



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE QUÍMICA

"DIAGNOSTICO HIDRÁULICO DE UNA RED  
CONTRAINCENDIO PARA PROTECCIÓN DE TANQUES A  
PRESIÓN DEL TIPO ESFÉRICO"

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO  
P R E S E N T A ,  
MARIO JIMÉNEZ FLORES



MÉXICO, D. F.

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente	Profra: Lucila Cecilia Méndez Chávez.
Vocal	Prof: José Antonio Ortiz Ramírez.
Secretario	Prof: Humberto Rancel Dávalos.
1er. Suplente	Prof: Baldomero Pérez Gabriel.
2º. Suplente	Prof: Euberto Hugo Flores Puebla

La tesis se realizó en:

Torre de Ingeniería  
Circuito exterior s/n Ciudad Universitaria

ASESOR DEL TEMA

Ing. José Antonio Ortiz Ramírez \_\_\_\_\_

SUSTENTANTE

Mario Jiménez Flores \_\_\_\_\_

## *Agradecimientos*

*A mis padres agradecerles todas sus enseñanzas, cuidados, cariños y esfuerzos que desde siempre me han dedicado. Los quiero.*

*A mis primos y hermano, por que desde hace mucho tiempo hemos compartido sueños travesuras, tristezas. Gracias por apoyarme incondicionalmente en las buenas y en las malas.*

*Al Ing. José Antonio Ortiz Ramírez, por ser mi asesor, por darme la oportunidad de pertenecer a su grupo de proyectos y abrirme las puertas en tan importante etapa de mi vida además de inculcarme su contagiosa ambición de éxito.*

*Al honorable jurado, por su revisión, comentarios y aclaraciones a este trabajo*

*A la Ing. Maria Aurelia Flores Fuentes, por transmitirme su conocimiento, tenerme paciencia y aclararme las dudas que la mayoría de las veces no fueron pocas.*

*A mis amigos Daniel (Danny Boy), Paris (ogro), Eduardo (lalo lalo), Jorge (pelón), Cuahutemoc, a los metaleros, a la Gen 98 y en especial a la Gen 99 de Química, sin ustedes el camino por la facultad no hubiera sido lo mismo.*

*A Miriam. Por tu apoyo y comprensión incondicional. Te quiero. Gracias*

*A mis compañeros de la torre de Ingeniería por su apoyo y amistad.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la facultad de Química y sus profesores por todos los conocimientos brindados.*

---

## CONTENIDO

<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>ALCANCE</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULOS</b>	
<b>I. RED CONTRAINCENDIO</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción	5
1.2 Abastecimiento	7
1.3 Almacenamiento	7
1.4 Requerimiento total de agua Contraincendio	8
<b>II. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO USADO. EN REDES CONTRAINCENDIO</b>	<b>9</b>
2.1 Bombas Contraincendio	10
2.1.1 Generalidades	10
2.1.2 Características de las Bombas Contraincendio	10
2.1.3 Bombas Centrífugas Horizontales	12
2.1.4 Bombas Centrífugas Verticales	14
2.1.5 Bombas Jockey.	15
2.2 Accionadores	16
2.2.1 Motores de combustión interna	16
2.2.2 Motores eléctricos	17
2.3 Válvulas	18
2.4 Dispositivos de Aplicación.	23
<b>III. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CONTRAINCENDIO.</b>	<b>26</b>
<b>IV. PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO A TANQUES PRESURIZADOS</b>	<b>31</b>
4.1 Requisitos para Protección Contraincendio	32
4.2 Estimación del Flujo y/o Gasto de agua Contraincendio	37
4.3 Arreglo de Tanques y Distanciamientos Mínimos	38
4.4 Diques y Drenajes	40

<b>V. ANÁLISIS HIDRÁULICO</b>	<b>43</b>
5.1 Consideraciones	44
5.2 Criterios para calcular el requerimiento de agua para protección de Tanques Presurizados	48
5.3 Protección del Hemisferio Inferior	48
5.3.1 Cálculo del Requerimiento de Agua para el Hemisferio Superior	48
5.3.2 Cálculo del Número de Espreas	49
5.3.3 Cálculo del 1er Anillo de Enfriamiento	50
5.3.4 Cálculo del 2do Anillo de Enfriamiento y Número de Espreas	51
5.4 Protección del hemisferio superior	52
5.4.1 Cálculo del Requerimiento de Agua para el Hemisferio Superior	52
<b>VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
6.1 Área de la esfera E-01	54
6.2 Área de las esferas E-01/E-02	58
<b>ANEXOS</b>	<b>61</b>
ANEXO I Equipo Paquete de Bombas Contra incendio, Curvas de Operación y arreglo de las Bombas B-1/2/3/4 y BJ-1	62
ANEXO II Marco Teórico y Memorias de Cálculo	69
ANEXO III Ruteos y Análisis Hidráulicos (simulaciones)	85
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>111</b>

## OBJETIVO

Elaborar un Diagnóstico Hidráulico de la red existente del sistema de agua contraincendio de un complejo petroquímico para protección de las zonas de almacenamiento de tanques presurizados del tipo esférico, en las áreas: Zona de la Esfera E-01 y Zona de las Esferas E-02/E-03. Además de presentar opciones técnicas viables de solución (en caso de que el Diagnóstico Hidráulico lo demande); que permitan contar con una instalación operacionalmente confiable, y capaz de satisfacer los requerimientos de agua contraincendio en las áreas antes mencionadas.

## JUSTIFICACIÓN

El uso cada vez mas generalizado de elementos energéticos no solo con fines industriales, sino incluso domésticos, las grandes concentraciones humanas en cercanías a las instalaciones industriales y las aglomeraciones urbanas, fenómeno sumamente característico y condicionantes de la sociedad de nuestros días, hacen del incendio no solo un riesgo frecuente, sino de posibilidades catastróficas, como lo evidencia la experiencia de todos los días.

Evitar los incendios, tan frecuentemente ocasionados por imprudencia, omisiones o fallas humanas y conocer los principios básicos de la detección y la extinción, son hoy en día deberes sociales de primer orden, puesto que la seguridad total es consecuencia de la suma de las actitudes de los individuos que integran la colectividad.

Es por eso que en las plantas industriales principalmente en las plantas donde se manejan, procesan o almacenan productos químicos, tales como líquidos inflamables o materiales combustibles, deberán de contar con una red contraincendio diseñada para garantizar el suministro de agua suficiente para combatir el incendio de mayor magnitud que pueda generarse en las instalaciones.

---

## INTRODUCCIÓN

En un recipiente presurizado, existe siempre un espacio de vapor que permite la expansión del líquido como resultado del calentamiento producido por la temperatura ambiente y por la radiación solar.

Si una llama incide por debajo del nivel del líquido contenido, la mayor parte del calor absorbido por el metal será transferido al líquido, y aunque esto aumente la presión interior a medida que el líquido calentado se vaporiza, es poco probable que el metal del tanque falle en este punto. El exceso de presión es aliviado por la válvula de seguridad.

Si por el contrario, una llama incide por arriba del nivel del líquido, o sea, sobre el espacio de vapores, el calor absorbido por el recipiente metálico es retenido totalmente por dicho metal, creando temperaturas lo suficientemente altas que lo hacen perder resistencia a la tensión. Cuando esto ocurre, a pesar de la operación del dispositivo de alivio, la presión interna puede ocasionar que el metal se adelgace y eventualmente se fisure, provocando la ruptura del tanque y la liberación súbita de grandes cantidades de líquido en ebullición, generándose su vaporización, su expansión, y finalmente su ignición.

Cuando un recipiente falla como consecuencia de una exposición al fuego, el líquido contenido se encuentra a una temperatura superior a la normal, por lo que contiene más calor para provocar una vaporización rápida y habrá suficiente calor en el líquido para vaporizar instantáneamente el volumen contenido.

En áreas de almacenamiento, los incendios normalmente se producen por fugas en las conexiones, por las uniones de tuberías o por sobrellenado de los tanques de almacenamiento, y no por fallas atribuibles a los tanques mismos. En operaciones de purga o muestreo, un error humano también puede ocasionar fugas del material combustible o inflamable almacenado que en no pocas ocasiones se convierten en incendios.

La protección contraincendio en tanques de almacenamiento que contienen líquidos inflamables o combustibles, está determinada por el tipo de producto almacenado, por las características del tanque de almacenamiento y por su situación respecto a instalaciones anexas, para la localización de las áreas de tanques de almacenamiento a presión también deben tomarse en cuenta la dirección de los vientos dominantes y reinantes, con objeto de evitar que fugas (de gas) provenientes de estas instalaciones puedan alcanzar áreas de quemadores y lugares donde existan flamas abiertas, así como zonas ocupadas por personal, tales como oficinas, áreas habitacionales o instalaciones similares.



---

## ALCANCE

Este diagnóstico; consiste en evaluar el comportamiento hidráulico de la red contraincendio, asegurándose de que el suministro de agua llegue a las áreas de almacenamiento (riesgo mayor) a las condiciones de operación para la cual fue diseñada basándose y evaluando los siguientes conceptos :

- **Requerimiento total de agua contraincendio.**- Es el mayor volumen de agua que se requiere en un centro de trabajo para combatir un incendio.
- **Red de agua contraincendio.**- Sistema que debe garantizar el suministro de agua suficiente para combatir el incendio de mayor magnitud que pueda generarse en las instalaciones.
- **Riesgo mayor.**- Área en donde se considera que en caso de incendio, se tendrá la mayor demanda de agua contraincendio y de recursos humanos y materiales.
- **Capacidad del sistema de bombeo para servicio de agua contraincendio.**- Equipo que debe proporcionar el agua en la cantidad y presión suficientes para cubrir los requerimientos totales que demande el riesgo mayor estimado en el centro de trabajo.

Debido a que el sistema es existente, y corresponde a un complejo petroquímico, los conceptos anteriores se tomaron de la normatividad de PEMEX, DGPASI- 3600 y 3610

# CAPITULO I

## RED CONTRA INCENDIO

---

## 1.1 DESCRIPCIÓN

Una red de distribución de agua contra incendio está constituida por equipos de bombeo conectados a redes de tuberías, las cuales casi siempre se encuentran enterradas y alojadas en trincheras, éstas deberán construirse con paredes de ladrillo o concreto, debiendo estar diseñadas para proteger al ducto contra la corrosión y contra efectos mecánicos, pudiéndose rellenar con arena, que no contenga materiales corrosivos o piedras que puedan dañar la superficie de la tubería.

La trinchera deberá cubrirse con placas metálicas o losas debidamente selladas a nivel de piso terminado, para evitar la filtración de líquidos a su interior y deberá contar con drenajes espaciados adecuadamente.

Las redes de tuberías forman anillos los cuales son circuitos cerrados de tuberías destinados a la distribución de agua, con la finalidad de llevar a cabo la protección contra incendio a todas las áreas que se requiera.

Los anillos son diseñados para conducir exclusivamente agua contra incendio, a los puntos necesarios en los cuales se encuentran instalados los dispositivos para salida de agua y/o dispositivos de aplicación, tales como hidrantes, hidrantes-monitores, sistemas de aspersores, etc.

La red de agua contra incendio debe estar diseñada para que en condiciones de máximo flujo hacia el riesgo mayor, se garantice una presión mínima disponible en cualquier hidrante o monitor de 100 psig (7 kg/cm<sup>2</sup> man).

El número de hidrantes y monitores instalados en un anillo de la red contra incendio, será de 12 como máximo.

## DISPOSITIVOS DE APLICACIÓN

**Para mayor detalle acerca a los dispositivos de aplicación refiérase al CAPITULO II sección 2.4**

### Hidrantes

Son dispositivos para la salida de agua contra incendio, constituidos por dos tomas para conectar mangueras de 2 ½ pulg (63.5mm) de diámetro, diseñados de tal manera que para cada una de las tomas, pueda proporcionarse un gasto mínimo de agua 250 gpm (946 lpm) a una presión de 100 psig (7 Kg/cm<sup>2</sup> man).

