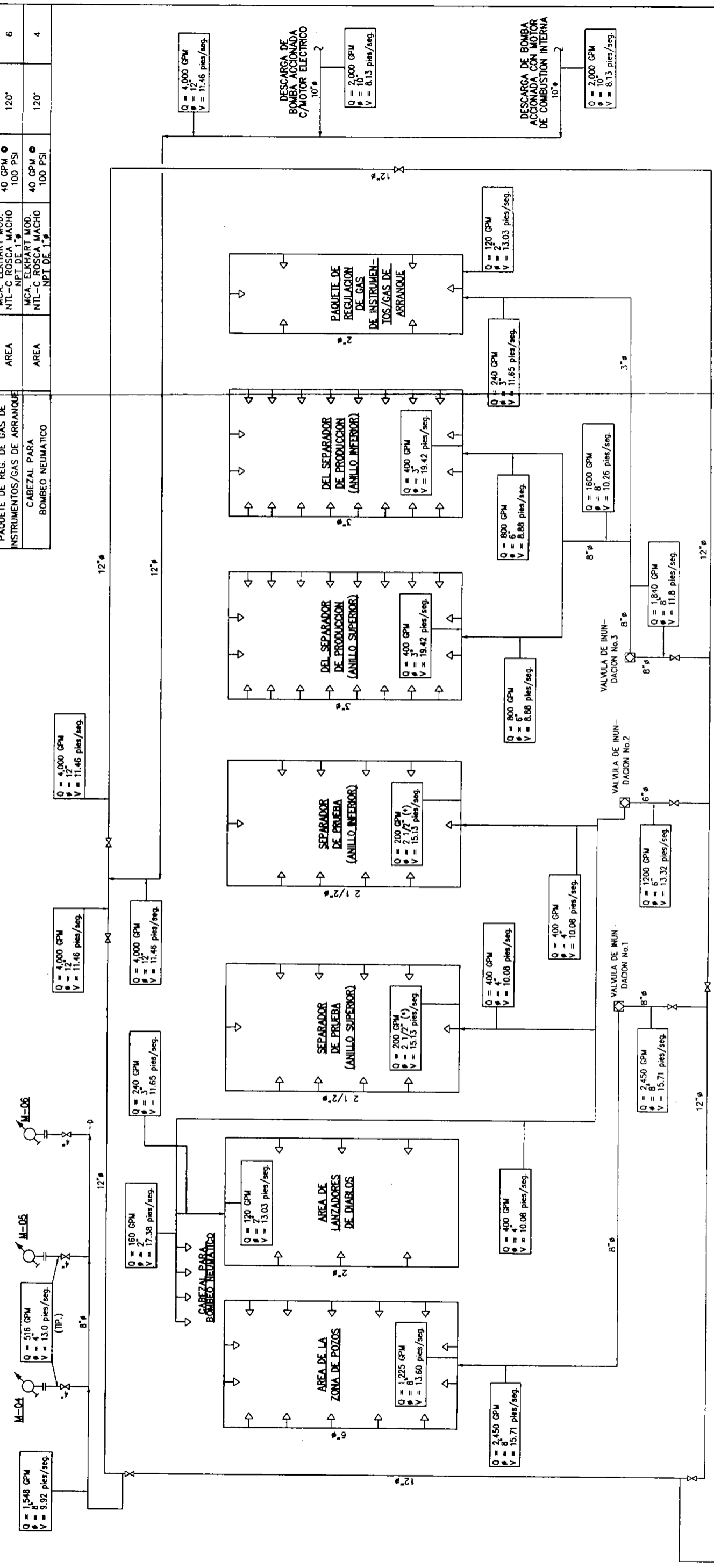
TESIS PROFESIONAL  
 VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO

PLANO No. 1

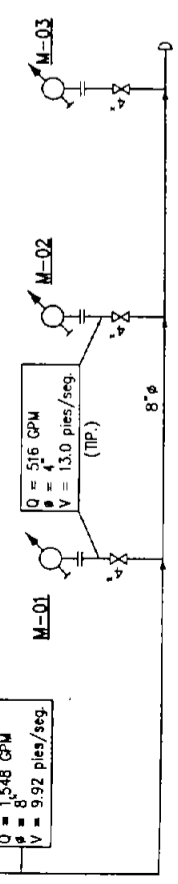
# TABLA DE BOQUILLAS PARA EL SISTEMA DE ASPERSION

PROTECCION A	TIPO DE PROTECCION	TIPO DE BOQUILLA	CAPACIDAD DE BOQUILLA	ANGULO DE DESCARGA	CANTIDAD
ZONA DE POZOS	AREA	MCA. ELKHART MOD. NTL-C ROSCA MACHO NPT DE 1 1/2"	175 GPM @ 100 PSI	120°	14
LANZADORES DE DIABLOS	AREA	MCA. ELKHART MOD. NTL-C ROSCA MACHO NPT DE 1"	40 GPM @ 100 PSI	120°	6
SEPARADOR DE PRUEBA	AREA	MCA. ELKHART MOD. NTL-C ROSCA MACHO NPT DE 1"	40 GPM @ 100 PSI	120°	20
SEPARADOR DE PRODUCCION	AREA	MCA. ELKHART MOD. NTL-C ROSCA MACHO NPT DE 1"	40 GPM @ 100 PSI	120°	40
PAQUETE DE REG. DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE ARRANQUE	AREA	MCA. ELKHART MOD. NTL-C ROSCA MACHO NPT DE 1"	40 GPM @ 100 PSI	120°	6
CABEZAL PARA BOMBEO NEUMATICO	AREA	MCA. ELKHART MOD. NTL-C ROSCA MACHO NPT DE 1"	40 GPM @ 100 PSI	120°	4