### Monitor

Dispositivo con boquilla regulable, para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de niebla, con mecanismos que permiten girar la posición de la boquilla 120° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal, pudiéndose mantener estable en la posición seleccionada. Generalmente, cada monitor maneja un volumen de agua de (1892.50 lpm) 500 gpm a una presión de 100 psig (7 Kg/cm<sup>2</sup> man), para un alcance mínimo de chorro de agua de 30m.

### **Hidrante – Monitor**

Elemento constituido por la combinación de un hidrante y un monitor

### **Sistemas automáticos basados en espreas**

Los sistemas de aspersión de agua se emplean particularmente para el enfriamiento de recipientes que almacenan gases o líquidos inflamables, casas de bombas, acumuladores, llenaderas y descargaderas de autotanques, bombas de proceso, etc.,

Las espreas y/o boquillas son dispositivos que pulverizan el agua a una distancia, flujo y longitud de cobertura definida.

La alimentación de agua a las espreas se hace por medio de anillos y el suministro de agua será a través de una válvula automática de diluvio, localizada cerca, pero en un punto seguro con respecto al equipo protegido.

Las redes de agua contraincendio deben contar con válvulas de seccionamiento suficientes, localizadas estratégicamente para aislar tramos de tubería sin dejar de proteger ninguna de las áreas o equipos que lo requieran. Todas estas válvulas deben ser de compuerta vástago ascendente o del tipo "mariposa" de las características adecuadas, debiendo estar identificadas en campo.

Las válvulas de seccionamiento instaladas dentro de registros, deben estar equipadas con poste indicador o extensión que permita abrir o cerrar la válvula desde el exterior, al mismo tiempo que indique la posición de abierto o cerrado. El poste indicador debe tener una altura aproximada de 90 cm sobre el nivel de piso terminado. En cuanto a los registros éstos deben ser fácilmente accesibles para su inspección, operación y mantenimiento; su construcción debe evitar el paso de agua a su interior y tener drenaje para no permitir la acumulación de agua.

## 1.2 ABASTECIMIENTO

Para el servicio de agua contraincendio, se debe considerar agua limpia y dulce. Si esto no es posible, es aceptable el uso de cualquier tipo de agua, siempre y cuando se encuentre libre de hidrocarburos.

La fuente de abastecimiento podrá ser primaria, (como el mar, lagos y ríos), secundaria ( como pozos y servicios municipales ) o terciaria (como sistemas de tratamiento de agua y/o de recuperación de efluentes).

La succión de las bombas contraincendio no debe conectarse directamente al abastecimiento proveniente de pozos, de servicios municipales o de ríos cuyo caudal en ciertas épocas del año es irregular. En estos casos, debe existir obligatoriamente uno o varios tanques atmosféricos, destinados específicamente para el almacenamiento de agua contraincendio, de los cuales succionen las bombas para este servicio.

## 1.3 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de agua contraincendio debe determinarse en función del requerimiento total de agua que demanda la protección de la instalación que represente el riesgo mayor de un centro de trabajo y del tiempo de aplicación de agua. Esta capacidad de almacenamiento debe ser suficiente para combatir ininterrumpidamente el incendio del riesgo mayor, durante un mínimo de 4 (cuatro) horas

Cuando los depósitos de agua municipales u otros abastecimientos semejantes sean susceptibles de ser aprovechados, es necesario considerar la instalación de interconexiones para su utilización, pero dichos volúmenes no deberán ser contabilizados como parte del almacenamiento de agua destinado para fines contraincendio. Por ejemplo, si se cuenta con torres de enfriamiento, las fosas de las torres de enfriamiento y los sistemas de efluentes son aceptables como suministro auxiliar de agua contraincendio, pero su volumen tampoco debe ser considerado como parte del almacenamiento disponible de agua contraincendio.

#### 1.4. REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA CONTRA INCENDIO

En todos los casos, los consumos para la protección con agua de enfriamiento están basados en su densidad de aplicación por unidad de superficie, la cual es de 0.25 gpm/ft<sup>2</sup> (10 lpm/m<sup>2</sup>) (DG-GPASI-SI-3610).

El requerimiento total de agua contra incendio, es el mayor volumen de agua que se requiere en un centro de trabajo para combatir un incendio, el cual resulta de sumar las cantidades necesarias de agua para :

- La extinción del riesgo mayor.
- Enfriamiento del equipo o instalación incendiada.
- En el caso de áreas de almacenamiento, deberá considerarse el enfriamiento de los tanques anexos Y/O circundantes en la contingencia.

# CAPITULO II

## CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO USADO EN REDES CONTRA INCENDIO

## 2.1.BOMBAS CONTRAINCENDIO

### 2.1.1 GENERALIDADES

El equipo de bombeo contraincendios es un elemento esencial dentro de un sistema de protección contraincendio y su operación apropiada es vital al momento de requerirse. El sistema de bombeo para servicio contraincendio, debe proporcionar el agua en la cantidad y presión suficientes para cubrir los requerimientos totales de agua que demande el riesgo mayor estimado en el centro de trabajo.

Las bombas contraincendio deben instalarse en casetas o cobertizos localizados en lugares estratégicos que no sean susceptibles de sufrir daños durante incendios o emergencias.

Los equipos de bombeo para protección contraincendio, están compuestos básicamente por una bomba principal accionada por motor eléctrico, una bomba jockey y una bomba de reserva accionada por motor diesel con capacidad igual a la principal.

La mayoría de los proveedores los manejan como equipos paquete (incluyendo su accionador y tableros de control), como el mostrado en el **ANEXO I**

### 2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CONTRAINCENDIO.

Las bombas que se emplean para alimentar de agua a la red contraincendio, pueden ser, dependiendo de las condiciones de succión y del tipo de instalación con la que se cuente, del tipo centrifugas horizontales de caja bipartida (split-case) y centrifugas verticales del tipo turbinas verticales.

Independientemente del tipo de bomba, la succión de cualquier equipo de bombeo debe ser positiva, es decir, el nivel del agua de succión debe llegar al ojo del impulsor (figura 2).

La curva característica del comportamiento de las bombas de agua contraincendio, deberá de tener las siguientes características.

A gasto nulo o cero flujo, la presión de descarga no excederá del 140% de la presión de descarga nominal. Para un gasto del 150%, la presión de descarga no debe de ser menor del 65% de la presión de descarga nominal; por lo que la curva de operación tendrá la forma siguiente:



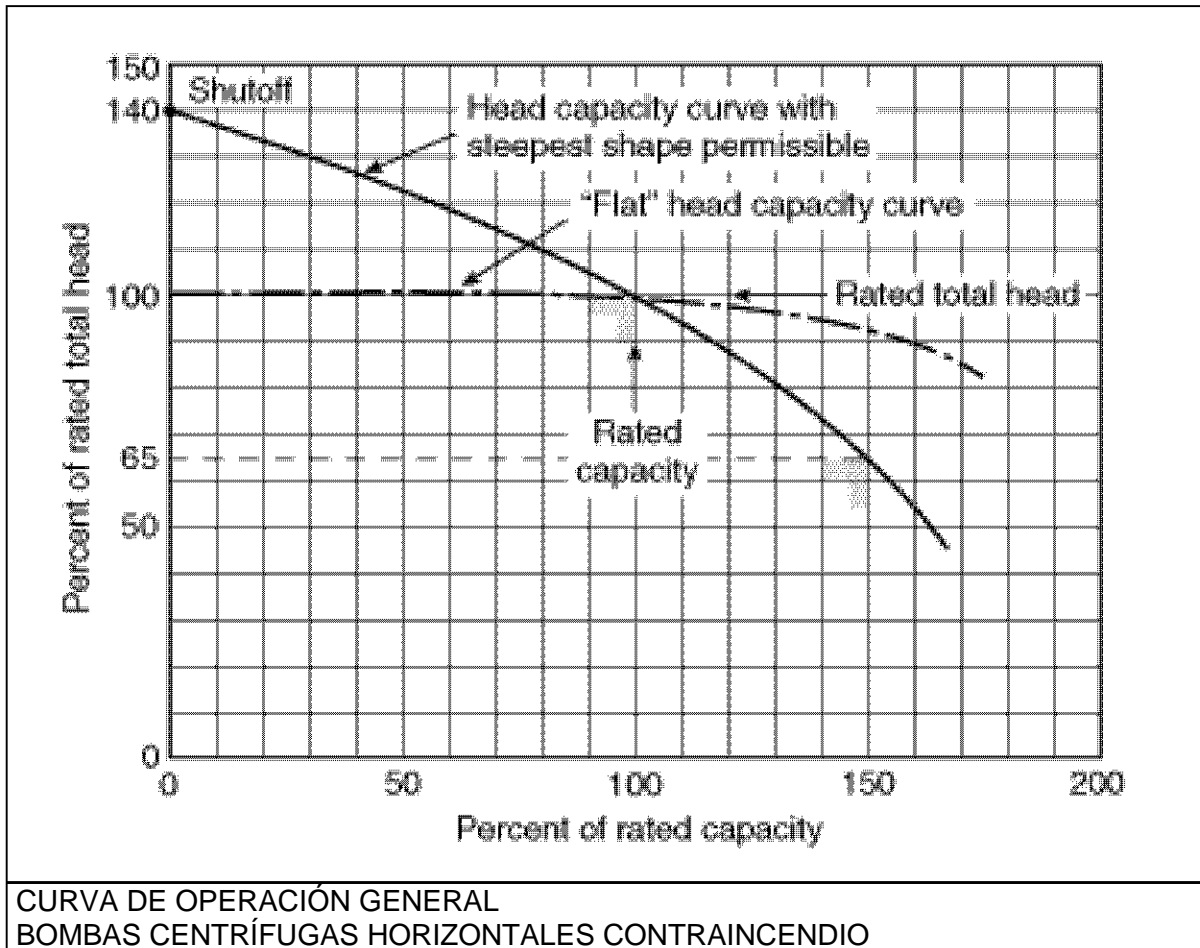


Figura tomada de la norma NFPA-20

2.1.3 BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES

En las bombas centrífugas horizontales de caja bipartida, (FIGURA 1A y 1B) la carcasa de la bomba está construida en hierro fundido axialmente dividida, cuenta con bridas en la succión y descarga debido a las presiones manejadas.

La parte superior de la caja de la bomba se puede remover facilitando su mantenimiento sin necesidad de desmontarla de su base. El impulsor está construido en bronce de doble succión, de tipo cerrado el cual está acoplado a un eje construido en aleación de acero. El eje está montado sobre cojinetes de bolas con ranuras profundas a prueba de polvo y baleros lubricados por medio de grasa.

Los cojinetes están montados en un cartucho tipo caja para poder ser reemplazados sin abrir la caja de la bomba. De esta manera los cojinetes pueden ser reemplazados simplemente girando la tuerca de seguridad. No se requieren herramientas especiales para el mantenimiento o reparación de la bomba.

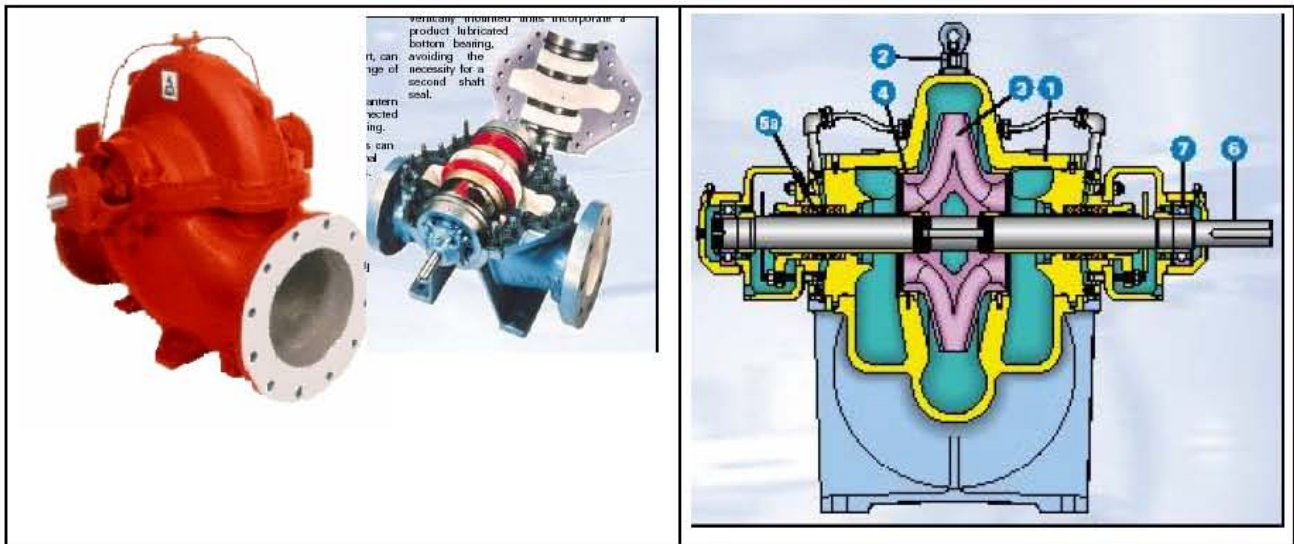


FIGURA 1A  
Bomba centrifuga horizontal de carcasa bipartida con accionador eléctrico

FIGURA 1B  
Sección interna de la bomba centrifuga horizontal  
1.carcasa  
2.válvula de relevo  
3.impulsor de doble succión  
4.anillos de desgaste  
5.alojamiento de sello y cojinete  
6.impulsor con acoplamiento  
7.cojinetes

Las bombas horizontales deben ser usadas cuando el nivel mínimo de succión se encuentre por arriba del eje de la bomba; como se muestra en la figura 2, en caso contrario, cuando no se disponga de una carga positiva en la succión y se tenga un arreglo en el sistema de bombeo parecido al que se muestra en la figura 3, se deberán usar bombas verticales del tipo turbina.

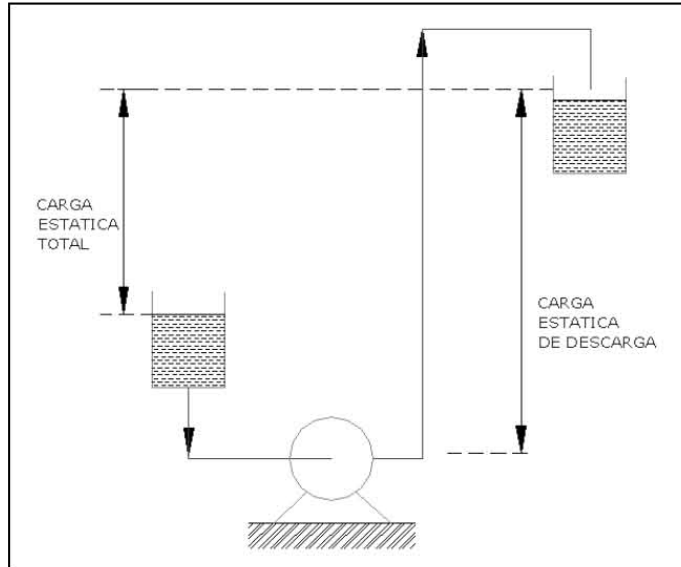


FIGURA 2

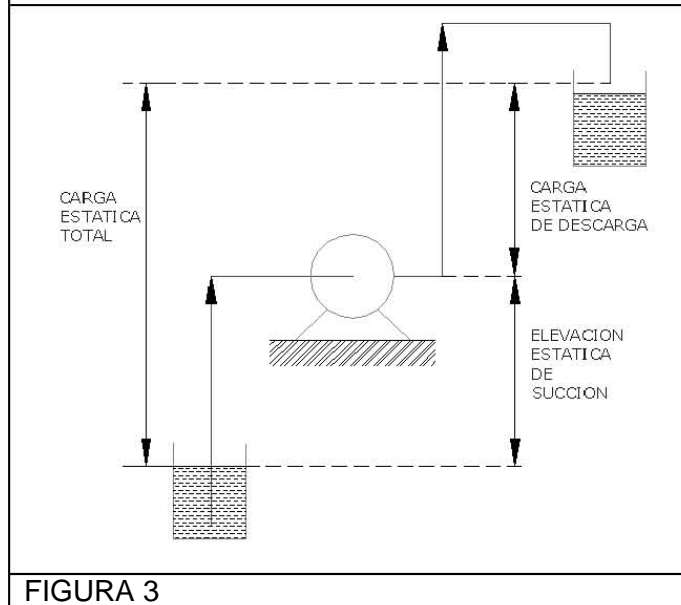
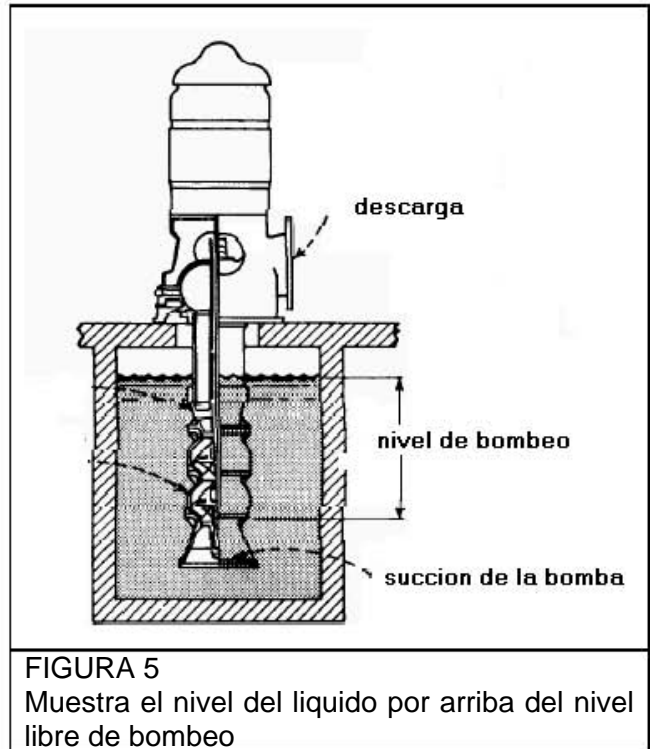
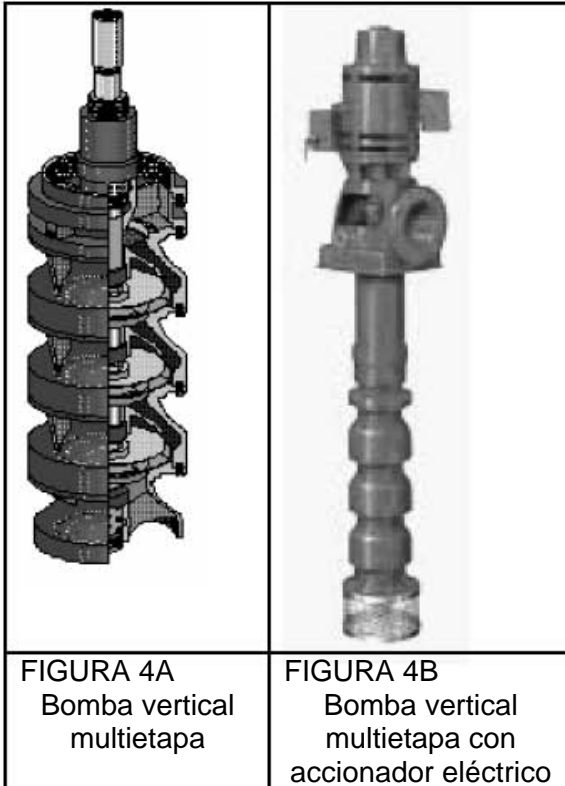


FIGURA 3

2.1.4 BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES DE TIPO TURBINA

La bomba vertical de tipo turbina (figura 4A) es un equipo que debe utilizarse cuando la fuente de abastecimiento de agua contra incendio provenga de cisternas o pozos, pues no se cuenta con una carga positiva en la succión como se muestra en la figura 3, por lo que es recomendable utilizar una bomba centrífuga vertical ya que este tipo de bombas no cuenta con una tubería de succión y los impulsores se encuentran sumergidos abajo del nivel libre de bombeo, dando como resultado que el nivel mínimo de succión este por encima de la bomba como se muestra en la figura 5.



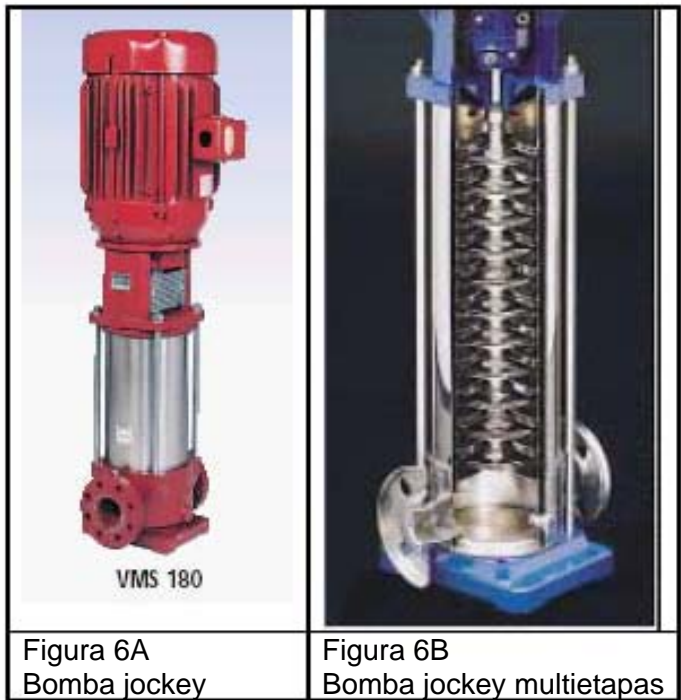
Las bombas verticales tienen una columna de bombeo que contiene en su extremo un filtro(figura 4B) que da entrada a los tazones de bombeo situados en el extremo inferior de la columna, esta bomba puede ser de una etapa o de etapas múltiples.

**2.1.5 BOMBAS JOCKEY  
(Bombas de mantenimiento de presión)**

Con el objeto de mantener una presión constante y adecuada en la red de agua contraincendio, de manera que se disponga de un mínimo de 100 psig (7 kg/cm<sup>2</sup> man) en cualquier punto de la misma, así como para suministrar la cantidad de agua requerida para brindar la protección contraincendio durante trabajos de reparación o mantenimiento, sin que para ello sea necesario poner en funcionamiento las bombas principales de contraincendio, puede instalarse una bomba "Jockey" (figura 6A/B) de mantenimiento de presión, accionada con motor eléctrico. Las bombas "Jockey" deben tener una presión de descarga similar a la de las bombas contraincendio, instrumentadas con un paro automático que actúe cuando en la red contraincendio se registre una presión de un 30% por arriba de la presión de descarga nominal de las bombas contraincendio, así como un arranque automático que se accione cuando en dicha red, se registre una presión de un 20% por abajo de la presión de descarga nominal de las mismas bombas

Las bombas Jockey deben contar con una capacidad de 125 gpm (473.40 lpm) y máxima de 250 gpm (946.20 lpm).

En las redes contraincendio que se encuentren permanentemente presionadas, es recomendable que éstas cuenten con alarmas visuales y audibles por baja presión, cuya señal se reciba en los centros de control y/o en la Central Contraincendio.



## 2.2 ACCIONADORES

Para el accionamiento de las bombas contraincendio se tienen motores de combustión interna y motores eléctricos.

### 2.2.1 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

En cualquier caso, los motores de combustión interna que accionen bombas de agua contraincendio deben ser del tipo Diesel; para estos casos, no está permitido el uso de motores de combustión interna de ignición por bujía (motores a gasolina).

Por cada bomba principal accionada con motor eléctrico, debe existir una de las mismas características accionada con motor de combustión interna.