MONITORES PARA AGUA CONTRA INCENDIO LOCALIZADOS EN EL AREA DE LA ZONA DE POZOS



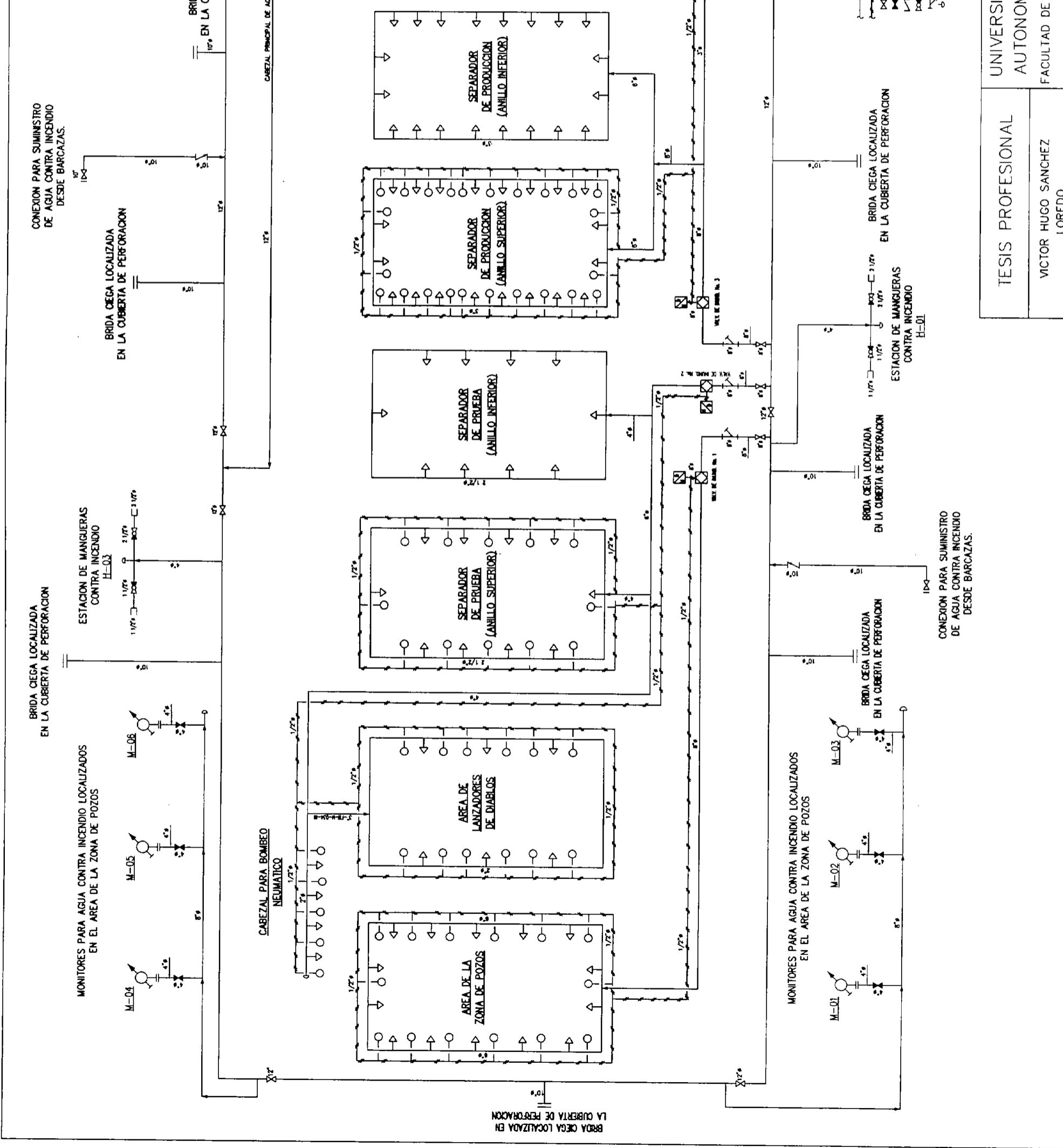
MONITORES PARA AGUA CONTRA INCENDIO LOCALIZADOS EN EL AREA DE LA ZONA DE POZOS





**TABLA DE BOQUILLAS PARA EL SISTEMA DE ASPERSION**

PROTECCION A	TIPO DE PROTECCION	TIPO DE BOQUILLA	CAPACIDAD DE BOQUILLA	ANGULO DE DESCARGA	CANTIDAD	DEPICTORES (PILOTOS)
ZONA DE POZOS	AREA	MCA. ELIUMART 1000 NPT DE 1" ROSCA MACHO	175 GPM @ 100 PSI	120°	14	14
LANZADORES DE CABLES	AREA	MCA. ELIUMART 1000 NPT DE 1" ROSCA MACHO	40 GPM @ 100 PSI	120°	6	12
SEPARADOR DE PRUEBA	AREA	MCA. ELIUMART 1000 NPT DE 1" ROSCA MACHO	40 GPM @ 100 PSI	120°	20	12
SEPARADOR DE PRODUCCION	AREA	MCA. ELIUMART 1000 NPT DE 1" ROSCA MACHO	40 GPM @ 100 PSI	120°	40	24
PAQUETE DE REG. DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS DE ARRANQUE	AREA	MCA. ELIUMART 1000 NPT DE 1" ROSCA MACHO	40 GPM @ 100 PSI	120°	6	8
CABEZAL PARA BOMBEO NEUMATICO	AREA	MCA. ELIUMART 1000 NPT DE 1" ROSCA MACHO	40 GPM @ 100 PSI	120°	4	4

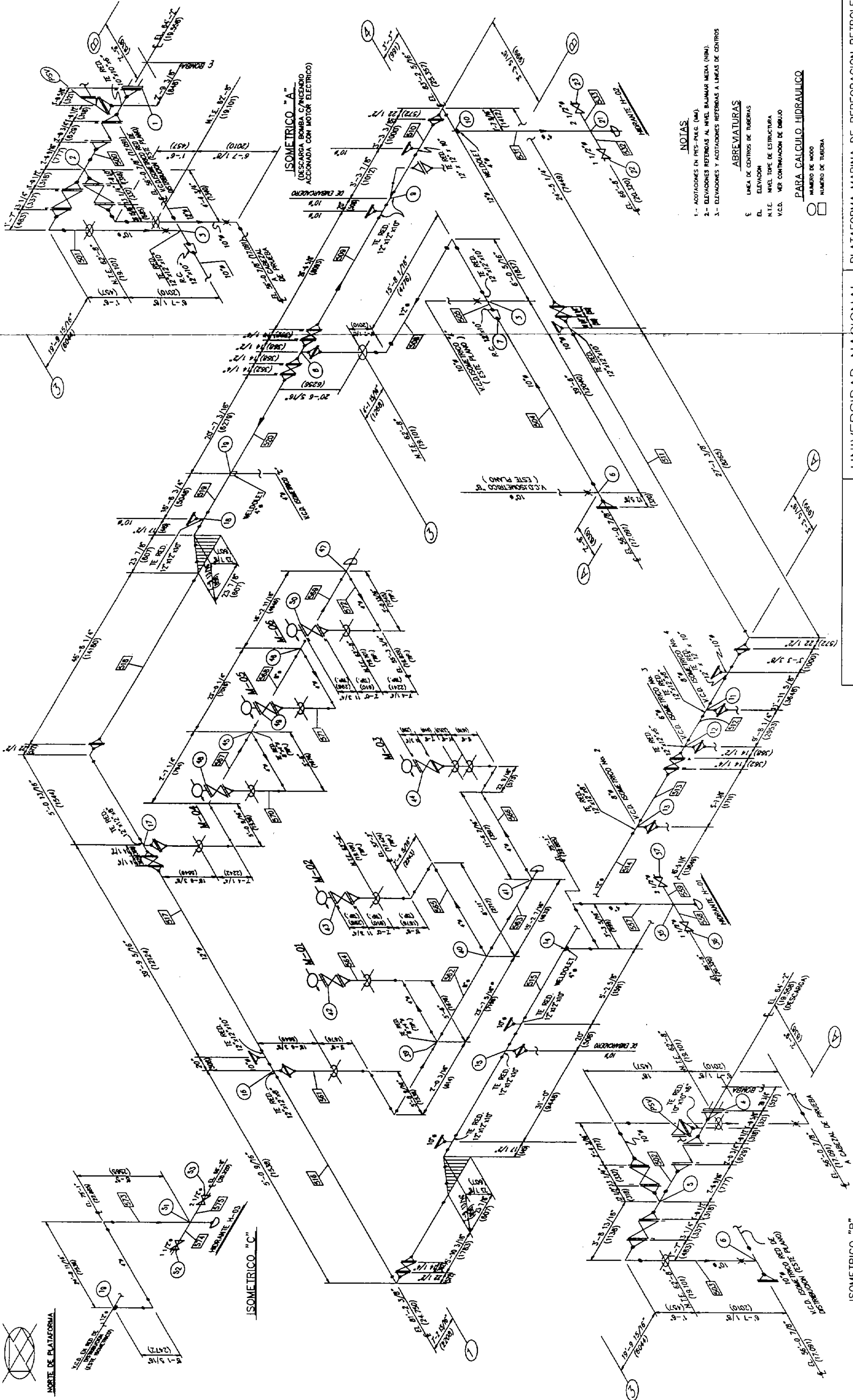


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN

TESIS PROFESIONAL  
 VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO

PLATAFORMA MARINA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO)  
 DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO  
 SISTEMA DE BOMBEO, RED DE DISTRIBUCION Y SISTEMAS DE ROCIADORES DE AGUA CONTRA INCENDIO

ESCALA: SIN ACOT. SIN  
 DIAGRAMA No. 2



**NOTAS**

- 1.- ADOTACIONES EN PRES-PULG. (MM).
  - 2.- ELEVACIONES REFERIDAS AL NIVEL BAJAMAR MEDIA (NBM).
  - 3.- ELEVACIONES Y ADOTACIONES REFERIDAS A LINEAS DE CENTROS
- ABREVIATURAS**
- E LINEA DE CENTROS DE TUBERIAS
  - EL ELEVACION
  - N.T.E. NIVEL TIPO DE ESTRUCTURA
  - V.C.D. VER CONTINUACION DE DIBUJO
- PARA CALCULO HIDRAULICO**
- NUMERO DE MODO
  - NUMERO DE TUBERIA

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b> FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN	<b>PLATAFORMA MARINA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO)</b> SISTEMA DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCION TUBERIAS AGUA CONTRA INCENDIO	<b>ISOMETRICO No. 1</b>
<b>TESIS PROFESIONAL</b>  VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO	<b>RED DE DISTRIBUCION</b>	ESCALA: 5/8" ACOT. PRES-PULG. (MM)