Cada motor de combustión interna debe tener su propio escape de gases equipado con matachispas, fuera de la casa de bombas para su descarga a la atmósfera, con objeto de que los gases expulsados no afecten al personal o a las instalaciones cercanas. Cada motor de combustión interna, debe tener un tanque cuya capacidad de almacenamiento de combustible garantice su funcionamiento sin interrupción durante 8 horas como mínimo, trabajando a su máxima capacidad, cada motor debe tener su tanque individual de combustible con dispositivos indicadores de nivel (tales como cristales de nivel resistentes al impacto o del tipo flotador).- Queda prohibido el uso de mangueras flexibles o de tubos de vidrio convencionales para cumplir esta última función. El arreglo y/o configuración general de una bomba contraincendio de combustión interna a diesel se muestra en la figura 7.

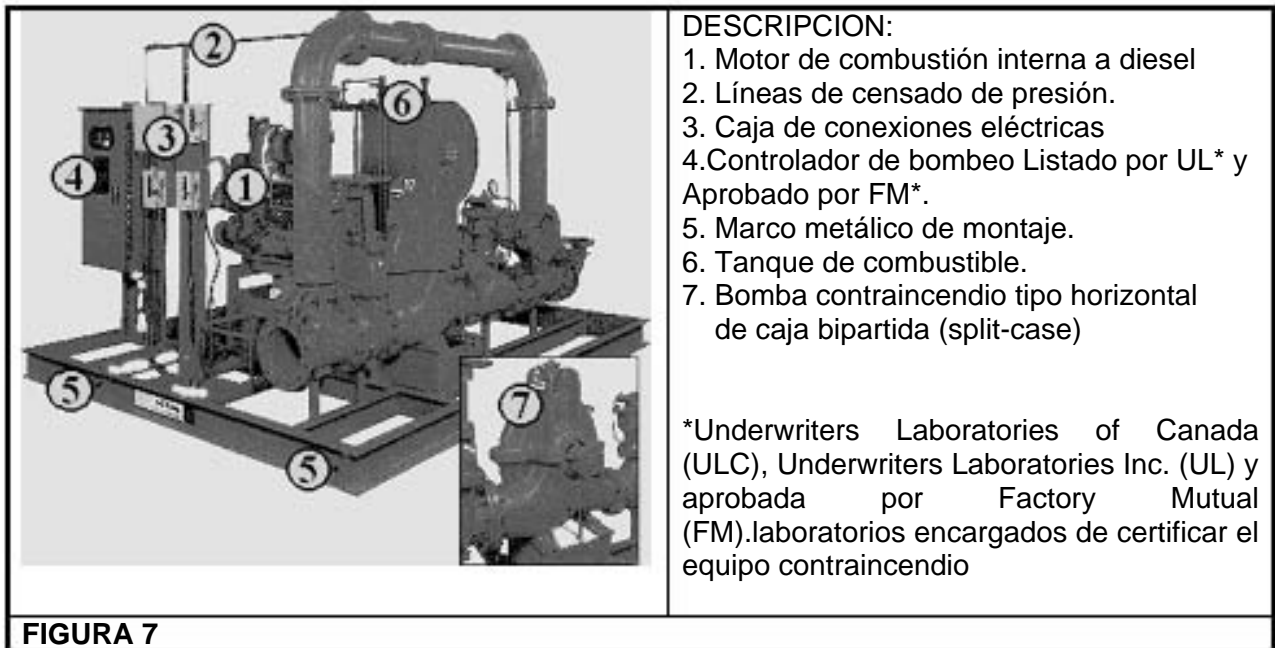


FIGURA 7

Normalmente el sistema de enfriamiento de los motores de combustión interna es por agua, dicho sistema constituye un circuito cerrado y el agua es enfriada en un cambiador de calor agua-aire (radiador), para lo cual debe efectuarse una derivación en la descarga de la bomba para alimentar al cambiador de calor.

### **Instrumentos de control para motores de combustión interna.**

Los motores de combustión interna deben tener como mínimo los siguientes instrumentos de control:

- Tacómetro.
- Manómetro para aceite lubricante.
- Indicador de temperatura de aceite lubricante.
- Indicador de temperatura de agua de enfriamiento.
- Amperímetro.

Los motores de combustión interna deben tener como mínimo los siguientes dispositivos de protección:

- Alarma por baja presión de aceite.
- Alarma por alta temperatura de aceite.
- Alarma por alta temperatura de agua de enfriamiento.
- Alarma por bajo nivel de aceite.
- Paro automático por sobre-velocidad (para motores mayores de 200 H.P.).

### **2.2.2 MOTORES ELECTRICOS**

Los motores eléctricos para accionamiento de las bombas contra incendio deben ser trifásicos de corriente alterna y de inducción tipo "jaula de ardilla", deben de cumplir con la clasificación de la National Electric Manufacturers Association (NEMA), que los clasifica mediante letras, según la intensidad de la corriente de arranque y la nominal. Existen seis clases designadas por las letras a,b,c,d,e y f marcadas en la placa de los motores; por medio de ellas se determina la capacidad de corto circuito de los fusibles y los otros elementos de protección del motor.

La capacidad de los motores eléctricos debe ser suficiente para no exponerlos a sobrecargas que excedan el límite del factor de servicio, a la potencia máxima efectiva y a la velocidad nominal. La instalación de líneas eléctricas dentro de la caseta o cobertizo de bombas debe ser del tipo oculto, alojadas en tubería "conduit" hasta la conexión con el motor de la bomba.

### 2.3. VÁLVULAS

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede detener o regular la circulación (paso) de líquidos (o gases) mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos

#### Válvulas de compuerta.

La ventaja más importante de las válvulas de compuerta (**figura 11**) es que presentan poca restricción al flujo cuando están abiertas del todo. Sin embargo, por los efectos del flujo contra la cuña que no tiene soporte, estas válvulas no son eficaces para estrangulación. El traqueteo inducido por la velocidad del medio circulante contra una cuña parcialmente abierta más los ciclos frecuentes a la presión de la tubería, producen arrastre en el lado de corriente abajo que, combinado con la erosión, ocasiona desgaste del asiento y fugas.

Hay que cambiar con frecuencia las empaquetaduras porque son de vueltas múltiples y puede haber desgaste serio en el vástago. Otro factor que influye en los altos costos es el mantenimiento pues se debe de hacer un reacondicionamiento periódico de los asientos.



Para el uso de las válvulas de compuerta en las redes contraincendio, los requisitos mínimos se señalan a continuación :



DIAMETRO ( pulg )	DESCRIPCION
DE ½" A 1½" Φ	Clase 150 aga (wog), roscada, cuerpo e interiores de bronce ASTM b-62, de vástago ascendente, bonete con tuerca unión, asientos integrales, cuña sólida, volante de aluminio.
1½" Φ	Exclusiva para hidrante, clase 200 aga (wog) roscada, cuerpo e interiores de bronce ASTM b-62, con extremos roscados macho y hembra, rosca hembra NPT y rosca macho NSHT de 9 hilos/pulg., con volante de acero, tapa y cadena.
2½" Φ	Exclusiva para hidrante, clase 200 aga (wog) roscada, cuerpo e interiores de bronce ASTM b-62, con extremos roscados macho y hembra, rosca hembra NPT y rosca macho NSHT de 7½ hilos/pulg., con volante de acero, tapa y cadena.
DE 2" A 30" Φ	Clase 150# ansi, bridada, cara realzada, cuerpo de acero al carbón ASTM a-216, con interiores de acero inoxidable 11-13% cromo aisi 410, vástago ascendente ASTM-276 tipo 410, cuña sólida, bonete bridado, volante fijo.

### **Válvulas de mariposa**

Las válvulas de mariposa (**figura 12A/B**) son sencillas, pequeñas, de poco peso y de bajo costo. Su circulación rectilínea minimiza la acumulación de sedimentos y produce poca caída de presión. Otra ventaja es que son de 1/4 de vuelta. Los tipos más recientes son para manejo de grandes volúmenes de líquidos, gases o pastas aguadas. Algunos tipos tienen asientos duros con sellos anulares alrededor del disco; otros, pueden tener asiento blando y disco descentrado. El diseño se determina por los requisitos de servicio que pueden incluir temperaturas de 1 000°F a -32°F cierre hermético hasta de 1 500 psi . Subsisten algunos problemas de sellado y torsión y es difícil estrangular con una válvula de mariposa entre las posiciones de 60° de apertura y apertura total.

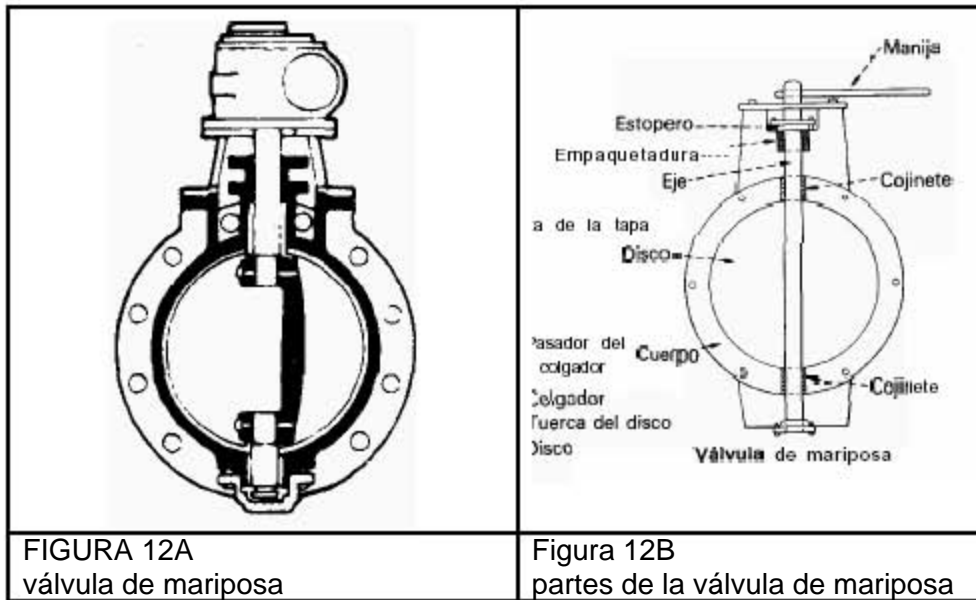


FIGURA 12A  
válvula de mariposa

Figura 12B  
partes de la válvula de mariposa

Para el uso de las válvulas de mariposa en las redes contraincendio, los requisitos mínimos son los siguientes:

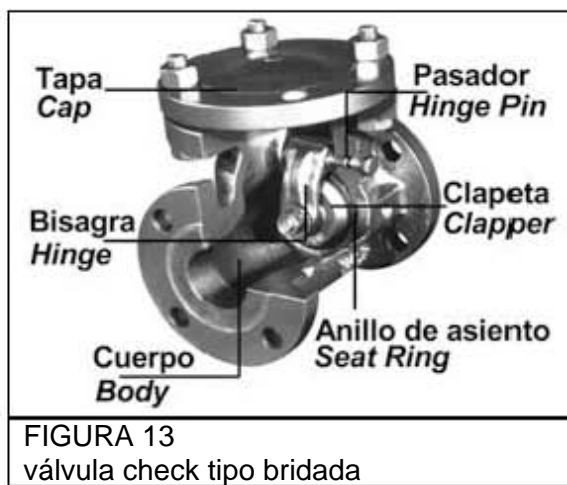
PARTE	DESCRIPCION
Cuerpo	De una sola pieza de acero al carbón a-216 wcb, espesor mínimo de acuerdo al ANSI B16.34. si se requiere con actuador eléctrico (Sist. de aspersores), la brida del cuello debe ser robusta para soportar el cuerpo del actuador, con mínimo 2 barrenos para facilitar su montaje.
Montaje	Para montaje entre bridas, tipo lug (orejada) o de brida simple, clase 150#, el cuerpo de la válvula debe contar con barrenos machueleados para su colocación
Disco Y vástago	De aluminio-bronce ASTM-148-952 o similar, con una hermeticidad del disco-asiento, con doble excentricidad en el disco para minimizar el desgaste y la distorsión del asiento, con disco diseñado para obtener mínima caída de presión a flujo máximo, con unión disco-vástago con dos tornillos de sujeción de acero inoxidable 316 y empaque, con vástago de acero inoxidable
ASIENTO	De elastómero (buna n, epdm) flexible, que permita absorber las deformaciones causadas por un material extraño y que al retirarlo, recupere su forma original; de diseño bidireccional y hermético.