**ISOMETRICO "B"**  
(DESCARGA BOMBA C/INCENDIO ACCIONADA CON MOTOR DE COMB. INTERNA)

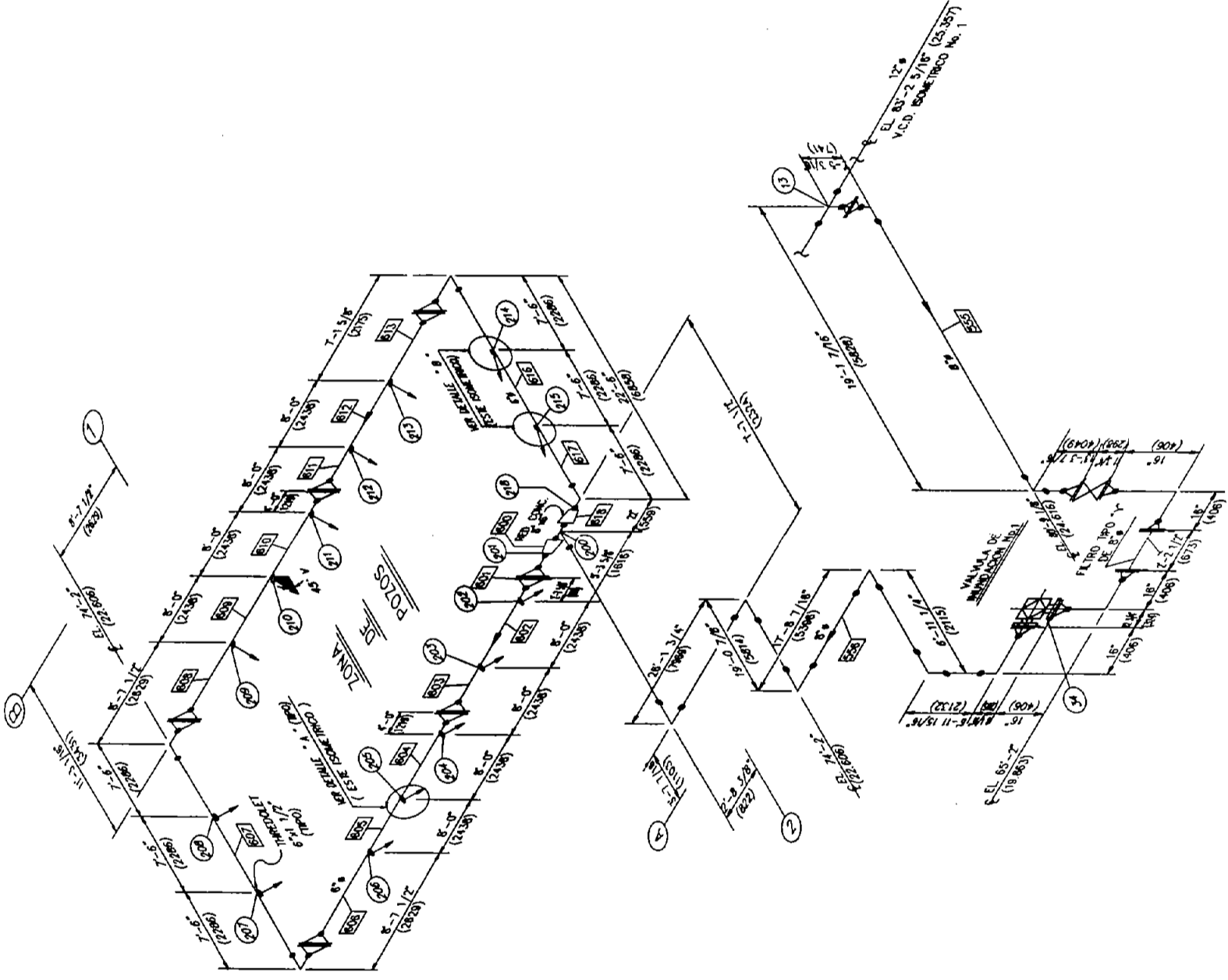
**ISOMETRICO "C"**  
MOTOR H-03

**ISOMETRICO "A"**  
(DESCARGA BOMBA C/INCENDIO ACCIONADA CON MOTOR ELECTRICO)





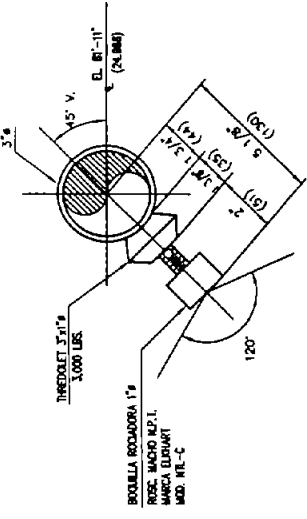
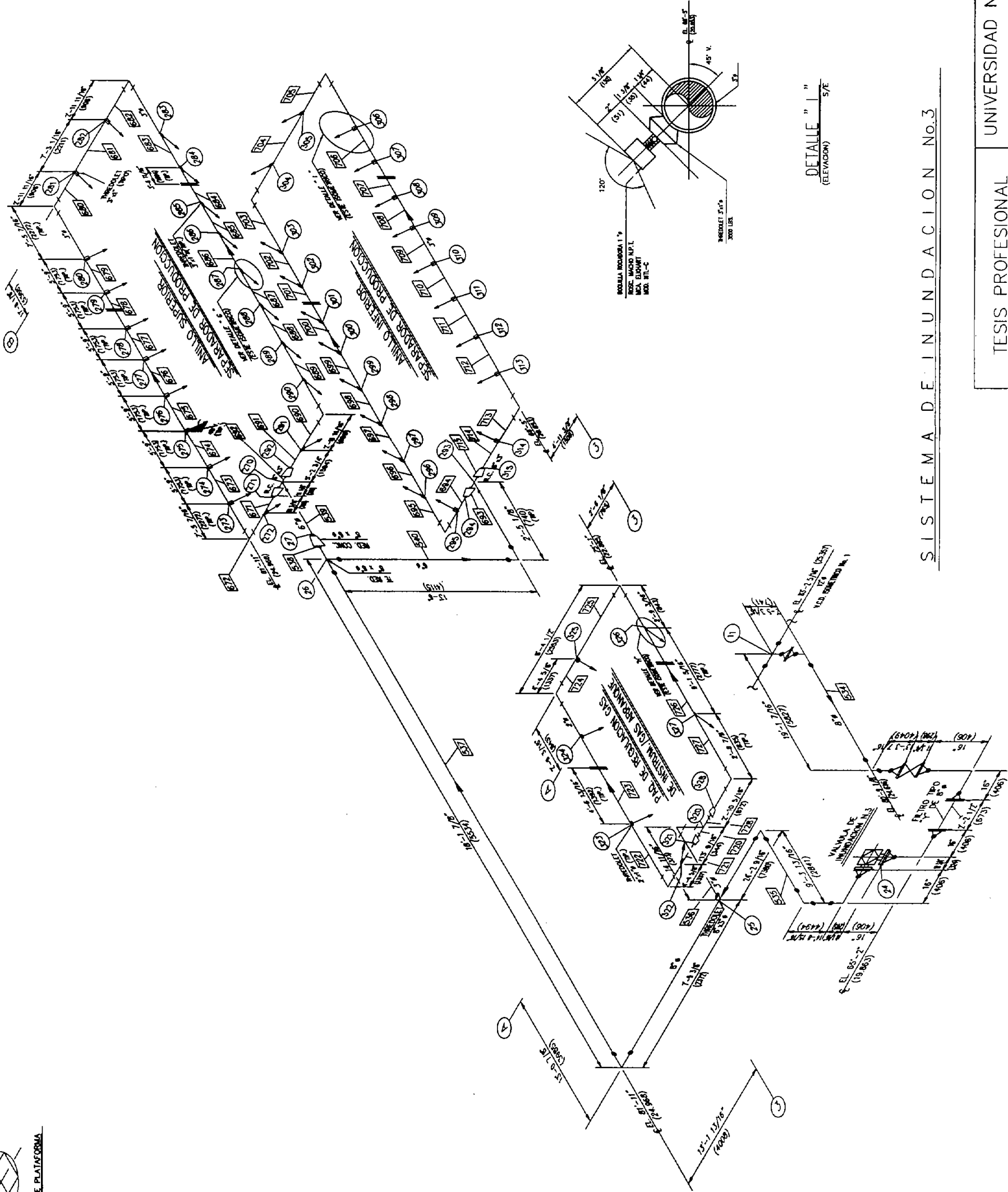
NORTE DE PLATAFORMA



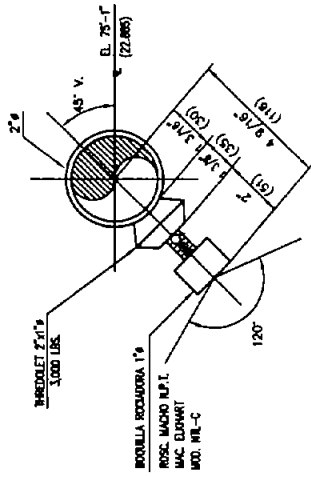




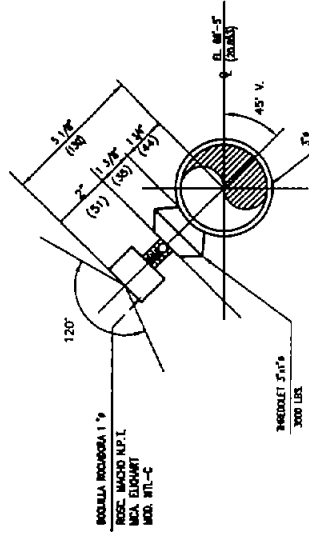
NORTE DE PLATAFORMA



DETALLE " G " (ELEVACION) 5/8



DETALLE " H " (ELEVACION) 5/8



DETALLE " I " (ELEVACION) 5/8

NOTAS

- 1.- ACOTACIONES EN PIES-PALG. (M4).
- 2.- ELEVACIONES REFERIDAS AL NIVEL BAJAMAR MEDIA (NBW).
- 3.- ELEVACIONES Y ACOTACIONES REFERIDAS A LINEAS DE CENTROS

ABREVIATURAS

- ☒ LINEA DE CENTROS DE TUBERIAS
- EL. ELEVACION
- N.T.E. NIVEL TIPO DE ESTRUCTURA
- V.C.D. VERA CONTINUACION DE DIBUJO

PARA CALCULO HIDRAULICO

- NUMERO DE MODO
- NUMERO DE TUBERIA

SISTEMA DE INUNDACION No.3

TESIS PROFESIONAL

VICTOR HUGO SANCHEZ LOREDO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN

PLATAFORMA MARINA DE PERFORACION PETROLERA (TIPO) RED DE DISTRIBUCION TUBERIAS AGUA CONTRA INCENDIO ISOMETRICO No. 4

ESCALA: SIN ACOT. PIES-PALG. (M4)

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Acero ASTM A-36.** Acero usado en la subestructura y superestructura, excepto en "canutos".

**Acero ASTM A-537, Clase I.** Acero usado en la subestructura en "canutos" de piemas.

**Acero ASTM A-633, Clase C o D.** Acero usado en la subestructura en "canutos" de piemas.

**Agua pulverizada.** Agua aplicada en gotas pequeñas finamente divididas.

**API (American Petroleum Institute).** Instituto Americano del Petróleo.

**Aplicación local (método de).** Forma de suprimir un fuego aplicando el agente extintor directamente sobre el riesgo.

**Arboles de navidad.** Conjunto de válvulas y accesorios que se fijan a tubería de producción y que sirven para controlar el flujo la presión.

**ASTM. (American Society for Testing of Materials).** Sociedad Americana de Pruebas de Materiales.

**Atmósfera inerte.** Atmósfera en la cual no hay presencia de oxígeno por lo tanto no se puede llevar a cabo ningún tipo de combustión.

**Bomba contra incendio.** Es una bomba especialmente diseñada y listada que proporciona agua a la capacidad y presión requeridas para el servicio contra incendio.

**Bomba jockey.** Es una bomba de poca capacidad que eleva la presión estática dentro de un sistema de tuberías cuando la bomba contra incendio principal no está operando.

**Boquilla rociadora.** Es un dispositivo normalmente abierto que descarga agua a presión, aplicándola a una velocidad, densidad, tamaño de partícula, dirección y patrón de descarga específicos.

**Brida.** Accesorio normalmente roscado o soldado a la tubería y que sirve para conectar algún otro dispositivo u otra tubería.

**B.T.U. (British Thermal Unit).** Es la unidad de calor aplicada a una libra de agua para que eleve su temperatura un grado Fahrenheit, a la presión constante de una atmósfera.

**Caloría.** Es la cantidad de calor aplicada a un gramo de agua para elevar su temperatura un grado Centígrado, a la presión constante de una atmósfera.

**Cantiliver.** Es la parte de la cubierta de la plataforma, que se encuentra fuera de los límites del perímetro de las columnas de la estructura.

**Carga estática.** Es la presión de agua descrita en términos de pies (metros) columna de agua en lugar de psi (Kg/m<sup>2</sup>).

**Combustible.** Cualquier material o sustancia (sólido, líquido o gas) capaz de experimentar combustión y que sirve para alimentar un fuego. Con respecto a un material inflamable, representa un menor grado de riesgo, en cuanto a un fuego y la propagación de su flama.

**Combustión.** Es la oxidación de un material acompañada por el desprendimiento de calor y generalmente la producción de flama.

**Combustión incandescente.** Combustión sin flama de un material con emisión de luz visible.

**Concreto postensado.** Es aquel en el que el acero de refuerzo es tensado después de que el concreto fue colado.

**Crecimiento marino.** Formación y crecimiento de microorganismos en la zona de oleaje de la estructura de la plataforma.

**Degradación ultravioleta.** Degradación de los materiales debida a la exposición a los rayos del sol (ultravioleta), que hacen que dichos materiales pierdan resistencia.

**Densidad de diseño.** Es la cantidad de agua aplicada por unidad de tiempo a una superficie o área determinada, que por experiencia es efectiva para controlar un fuego (expresada en lpm/m<sup>2</sup> o GPM/pie<sup>2</sup>).

**Detector de calor (piloto).** Es un dispositivo localizado en una línea neumática, que al fundir, debido a que detecta una elevación de temperatura por arriba de un nivel predeterminado, y por medio de un interruptor de presión, envía una señal a un tablero de control para la apertura de la válvula de inundación.

**Diablo.** Dispositivo que se utiliza dentro de una tubería de conducción de crudo o gas, normalmente para limpiarla de cualquier material que se haya acumulado en ésta, principalmente de la parafina que deja el crudo adherida a las paredes internas de dichas tuberías.