**Válvula de retención.**

Una válvula de retención (**figura 13**) permite el flujo solamente en una dirección. Se abre debido a la presión del fluido que circula en una determinada dirección; cuando se detiene el flujo o tiende a invertirse, la válvula cierra automáticamente por gravedad o por medio de un resorte que hace presión sobre el disco. Generalmente son utilizadas cuando se necesita resistencia mínima a la circulación, por ejemplo, para tuberías verticales que tienen circulación ascendente.

Para el uso de las válvulas check en las redes contraincendio, los requisitos mínimos son los siguientes:

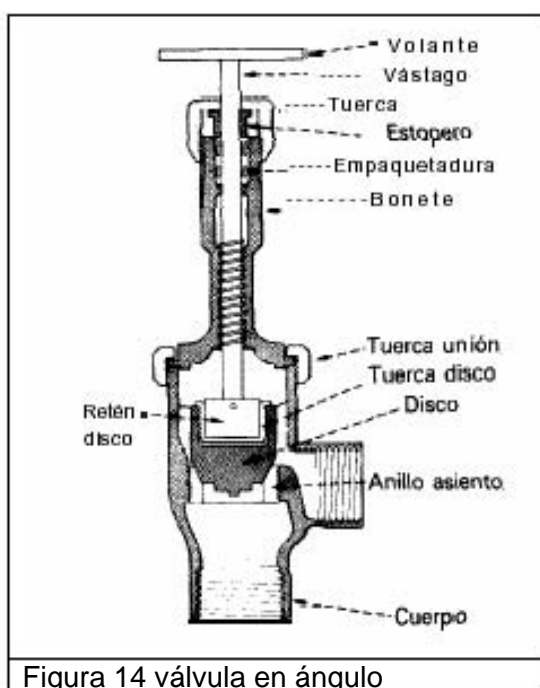
DIAMETRO (pulg)	DESCRIPCION
DE ½" A 1½" Φ	Clase 150 aga (wog) roscada, cuerpo de bronce ASTM b-62, interiores de bronce ASTM b-62, tipo pistón, tapa con tuercas unión, discos reemplazables.
2" A 30" Φ	Clase 150 ANSI, bridada, cara realzada, cuerpo de acero al carbón ASTM a-216, interiores de acero inoxidable 11-13% cromo aisi-410, tipo columpio, tapa bridada.
DE ½" A 1½" Φ	Clase 200 aga (wog) roscada, cuerpo de bronce ASTM b-61, interiores de bronce ASTM b-62, tipo columpio, tapa roscada.



### Válvulas en ángulo

Las válvulas en ángulo (**figura 14**) son, básicamente, válvulas de globo que tienen conexiones de entrada y de salida en ángulo recto. Su empleo principal es para servicio de estrangulación y presentan menos resistencia al flujo que las de globo. Al abrirlas, el vástago gira y se mueve hacia afuera. Los componentes de la válvula de ángulo son los mismos para el vástago, disco y anillos de asiento que en las de globo. El eje del vástago está alineado con uno de los extremos.

La forma en ángulo recto del cuerpo elimina el uso de un codo porque el flujo en el lado de entrada está en ángulo recto con la del lado de salida. Los materiales de construcción y tamaños son más o menos los mismos que para las válvulas de globo: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable; PVC, polipropileno, Penton y grafito impermeable.



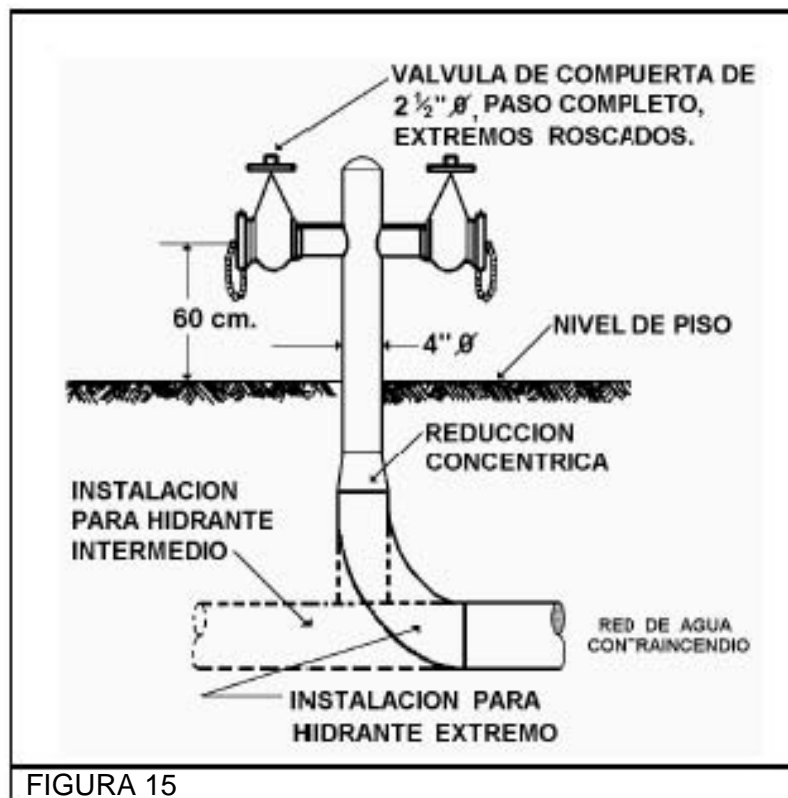
Para el uso de las válvulas EN ANGULO en las redes contraincendio, los requisitos mínimos son los siguientes:

DIAMETRO (pulg)	DESCRIPCION
DE 1½" Y 2½" Φ	Válvula de ángulo (exclusiva para gabinetes), clase 300 swp, roscada; con cuerpo, vástago e interiores de bronce ASTM de 1½" y 2½". b-61, bonete roscado, vástago ascendente, entrada hembra, cuerda de 9 hilos/pulg. Para 1½" y de 7½ hilos/pulg. para 2½" .

## 2.4 DISPOSITIVOS DE APLICACION

### 2.4.1 Hidrante

Es una instalación derivada de la red de contraincendio colocada por encima del nivel de piso terminado; y tienen la función de proporcionar un flujo suficiente de agua para combatir cualquier incendio que pudiera presentarse. Constituidos por dos tomas para conectar mangueras de 2½ pulg (63.5 mm) de diámetro como se muestra en la **fig.15**.



Los requisitos mínimos para instalar hidrantes en las redes contraincendio son:

HIDRANTE (CONTRAINCENDIO), fabricado con tubo de 6 pulg (152.4 mm) de diámetro, con dos niples de 2½ pulg (63.5 mm) de diámetro, de acero al carbón sin costura, con cuerda macho NPT en el extremo libre, soldado transversalmente en la parte superior del tubo a una altura de 60 cm sobre el nivel de piso terminado, con válvulas de compuerta de 2½ pulg (63.5 mm) de diámetro, de bronce, entrada hembra con cuerda NPT, en la salida niple adaptador doble macho de 2½ pulg (63.5 mm) de diámetro, cuerda NPT en el extremo de la válvula y en el otro extremo salida macho cuerda NSHT, con tapa de bronce. El extremo superior del tubo principal será cegado con un tapón cachucha de acero al carbón para soldar.

La distancia entre los hidrantes en áreas de proceso, como las Plantas Criogénicas, casa de bombas de productos y llenaderas, será máximo de 30 m; en el resto de las áreas la distancia entre hidrantes deberá ser igual o menor a 50 m.

Los hidrantes deberán conectarse a la red mediante una tubería de 6 pulg (152.4 mm) de diámetro mínimo y manejar un flujo de 500 gpm en dos tomas de 250 gpm de 2½ pulg (63.5 mm) de diámetro cada una.

### 2.4.2 Monitor-Hidrante

Los monitores-hidrantes (**figura 16**) deberán conectarse a la red mediante una tubería de 6 pulg (152.4 mm) de diámetro mínimo. La distancia entre los monitores-hidrantes en áreas de proceso, como las Plantas Criogénicas, casa de bombas de productos y llenaderas, será de no más de 50 m.

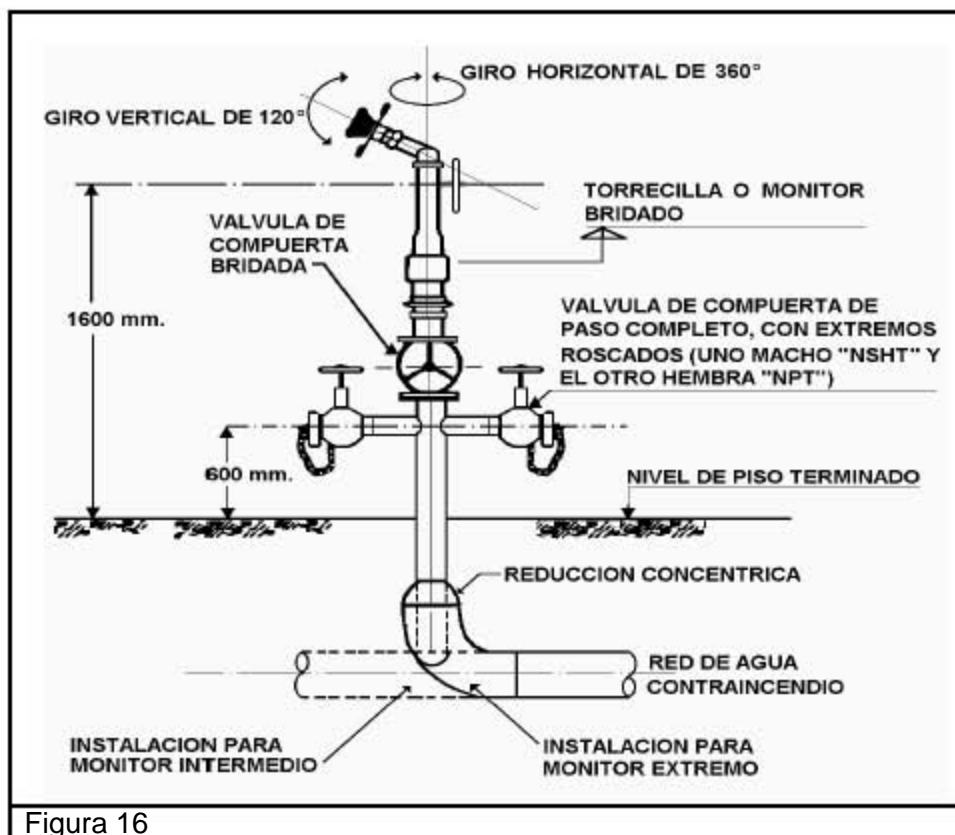


Figura 16

El alcance mínimo del chorro de agua del monitor, debe ser de 30 m a una presión de 100 psig

Los monitores deben ser del tipo corazón para instalación fija con maneral marca Elkhart o similar, de bronce con las siguientes características de acuerdo al flujo manejado:

Los monitores deben ser de boquilla de niebla graduable y chorro, de 2.5 pulg y deberán girar 120° en plano vertical y 180° en plano horizontal.

Los diferentes tipos de Hidrantes-Monitores que se deberán instalar en el sistema contraincendio deberán tener las siguientes características:

Hidrante- Monitor de 500 gpm.- Incluye monitor con boquilla de 500 gpm y dos tomas para manguera de 2½ pulg de diámetro cada una.

Hidrante-Monitor de 500 gpm con toma para camión.- Incluye monitor con boquilla de 500 gpm y dos tomas de 250 gpm para manguera de 2 ½ pulg de diámetro cada una, con toma para camión de 6 pulg de diámetro.