**Dilución.** Reducción de la concentración de un líquido inflamable mezclándolo con agua.

**Disolución.** Son mezclas homogéneas de dos o más sustancias. La sustancia presente en mayor cantidad suele recibir el nombre de disolvente, y a la de menor cantidad se le llama soluto y es la sustancia disuelta. El soluto puede ser un gas, un líquido o un sólido, y el disolvente puede ser también un gas, un líquido o un sólido. El agua con gas es un ejemplo de un gas (dióxido de carbono) disuelto en un líquido (agua).

**Endulzamiento.** Proceso mediante el cual se retiran los compuestos corrosivos del crudo, básicamente el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), el cual es altamente tóxico.

**Espuma AFFF (Aqueous Film Forming Foam).** Es una espuma sintética que forma una película acuosa delgada que separa el oxígeno del aire de la superficie del combustible que se está incendiando.

**Espuma fluoroprotéica.** Es una espuma que contiene aditivos fluoroquímicos, los cuales la hacen fluir fácilmente.

**Espuma mecánica.** Es producida por una mezcla de aire dentro de una solución de agua conteniendo espuma concentrada, por medio de equipos diseñados especialmente.

**Espuma proteica.** Es una espuma que contiene aditivos basados en proteínas animales.

**Espuma química.** Es producida por la reacción de una solución de sal alcalina (generalmente bicarbonato de sodio) y una solución de sal ácida (generalmente sulfato de aluminio) hasta formar un gas (bióxido de carbono) en presencia de un agente espumante, el cual causa que el gas sea separado en burbujas hasta formar una espuma resistente al fuego. Actualmente obsoleta, debido a la introducción de las espumas AFFF y fluoroprotéica.

**Espuma tipo alcohol.** Es una espuma usada para la protección de fuegos basados en compuestos de alcohol.

**Factor K.** Coeficiente de orificio para una boquilla rociadora específica.

**Fórmula de Hazen-Williams.** Fórmula estándar para el cálculo de las caídas de presión por fricción en tuberías.

**Fricción (pérdidas por).** Es el resultado de la resistencia de las paredes interiores de una tubería al flujo de agua, así como de los accesorios de tubería (llaves, codos, válvulas, etc).

**Fuego.** Fenómeno de combustión, que puede definirse como la oxidación rápida de un combustible, que se manifiesta con desprendimiento de energía en forma de luz, flama y calor.

**Fuente de ignición.** Es una fuente de temperatura y energía suficiente para iniciar la combustión.

**Gas amargo.** Gas extraído del pozo, el cual aún contiene los compuestos corrosivos.

**Gas combustible.** Se refiere en general a los gases contenidos en el crudo que se está extrayendo, como pentano, nonano, heptano, etc.

**Gas inerte.** Gas caracterizado por su inactividad química. Forma atmósferas en las que no se puede mantener la combustión.

**Gas natural.** Es el gas tal y como sale de los yacimientos. Se compone casi totalmente de metano (del 90 al 99%) acompañado de nitrógeno (1 a 3%).

**Hidrante.** Dispositivo para la aplicación de agua, integrado a la red de agua para el servicio contra incendio, con dos tomas para conectar mangueras.

**Hidrosoluble.** Sustancias que son solubles en agua.

**Inducción.** Generación de una corriente eléctrica en un conductor en movimiento en el interior de un campo magnético (de aquí el nombre completo, inducción electromagnética). El efecto condujo directamente al desarrollo del generador eléctrico rotatorio, que convierte el movimiento mecánico en energía eléctrica.

**Inducción (carga eléctrica ocasionada por).** Generación de una corriente eléctrica en un conductor en movimiento en el interior de un campo magnético (de aquí el nombre completo, inducción electromagnética).



**Inflamable.** Material capaz de encenderse fácilmente, quemarse intensamente y propagar su flama rápidamente.

**Ingeniería de diseño.** Ingeniería que sirve para mostrar los diferentes tipos de ingeniería a desarrollar y su interrelación en el desarrollo de un proyecto

**Ingeniería de proceso.** Ingeniería que sirve para mostrar los productos a manejar, los equipos que intervienen y las líneas que los interconectan, mostrando flujos manejados, capacidades de equipos y diámetros de las líneas, con el objeto de obtener características diferentes de los productos de entrada .

**Inundación total (método de).** Forma de suprimir un fuego en el que se llena completamente un local o volumen cerrado, con un agente extintor.

**Lanzador o receptor de diablos.** Es un dispositivo que es cargado (lanzador) o que sirve para recibir (receptor) los llamados "diablos".

**Líquidos combustibles.** Son aquellos que tiene un punto de inflamación igual o superior a 100°F (37.8°C). Estos líquidos se clasifican como sigue:

a) **Clase II.** Incluyen aquellos que tienen puntos de inflamación igual o mayor a 100°F (37.8°C) e inferior a 140°F (60°C).

b) **Clase IIIA.** Incluyen aquellos que tienen puntos de inflamación igual o mayor a 140°F (60°C) e inferior a 200°F (93.4°C).

c) **Clase IIIB.** Incluyen aquellos que tiene puntos de inflamación igual o mayor a 200°F (93.4°C).

**Líquidos inflamables.** Son aquellos que tiene un punto de inflamación inferior a 100°F (37.8°C) y que tienen una presión de vapor que no excede de 40 psia a 100°F (37.8°C). Los líquidos inflamables anteriores son también conocidos como Líquidos Clase I. Estos líquidos se clasifican como sigue:

a) **Clase IA.** Incluye aquellos que tienen puntos de inflamación inferiores a 73°F (22.8°C) y que tienen puntos de ignición por abajo de 100°F (37.8°C).

b) **Clase IB.** Incluye aquellos que tienen puntos de inflamación inferiores a 73°F (22.8°C) y que tienen puntos de ignición igual o superior a 100°F (37.8°C).

c) **Clase IC.** Incluye aquellos que tienen puntos de inflamación igual o superior a 73°F (22.8°C) e inferior a 100°F (37.8°C).

**Listado (equipo).** Equipo al que se le realizan una serie de pruebas por un laboratorio aprobado, específico para ese fin, y al satisfacer estas pruebas, ese equipo es listado y publicado en un documento.

**Longitud equivalente.** Es una longitud de tubería de un diámetro dado cuya pérdida por fricción es equivalente a las pérdidas de una tubería de diámetro diferente. Todos los accesorios de tuberías tienen una longitud equivalente.