Hidrante-Monitor de 1000 gpm.- Incluye monitor con boquilla de 1000 gpm con operación en plataforma o sin plataforma y dos tomas de 250 gpm para manguera de 2 ½ pulg de diámetro cada una.

Hidrante-Monitor de 1000 gpm con toma para camión.- Incluye monitor con boquilla de 1000 gpm con operación en plataforma y dos tomas de 250 gpm para manguera de 2½ pulg de diámetro cada una así como toma para camión de 6 pulg de diámetro.

En caso de requerirse una ampliación al área protegida por los monitores, estos se colocarán sobre plataformas elevadas protegidas con barandales y provistos de una escalera de acceso instalada del lado que se considere menos expuesto a las radiaciones de un posible incendio, por lo que debe considerarse la dirección del viento.

### **2.4.3 DEFLECTORES Y SISTEMAS DE ASPERSIÓN POR ESPREAS**

Estos sistemas resultan ser efectivos para la prevención, control y extinción de incendios en donde se almacenan productos inflamables o combustibles, además protegen bien cualquier estructura o tanque de almacenamiento de la radiación ocasionada por un incendio adyacente que pudiera incrementar la presión y temperatura de los gases y líquidos que se manejan, en el **Capítulo IV sección 4.1** se dará mayor información acerca de estos equipos

# CAPITULO III

## SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CONTRA INCENDIO



Para poder plantear una situación actual de cualquier sistema, se deberá de hacer una recopilación de información, en este caso se obtuvo mediante levantamientos en campo. Esta actividad tiene un papel crítico, relevante en el diagnóstico de un sistema, además de recopilar información, también se corrobora que la información documentada sea veraz. Ya que sin un levantamiento en campo, es difícil tener información fidedigna y no se podría plantear una situación actual del sistema.

Se realizaron isométricos de tuberías en las zonas de esfera E-01 y esferas E-02/E-03.

Los documentos recopilados fueron:

Recopilación de diversos planos de las áreas de:

**ESFERA E-01**

Plano de la Red general de agua contraincendio y gastos volumétricos de agua de enfriamiento para emergencias.

Plano de la Red de agua contraincendio para el área E-01

Isométrico de la esfera E-01.

**ESFERA E-02/E-03**

Plano de la red de agua para las esferas E-02/E-03.

Isométrico de la esfera E-02/E-03.

La red hidráulica actualmente cuenta con el siguiente equipo:

Para el abastecimiento de agua a la red, se cuenta con un tanque atmosférico de tapas fijas TA-01 de agua cruda con capacidad de 100,000 barriles.

Para el suministro de agua contraincendio (a las áreas que así lo requieran) cuenta con 5 equipos de bombeo, dicho suministro se realiza desde las bombas (B-1) y (B-2) con motor eléctrico, (B-3) y (B-4) con motor diesel, específicas para este fin y una bomba jockey (BJ-1) con motor eléctrico, la cual mantendrá presurizada la red contraincendio. Todas las bombas están localizadas en la zona sureste del complejo y tienen configuración en paralelo (ver Anexo I, curvas de las bombas y arreglo del equipo de bombeo).

Capacidades de las bombas contraincendio:

<b>BOMBA</b>	<b>FLUJO</b>	<b>POTENCIA</b>
(B-1)	2,500 gpm (9,462 lpm)	450 HP
(B-2)	2,500 gpm (9,462 lpm)	450 HP
(B-3)	2,500 gpm (9,462 lpm)	450 HP
(B-4)	2,500 gpm (9,462 lpm)	450 HP
(BJ-1)	500 gpm (3,875 lpm)	90 HP

En caso de una contingencia, en la red contraincendio solo se contempla el flujo de las bombas principales B-1 y B-2, el flujo suministrado por las bombas de relevo B-3 y B-4, solo se contempla si no funcionan las bombas principales (falla mecánica, mantenimiento, etc.).

### OPERACIÓN DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO

A condiciones normales (de no incendio) la red general del sistema contra incendio deberá mantenerse a una presión de 150 psig (10.54 kg/cm<sup>2</sup> man).

La secuencia de operación del sistema de bombeo en caso de una contingencia será la siguiente:

- a) Al presentarse una disminución en la presión de la red general, la bomba jockey entrará en operación para restablecerla. Ésta arrancará 30 segundos después de que la presión baje a 140 psig (9.84 kg/cm<sup>2</sup> man), por medio del interruptor por baja presión y un temporizador (retardador). El caudal de agua en ese momento será de 500 gpm (1892.70 lpm).
- a.1) Cuando la presión se restablezca a 150 psig (10.54 kg/cm<sup>2</sup> man), el interruptor por alta presión enviará la señal de paro a esta bomba, la cual deberá detenerse 120 segundos después de haber recibido la señal.
- b) Si la disminución de la presión continua hasta las 135 psig. (9.50 Kg/cm<sup>2</sup> man) y aumenta la demanda de agua, el interruptor por baja presión enviará la señal para el arranque automático de la bomba principal de motor eléctrico, la cual deberá arrancar 30 segundos después de recibida la señal. Por otra parte, dicho interruptor de presión deberá enviar señal de paro a la bomba jockey , la cual parará de manera automática después de 30 segundos de haber recibido la señal. El caudal de agua contraincendio en ese momento será de 2500 gpm (9463.52 lpm).
- c) En el caso de que la presión de la red llegue a un valor de 155 psig (10.90 kg/cm<sup>2</sup> man), el interruptor por baja presión (exclusivo de las bombas contraincendio principales) enviará la señal de arranque a la bomba de motor de combustión interna, misma que deberá arrancar 30 segundos después de haber recibido la señal de arranque. El flujo total de agua contraincendio será de 5000 gpm (18927.06 lpm).
- c.1) Si se ha logrado controlar el incidente, **el personal podrá parar las bombas contraincendio; y automáticamente entrara en operación la bomba jockey en caso de tener una presión menor a 150 psig (10.54 kg/cm<sup>2</sup> man).**
- c.2.) Si por alguna circunstancia, la presión en la red de agua contraincendio alcanza las 200 psig. (14.06 kg/cm<sup>2</sup> man), las válvulas de relevo de las bombas entrarán en operación para liberar la presión del sistema y el agua será enviada al tanque de almacenamiento de agua contraincendio TA-01.
- d) Si la presión se mantiene en 155 psig (10.90 kg/cm<sup>2</sup> man), lo que supondría que la bomba accionada por motor eléctrico no arrancó o se paró por falla, el interruptor por baja presión (exclusivo de las bombas contraincendio) accionará en forma directa la bomba de respaldo con motor de combustión interna. El flujo total proporcionado a la red general por las dos bombas en operación será de 5000 gpm (18927.06 lpm).
- d.1) Si se ha logrado controlar el incidente, **el personal podrá parar las bombas contraincendio; y automáticamente entrara en operación la bomba jockey en caso de tener una presión menor a 150 psig (10.54 kg/cm<sup>2</sup> man).**

Es importante señalar que el sistema de control y arranque de cada bomba es independiente una de la otra, de tal manera que si alguno de los equipos no entrará en operación no sería impedimento para que el resto de ellos se activen de manera automática.

Los dispositivos y/o equipos de aplicación en las 2 áreas analizadas tienen las características siguientes:

Boquillas de aspersion en el área de la esfera E-01:

Tipo de boquilla	Cono Lleno ("Full jet")
Modelo	1H11W
Fabricante	Spraying System Co. o Similar
Consumo de Agua	47 gpm (cada una)
Conexión	Tipo macho, de 1 pulg.
Angulo de apertura	117° a 80 psig de presión mínima a la entrada de la boquilla.
Material	Bronce
Diámetro del orificio	1 ¼ pulg

Boquillas de aspersion para el área de la esfera E-02/E-03

Tipo de boquilla	Cono Lleno ("Full jet")
Modelo	1H11W
Fabricante	Spraying System Co. o Similar
Consumo de Agua	32 gpm (cada una)
Conexión	Tipo macho, de 1 pulg.
Angulo de apertura	117° a 80 psig de presión mínima a la entrada de la boquilla.
Material	Bronce
Diámetro del orificio	1 pulg

Hidrantes-Monitor (Área E-01)

Tubería de 6 pulg de diámetro, incluye boquilla para manejar un flujo de 500 gpm, con dos tomas de 250 gpm de 2 ½ pulg de diámetro cada una, válvulas tipo macho de 2½ pulg de diámetro, de paso completo con extremos roscados (uno macho NSHT y otro hembra NPT), con conexión para manguera y tapón con cadena.

Hidrante-Monitor (Área E-02/E-03)

Tubería de 6 pulg de diámetro, incluye boquilla para manejar un flujo de 750 gpm, con dos tomas de 250 gpm de 2 ½ pulg de diámetro cada una, válvulas tipo macho de 2½ pulg de diámetro, de paso completo con extremos roscados (uno macho NSHT y otro hembra NPT), con conexión para manguera y tapón con cadena.

### **ÀREA DE LA ESFERA E-01**

Es un área localizada en dirección nor-oeste a 336.76 metros de distancia de la casa de bombas contraincendio, medidos desde la caja de válvulas CV-84 del cabezal principal de salida de agua para protección contraincendio hasta lo zona de almacenamiento de MVC, cuenta con un área aproximada de 3409m<sup>2</sup> (51.54m X 66.15m).

El equipo de aplicación con el que se cuenta es el siguiente:

- 1 Hidrante – monitor
- 1 Deflector
- 46 Espreas

El equipo a proteger (riesgo mayor) es un tanque de almacenamiento presurizado de tipo esférico de (107836.9 ft<sup>3</sup>) (3053.6 m<sup>3</sup>) de capacidad, tiene un diámetro de 18 m (59 ft), para la protección contraincendio del hemisferio inferior se cuenta con 2 anillos de aspersion. El tipo de espreas utilizadas para la protección contraincendio son del tipo cono lleno o full jet. Para protección contraincendio del hemisferio superior, se cuenta con un deflector o cono distribuidor de 6 pulg de diámetro.

### ÀREA DE LAS ESFERAS E-02/E-03

Es un área localizada en dirección nor-oeste a **553 metros** de distancia de la casa de bombas contraincendio, medidos desde la caja de válvulas **CV-84** del cabezal principal de salida de agua para protección contraincendio hasta lo zona de las esferas E-02/E-03, cuenta con un área aproximada de 41103.10m<sup>2</sup> (209.24m X 196.44m).

El equipo de aplicación es el siguiente:

- 2 Hidrantes – monitor
- 2 Deflectores
- 45 Espreas

Los equipos a proteger en esta zona son dos tanques de almacenamiento presurizado de tipo esférico de (28122.13 ft<sup>3</sup>) (796.33 m<sup>3</sup>) de capacidad, ambos tanques cuentan con un diámetro de 11.5 m (37.73 ft). Para su protección contraincendio, ambos tanques cuentan con 2 anillos de aspersion en el hemisferio inferior. El tipo de espreas utilizadas para la protección contraincendio son del tipo cono lleno o full jet. En cuanto al hemisferio superior, ambos tanques están protegidos por un deflector o cono distribuidor con 4 pulg de diámetro.