**Longitud equivalente de un accesorio.** Es la longitud de tubería recta que tiene la misma pérdida por fricción que un accesorio donde el agua cambia de dirección.

**Metales hidruros.** Metales que en su composición química contienen hidrógeno.

**Monitor.** Es un dispositivo para la aplicación de agua por medio de una boquilla regulable, para dirigir el agua en forma de chorro o neblina, con un mecanismo que le permite girar 120° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal.

**NFPA (National Fire Protection Association).** Asociación que publica los estándares sobre protección contra incendio en los Estados Unidos de América.

**N.P.T.** Tipo de cuerda con que cuentan las tuberías y accesorios en los extremos (National Pipe Thread).

**Oleoducto.** Tubería de 70 a 80" de diámetro, que sirve para transportar crudo desde los campos petrolíferos hasta las refinerías o puertos.

**Oleogasoducto.** Tubería de 70 a 80" de diámetro, que sirve para transportar crudo y/o gas desde los campos petrolíferos hasta las refinerías o puertos.

**Operaciones marinas.** Actividades que se realizan por encima del nivel medio de bajamar (N.M.B.M.)

**Operaciones submarinas.** Actividades que se realizan por debajo del nivel medio de bajamar (N.M.B.M.)

**Paleocanales.** Estratigrafía del subsuelo formada por los sedimentos depositados en largos periodos de tiempo.

**Pirolisis.** Descomposición química de un sólido la cual es causada por la combustión del mismo.

**Plataforma "Costa Fuera".** Es el nombre con el que se conocen las plataformas marítimas.

**Plataforma marina de perforación.** Es un tipo de plataforma cuyas actividades están dirigidas únicamente a las labores de perforación de los pozos petroleros y al envío a otra plataforma o a tierra del crudo y/o gas obtenidos de ellos.

**Plataforma tipo abierta.** Es una plataforma que tiene suficiente ventilación natural para minimizar la acumulación de vapores tóxicos e inflamables.

**Plataforma tripulada.** Es una estructura fija la cual está ocupada continuamente por personal.

**Polvos polivalentes.** Polvos químicos que poseen varias valencias.

**Pontón.** Tanque de flotación que sirve de apoyo para las estructuras. Este tipo de sistemas son creados debido a la necesidad de sustituir a las estructuras fijas, sobre todo en los campos petroleros con reservas pequeñas o localización de sitios a grandes profundidades.

**Pozo.** Conjunto de válvulas y accesorios usados para el control del flujo proveniente de un pozo productor o inyector. Las plataformas marinas de perforación generalmente incluyen varios pozos.

**Pozo inyector.** Pozo que sirve para inyectar líquido (gas o agua tratada) a un manto cuando este pierde presión debido a la gran extracción; y de esta manera recuperar la presión en el manto.

**Pozo productor.** Pozo mediante el cual se extrae el gas y crudo del manto.

**Presión estática.** Es la presión disponible de un suministro de agua, sin que ésta esté fluyendo.

**Psi.** Unidad de presión (acrónimo de pound square inch)  $1 \text{ psi} = 1 \text{ lb/in}^2$

**Punto de ignición.** Es la mínima temperatura requerida para iniciar o causar una combustión auto-sostenida independientemente de su calentamiento.

**Punto de inflamación.** Es la mínima temperatura a la cual un líquido desprende suficientes vapores para formar una mezcla inflamable con aire. Muchos líquidos riesgosos tienen puntos de inflamación a la temperatura ambiente o un poco abajo, y normalmente están cubiertos por una capa de vapores inflamables, que se encenderá inmediatamente si una fuente de ignición se aproxima.

**Rango inflamable o explosivo.** Es el rango entre las cantidades más pequeña y más grande de vapor en una cantidad de aire la cual se quemará o explotará cuando es incendiada. Esto es expresado generalmente en porcentajes. Por ejemplo, una sustancia tiene un rango explosivo de 1 a 50%. Si el aire contiene más de 1% o menos del 50% partes de esa sustancia, la mezcla puede incendiarse o explotar.

**Reacción exotérmica.** Reacción química que desprende energía, esta energía puede ser en forma de calor.

**Relevador.** Componente de arranque por resistencia de operación por inducción.

**Separador.** Recipiente a presión utilizado para hacer la separación de crudo, gases y agua contenidos en el crudo que se está extrayendo. Son normalmente de forma cilíndrica, ya sean horizontales o verticales.

**Sistema automático de rociadores.** Es un sistema de rociadores diseñado para actuar cuando un detector actúa por la presencia de un fuego enviando una señal para la apertura de la válvula de inundación; no es requerida su operación o actuación por una persona.

**Sistema de espuma de alta expansión.** Es un sistema de burbujas llenas de aire, creadas por la expansión mecánica de una solución de espuma por aire y agua, con una relación de expansión de entre 200:1 y 1,000:1.

**Sistema de espuma de baja expansión.** Es un sistema diseñado para proporcionar una solución de espuma, con una relación de expansión hasta de 20:1, aplicada a un riesgo.

**Sistema de inundación o de diluvio.** Es un sistema en el cual la válvula de diluvio por medio de tuberías de distribución, alimenta a una serie de boquillas rociadoras, las cuales se encuentran abiertas y descargarán simultáneamente; esta válvula de diluvio opera cuando los detectores de calor (pilotos) actúan por la presencia de un fuego o por la actuación manual del relevador de emergencia conectado a esta válvula.

**Sistema de rociadores.** Es un sistema compuesto por una serie de tuberías conectadas permanentemente a un suministro de agua a presión para aplicarla por medio de boquillas rociadoras, las cuales están localizadas sobre un área o equipo a proteger.

**Sistema de tubería húmeda.** Es el conjunto de tuberías de alimentación y distribución a un sistema de rociadores que tiene como característica principal el estar siempre lleno de agua.

**Sistema de tubería seca.** Es el conjunto de tuberías de alimentación y distribución a un sistema de rociadores que tiene como característica principal el estar sin agua, lleno de aire a la presión atmosférica. En cuanto se realiza la operación de la válvula de diluvio estas tuberías empieza a llenarse de agua para su aplicación en las boquillas rociadoras..

**Temperatura de ignición.** Temperatura de ignición de una sustancia, sea sólida, líquida o gaseosa, es la mínima temperatura requerida para iniciar o causar combustión auto-sostenida, independientemente de su calentamiento. A esta temperatura, una mezcla de vapores inflamables y aire se quemará sin la presencia de una chispa o flama.