# CAPITULO IV

## PROTECCIÓN CONTRAINCENDIO A TANQUES PRESURIZADOS

**4.1.REQUISITOS PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO**

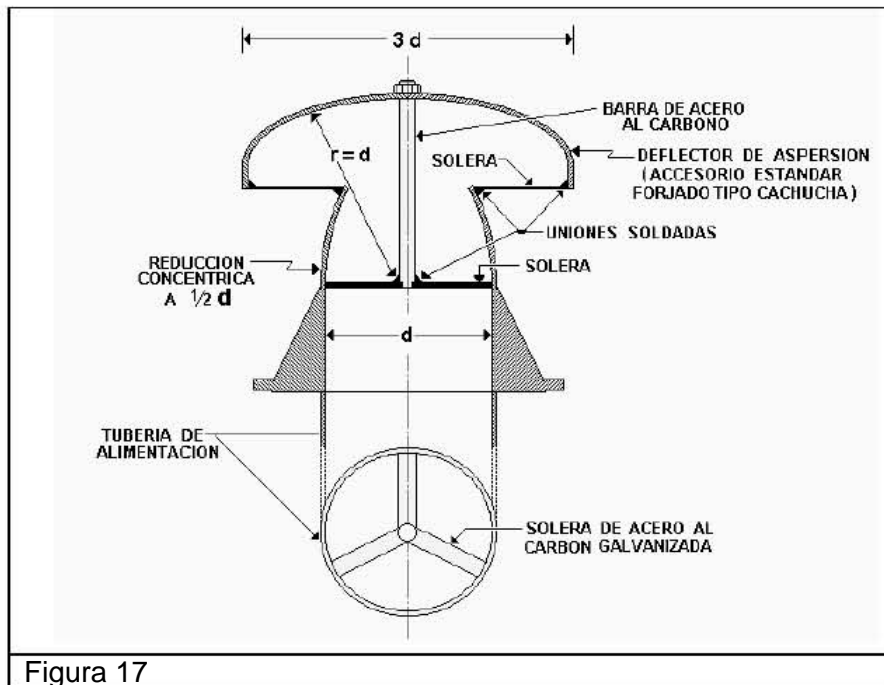
En las áreas de almacenamiento, el agua se considera como el principal recurso de protección contra incendio, especialmente como medio de enfriamiento.

La densidad de aplicación recomendada en la superficie expuesta no debe de ser menor a 10 lpm/m<sup>2</sup> (0.25 gpm/ft<sup>2</sup>) de superficie expuesta.

Como se mencionó en el **CAPITULO II, sección 2.4.3** Para el enfriamiento de recipientes se utilizan sistemas de aspersion basados en deflectores y boquillas

**Deflectores**

Para la superficie del hemisferio superior, el agua deberá aplicarse mediante un tubo con deflector o cono distribuidor situado en la parte superior de la esfera(ver figura No. 17), diseñado para conducir el volumen de agua necesario para cubrir la mitad superior del recipiente y/o hemisferio superior con la densidad de aplicación de 10 lpm/m<sup>2</sup> (0.25gpm/ft<sup>2</sup>), con velocidades de flujo que no excedan de 4.57 m/seg (15 ft/seg).



El deflector o cono distribuidor estará constituido por un accesorio estándar forjado tipo cachucha (“cap end” de tubería), que propicie que el agua sea descargada en forma de cortina de manera perpendicular a la superficie de la esfera; su diámetro será el equivalente a cuando menos 3 veces el diámetro de la tubería de descarga, y deberá fijarse mediante soleras de acero a la reducción concéntrica.

**ESPREAS**

Para la superficie del hemisferio inferior, el agua deberá aplicarse mediante espreas y/o boquillas aspersoras de cono lleno (tipo fulljet o spiraljet), que posean un ángulo de cobertura amplio, distribuidas en dos anillos de alimentación.

La tubería de los anillos de enfriamiento debe ser de acero al carbono, especificación ASTM A-53 Gr. B o equivalente, sin costura.

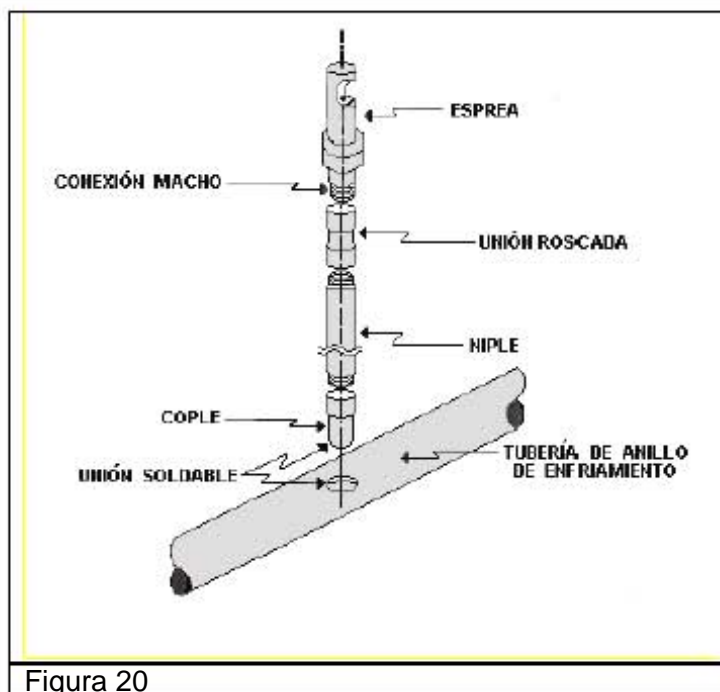
Debe evitarse la instalación de tuberías menores de 50.8 mm (2 pulg.) de diámetro en los arreglos de los sistemas de anillos de aspersores, excepto para la alimentación individual de cada boquilla de aspersión.

Dependiendo de los requerimientos de cada caso en particular, y en función de la calidad y de los sólidos en suspensión contenidos en el agua contraincendio, las espreas o boquillas aspersoras pueden ser:

- Tipo "fulljet" (figura 18) de cono lleno, conexión macho NPT, material bronce, de ángulo de aspersión amplio [ de 46° a 84° @ 5.44 kg/cm<sup>2</sup> (80 lb/pulg<sup>2</sup>) como mínimo], con patrón de rociado del tipo circular.
- Tipo "Spiraljet" (figura 19) de cono lleno, conexión macho NPT, material bronce, de ángulo de aspersión amplio [de 170° @ 0.68 kg/cm<sup>2</sup> (10 lb/pulg<sup>2</sup>) como mínimo], con patrón de rociado del tipo circular (En este tipo de boquillas no se tienen elementos internos que restrinjan el paso del agua, por lo que son menos susceptibles de tener taponamientos por cascarilla o basuras).



Las boquillas deben estar distanciadas entre sí, de manera que los extremos horizontales de los conos de aspersión se traslapen un mínimo de 15% de la longitud total de cobertura. Deberán de ir colocadas en la parte superior (lomo) de la tubería de alimentación para evitar su taponamiento debido a sedimentos de la tubería. El arreglo básico debe comprender un cople de acero al carbón de 3000# como mínimo, especificación ASTM A-105 o equivalente, con cuello soldable por el extremo que conecta a la tubería y roscado hembra por el extremo que se acopla a la boquilla aspersora, con cuerda NPT. En caso necesario, el arreglo puede incluir la instalación de un niple Cédula 160 como mínimo y un cople con rosca hembra NPT en ambos extremos, de las mismas características que las del cople primeramente citado, con el propósito de dar mayor extensión a la descarga de la boquilla aspersora ( ver figura No. 20).



Por razones de mantenimiento y por confiabilidad en la operación, en recipientes esféricos presurizados no deben utilizarse boquillas aspersoras menores de 9.52 mm (3/8 pulg) de diámetro, así como tampoco diámetros de orificio menores de 2.77 mm (7/64 pulg).

La suma de los gastos de cada una de las boquillas aspersoras, debe ser por lo menos equivalente al volumen de agua necesario para cubrir la superficie de la mitad inferior del recipiente y/o hemisferio inferior, con una densidad mínima de aplicación de 10 lpm/m<sup>2</sup> ( 0.25 gpm/ft<sup>2</sup> ).

Las longitudes de cobertura de las boquillas aspersoras de cono lleno, tanto del tipo Fulljet como Spiraljet, conociendo su ángulo de cobertura y la distancia entre la descarga de la boquilla y la envolvente del tanque, se encuentran contenidas en la siguiente tabla.



CAPACIDADES DE BOQUILLAS ASPERSORAS TIPO FULLJET DE CONO LLENO

DIAMETRO DE BOQUILLA [(CONEXION MACHO (H H))]				DIAMETRO DEL ORIFICIO	CAPACIDAD (GASTO) DE LA ESPREA A DIFERENTES PRESIONES DE OPERACION				ANGULO DE COBERTURA DEL CONO LLENO	
m.m. (pulg.)					Litros por minuto (Galones por minuto)					
0.5 (2.0)	12.7 (.50)	19.0 (.75)	25.4 (1.0)		3.81 kg/cm <sup>2</sup> (40 lbs/pulg <sup>2</sup> )	4.31 kg/cm <sup>2</sup> (45 lbs/pulg <sup>2</sup> )	5.44 kg/cm <sup>2</sup> (56 lbs/pulg <sup>2</sup> )	7.1 kg/cm <sup>2</sup> (73 lbs/pulg <sup>2</sup> )	1.48 kg/cm <sup>2</sup> (15 lbs/pulg <sup>2</sup> )	5.44 kg/cm <sup>2</sup> (56 lbs/pulg <sup>2</sup> )
●				2.77 (0.109)	6.81 (1.8)	8.32 (2.2)	9.46 (2.5)	10.59 (2.8)	50°	46°
●				3.57 (0.140)	10.97 (2.9)	13.24 (3.5)	15.13 (4.0)	16.65 (4.4)	67°	61°
●				4.76 (0.187)	15.89 (4.2)	19.30 (5.1)	21.95 (5.8)	24.22 (6.4)	90°	82°
	●			4.76 (0.187)	18.16 (4.8)	21.95 (5.8)	25.35 (6.7)	28.00 (7.4)	67°	61°
	●			6.35 (0.250)	28.76 (7.6)	34.82 (9.2)	40.11 (10.6)	44.66 (11.8)	91°	83°
		●		4.76 (0.187)	21.19 (5.6)	25.73 (6.8)	29.52 (7.8)	32.54 (8.6)	50°	46°
		●		6.35 (0.250)	33.68 (8.9)	40.49 (10.7)	46.93 (12.4)	51.85 (13.7)	70°	63°
		●		9.52 (0.375)	59.79 (15.6)	72.28 (19.1)	83.26 (22.0)	90.83 (24.0)	92°	84°
			●	5.95 (0.234)	35.57 (9.4)	43.52 (11.5)	49.58 (13.1)	54.87 (14.5)	50°	46°
			●	8.33 (0.328)	59.79 (15.6)	72.28 (19.1)	83.26 (22.0)	90.83 (24.0)	68°	62°
			●	9.52 (0.375)	67.36 (17.8)	79.48 (21.0)	94.62 (25.0)	102.18 (27.0)	81°	82°
			●	11.90 (0.468)	87.05 (23.0)	102.18 (27.0)	117.32 (31.0)	132.46 (35.0)	90°	94°
			●	11.90 (0.468)	102.18 (27.0)	121.11 (32.0)	140.03 (37.0)	155.17 (41.0)	92°	84°

La alimentación de agua contraincendio para cada esfera, debe llevarse a cabo por medio de un cabezal con capacidad suficiente para conducir el volumen requerido para la protección de la superficie total de la esfera. Cada uno de los extremos del cabezal de alimentación debe injertarse a diferentes secciones del anillo de la red general de agua contraincendio, con el siguiente arreglo (ver figura No. 21).