**Triángulo del fuego.** Representación gráfica de los factores de interdependencia de calor, combustible y oxígeno.

**Turba.** Material orgánico compacto, de color pardo oscuro y muy rico en carbono, que se forma como resultado de la putrefacción y carbonización parciales de la vegetación en el agua ácida de las turberas. La formación de turba constituye la primera etapa del proceso por el que la vegetación se transforma en carbón.

**U. L. (Underwriters Laboratories).** Laboratorios de prueba para equipos.

**Válvula de inundación.** Es una válvula que sirve para la actuación de un sistema de rociadores, la cual permite al agua fluir dentro del sistema de tuberías para descargar por medio de una serie de boquillas rociadoras abiertas. Puede ser actuada automáticamente, como respuesta a un sistema de detección de fuego instalado en el área o equipo que está siendo protegido, o por actuación manual.

**Zona de pozos.** Área de la plataforma en la que se encuentran los pozos (conductores y árboles de navidad).

**BIBLIOGRAFÍA**

1. American Petroleum Institute  
Recommended Practice for Fire Prevention and Control on Open Type Offshore Production Platforms  
Recommended Practice 14G  
Third Edition, December 1, E.U.A. 1993
2. American Petroleum Institute  
Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum Industry  
API Publication 2030  
Second Edition, E.U.A. August 1998
3. American Petroleum Institute  
Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms  
API Publication 2030  
Second Edition, E.U.A. August 1998
4. Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad, A. C.  
Memorias de la Conferencia: Instalaciones fijas contra incendio  
Congreso Nacional de Seguridad  
Ing. Guillermo Veale I. México 1998
5. Engineering Division Crane, Crane Co.  
Flow of fluids through valves, fittings and pipe  
Technical Paper No. 410, E.U.A. 1979
6. Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental  
Requerimientos mínimos para sistemas de seguridad en instalaciones costafuera  
Procedimiento GSIPA-RMNE-001, Revisión 0  
Región Marina Noreste, PEMEX, Exploración y Producción, México diciembre 1996.
7. Hernández Ontiveros Eduardo  
Evaluación de los daños mecánicos que afectan la integridad estructural de las plataformas marinas en la Sonda de Campeche  
Tesis Profesional, UNAM-ENEP Acatlán, México 2002
8. Instituto Superior Federico Grote  
El fuego. Módulo 2  
Técnico Superior en Higiene y Seguridad en el Trabajo  
Prevención y Control de Incendios I, España 2003
9. Instituto Superior Federico Grote  
La extinción. El agua. Módulo 3  
Técnico Superior en Higiene y Seguridad en el Trabajo  
Prevención y Control de Incendios I, España 2003

- 
10. Instituto Superior Federico Grote  
La extinción. El CO<sub>2</sub>. Módulo 4  
Técnico Superior en Higiene y Seguridad en el Trabajo  
Prevención y Control de Incendios, España 2003
  11. Instituto Superior Federico Grote  
La extinción. Las espumas. Módulo 7  
Técnico Superior en Higiene y Seguridad en el Trabajo  
Prevención y Control de Incendios I, España 2003
  12. Instituto Superior Federico Grote  
La extinción. Los agentes químicos secos. Módulo 6  
Técnico Superior en Higiene y Seguridad en el Trabajo  
Prevención y Control de Incendios I, España 2003
  13. Instituto Superior Federico Grote  
La extinción. Los halones. Módulo 5  
Técnico Superior en Higiene y Seguridad en el Trabajo  
Prevención y Control de Incendios I, España 2003
  14. Instituto Superior Federico Grote  
Los extintores portátiles. Módulo 8  
Técnico Superior en Higiene y Seguridad en el Trabajo  
Prevención y Control de Incendios I, España 2003
  15. M. Gagnon Robert  
Design of Special Hazard and Fire Alarm Systems  
International Thomson Publishing Company, E.U.A. 1999
  16. M. Gagnon Robert  
Design of Water-Based Fire Protection Systems  
International Thomson Publishing Company, E.U.A. 1997
  17. National Foam System Inc.  
Aer-O-Foam Liquids  
Section II, E.U.A. 1977
  18. National Foam System Inc.  
Foam Liquid Proportioning  
Section III, E.U.A. 1983
  19. NFPA 10  
Standard for Portable Fire Extinguishers  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
  20. NFPA 11  
Standard for Foam Extinguishing Systems  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
-

21. NFPA 11A  
Standard for High Expansion Foam Systems  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
22. NFPA 11B  
Standard for Synthetic Foam and Combined Agent Systems  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
23. NFPA 11C  
Standard for Mobile Foam Apparatus  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
24. NFPA 12  
Standard for Carbon Dioxide Extinguishing Systems  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
25. NFPA 12A  
Standard for Halon 1301 Fire Extinguishing Systems  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
26. NFPA 12B  
Standard for Halon 1211 Fire Extinguishing Systems  
National Fire Codes, E.U.A. 2002
27. PEMEX  
Norma de Pemex. Aplicación de recubrimientos para protección anticorrosiva  
Norma 3.132.01  
Tercera Edición, México 1974
28. PEMEX  
Norma de PEMEX. Diseño y evaluación de plataformas marinas fijas en la sonda de Campeche  
Norma NRF-003-PEMEX-2000  
México Diciembre 2000
29. PEMEX. SPCO  
Manual de Procedimientos de Ingeniería de Diseño  
Sección S, Seguridad Industrial  
Gerencia de Ingeniería de Proyecto, México 1990
30. Petróleos Mexicanos  
Sistemas de Aspersores para Protección Contra Incendio (Norma A VII-18)  
México, D. F., 1978
31. Petróleos Mexicanos  
Sistemas Fijos para Protección Contra Incendio  
Boletín de Seguridad Industrial Número 27 (Segunda Edición)  
México, D. F., 1977

32. Subdirección de Producción Primaria  
Gerencia de Obras y Servicios de Apoyo  
Bases de Diseño. Plataformas Fijas de Perforación  
Revisión 3, México 1989
33. Supplement 1 to API RP 2G  
Recommended Practice for Production Facilities on Offshore Structures  
First Edition, E.U.A. January 1975
34. The Ansul Company, Marinette  
ANSUL. Fire Training Manual  
First Edition, E.U.A. 1980