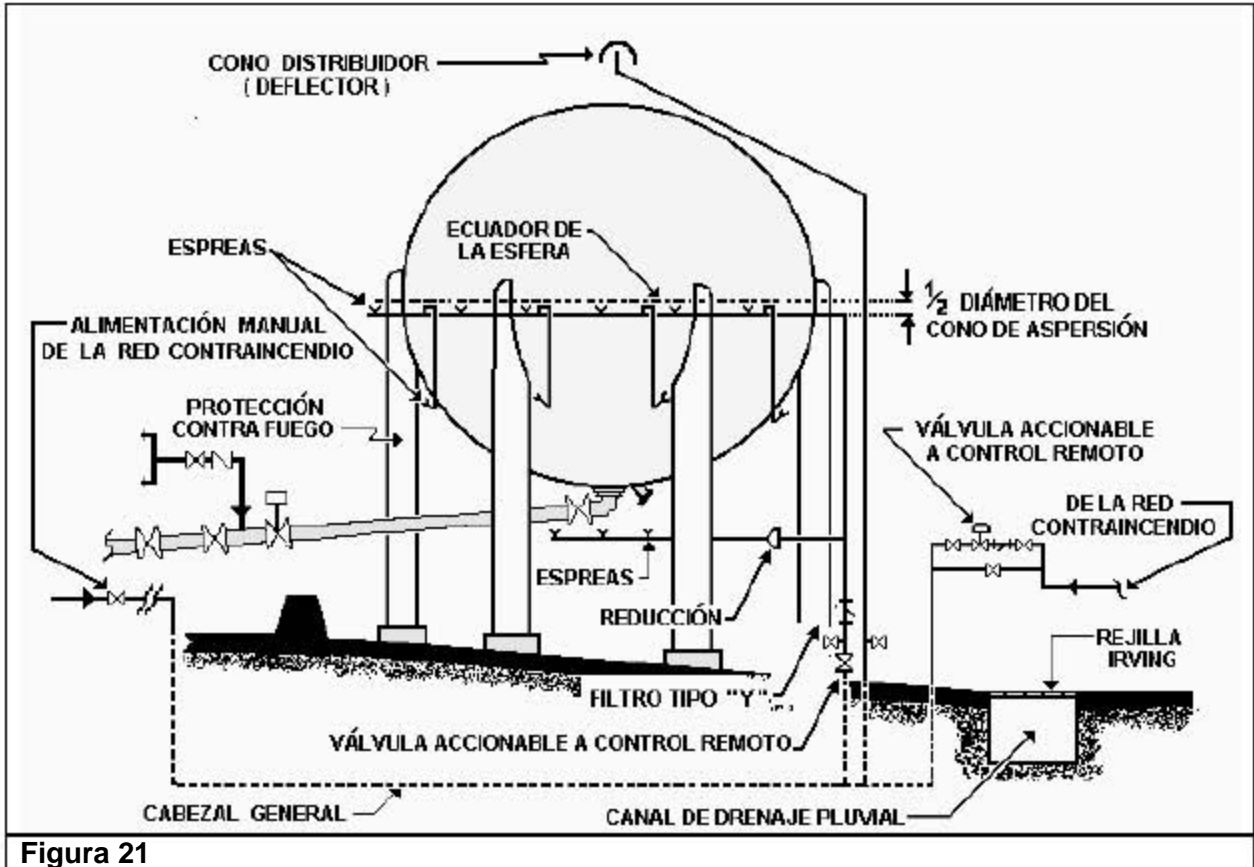


Figura 21

La alimentación del cabezal que se encuentre más cerca de la esfera, será controlada por una válvula automática motorizada que pueda ser operada, tanto por una señal proveniente de los detectores de mezclas inflamables ubicadas en el área de almacenamiento, o por acción remota desde el cuarto de control y deberá de contar con un arreglo de válvulas de bloqueo y un "By-Pass" para su mantenimiento.

Este cabezal debe tener dos derivaciones, una para alimentar el deflector o cono distribuidor situado en la parte superior de la esfera y otra para alimentar los dos anillos de aspersores, que protegen la parte inferior de la esfera, dotada de una válvula de bloqueo con actuador (accionable a control remoto) y un filtro tipo "y" localizados sobre la tubería de alimentación a los aspersores e inmediatamente después del injerto con el cabezal general de alimentación.

La posición de las válvulas automáticas deben ser "normalmente cerradas". El filtro no debe permitir el paso de partículas con diámetro mayor a la mitad del diámetro del orificio de las boquillas aspersoras.

La alimentación del otro extremo del cabezal puede ser controlada mediante una válvula manual, localizada en un lugar accesible y que no ofrezca riesgos al personal que la opere en caso de emergencia.

Debe instalarse una purga en la parte más baja del cabezal de alimentación, que permita el drenado total de todo el sistema cuando éste no se encuentre en operación.

Referente a los miembros estructurales; se debe considerar una boquilla aspersora adicional por cada uno de los miembros estructurales que sustentan la esfera. Estas boquillas deben alimentarse con tuberías individuales conectadas al anillo de aspersores situado en la parte media de la esfera, o bien, mediante “niples largos” conectados al anillo de aspersores situado en la parte inferior de la esfera, que se encuentren bien sujetos para evitar su deformación o ruptura. En ambos casos, las tuberías de alimentación deben injertarse en la parte superior (lomo) de los anillos de aspersores, para evitar su taponamiento (**ver figura No. 21**).

#### 4.2 ESTIMACION DEL FLUJO Y/O GASTO DE AGUA CONTRA INCENDIO

La estimación del gasto de agua para protección de zonas de almacenamiento contraincendio que circundan áreas de tanques esféricos de almacenamiento presurizados, debe considerar la suma de los gastos que demandan la cobertura de los siguientes conceptos:

- El gasto requerido para el enfriamiento de la superficie total del tanque esférico considerado como riesgo mayor.
- El gasto requerido para la operación de únicamente los deflectores o conos de distribución, de las esferas ubicadas dentro de un radio equivalente a 2.5 veces el diámetro de la esfera considerada como riesgo mayor.
- El gasto de 1 000 gpm requerido para: La operación de dos monitores de 500 gpm cada uno o de un monitor de 500 gpm y cuatro mangueras de 2½ pulg de diámetro de 250 gpm cada una, o de ocho mangueras de 1½ pulg de diámetro de 125 gpm cada una; para el enfriamiento de las tuberías de proceso, del equipo contraincendio y la protección del personal.

En aquellos lugares en los que la acción del viento puede ocasionar que la cobertura del cono distribuidor (deflector) no sea homogénea, podrá substituirse dicho distribuidor por los anillos de enfriamiento que se consideren necesarios para garantizar la cobertura uniforme de la mitad superior de la esfera, siempre y cuando el gasto suministrado por las boquillas aspersoras equivalga al volumen necesario para cubrir la mitad superior del recipiente.

### 4.3 ARREGLO DE TANQUES Y DISTANCIAMIENTOS MINIMOS.

En los arreglos de las áreas de almacenamiento, los tanques presurizados deben estar agrupados de acuerdo al tipo de recipiente contenedor; esféricos con esféricos y horizontales con horizontales; pues al tener áreas específicas para recipientes presurizados esféricos de almacenamiento, ofrecen las siguientes ventajas:

- Se reduce la concentración de riesgos.
- Disminuyen los requerimientos de agua contraincendio para proteger simultáneamente los recipientes que se encuentran agrupados y que se verían involucrados en una emergencia.
- Se reduce significativamente el efecto "dominó" en casos de siniestro.
- Se obtiene un mínimo de dos frentes de ataque para cualquier tanque de almacenamiento.
- Se optimiza la ocupación de espacios sin sacrificar la seguridad.

Además cada uno de los tanques de almacenamiento presurizados, tanto esféricos como horizontales, debe contar cuando menos con dos frentes de ataque para caso de incendio, ubicados preferentemente en sentido contrario a la dirección de los vientos dominantes.

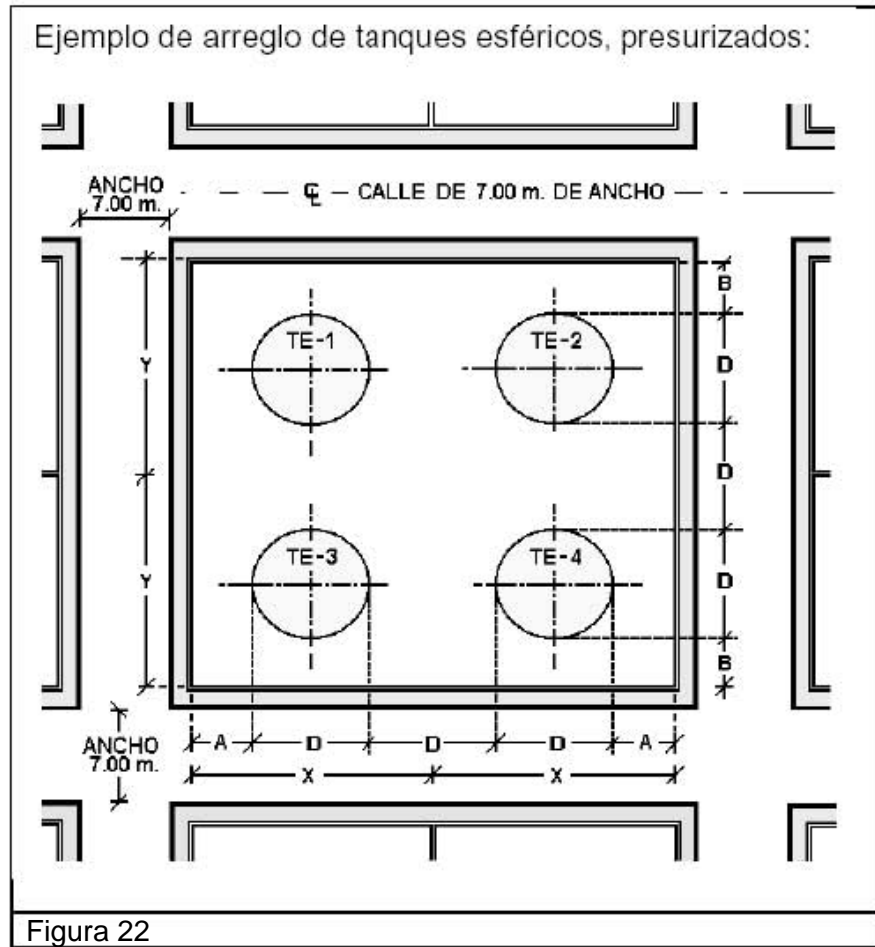
En el caso de tanques esféricos de almacenamiento, el número máximo de tanques agrupados en una manzana será de 4 (cuatro). Figura 22.

#### 4.3 Distanciamientos Mínimos.

La distancia mínima entre tangentes de tanques de almacenamiento a presión del tipo esférico, será de una vez el diámetro del tanque mayor o 15 metros, lo que resulte más grande.

El espaciamiento mínimo entre grupos de recipientes esféricos presurizados será de 30 metros.

La distancia mínima entre tangentes de tanques de almacenamiento a presión del tipo esférico, y tanques horizontales presurizados, será de una vez el diámetro del tanque más grande o 15 metros, lo que resulte mayor.



DISTANCIAS EN ARREGLOS DE TANQUES ESFERICOS A PRESION				
CAPACIDAD DEL TANQUE		Diámetro (D) (m)	A=B (1/2 D) (m)	X=Y (2A+D) (m)
(BLS)	(m <sup>3</sup> )			
5000	797.6	11.50	5.75	23.00
10000	1589	14.47	7.23	28.93
15000	2400.3	16.61	8.30	33.21
20000	3202.6	18.28	9.14	36.56
25000	3978.8	19.66	9.83	39.32

#### 4.4 DIQUES DE CONTENCIÓN Y DRENAJES.

Todos los tanques de almacenamiento sujetos a presión, (tanto esféricos como horizontales) aislados o en conjunto, deben poseer diques de contención de concreto armado. La altura de los muros de contención para cualquier tipo de tanque de almacenamiento presurizado, debe ser de 0.60m medidos a partir del nivel de piso terminado. Los diques serán sellados herméticamente; y debe evitarse el paso, a través de ellos, de tuberías ajenas a los tanques de almacenamiento que los rodean, incluyendo ductos eléctricos.

En el caso de tanques esféricos, un solo dique de contención puede abarcar hasta un máximo de 4 (cuatro) recipientes

Para conservar la hermeticidad de los diques de contención, debe llevarse a cabo el sellado (emboquillado) alrededor de las tuberías que crucen a través de los muros de contención. El piso interior de los diques de contención para tanques de almacenamiento presurizados, tendrá una pendiente mínima del 1% y máxima del 1.5% hacia el canal de drenaje pluvial, de manera que cualquier líquido vertido sea canalizado hacia dicho canal para evitar la acumulación de éstos bajo la sombra de los recipientes.

En el caso de conjuntos de 4 esferas, el dique de contención deberá abarcar la totalidad de los tanques y el canal del drenaje pluvial estará ubicado a la mitad del dique (figura 23).

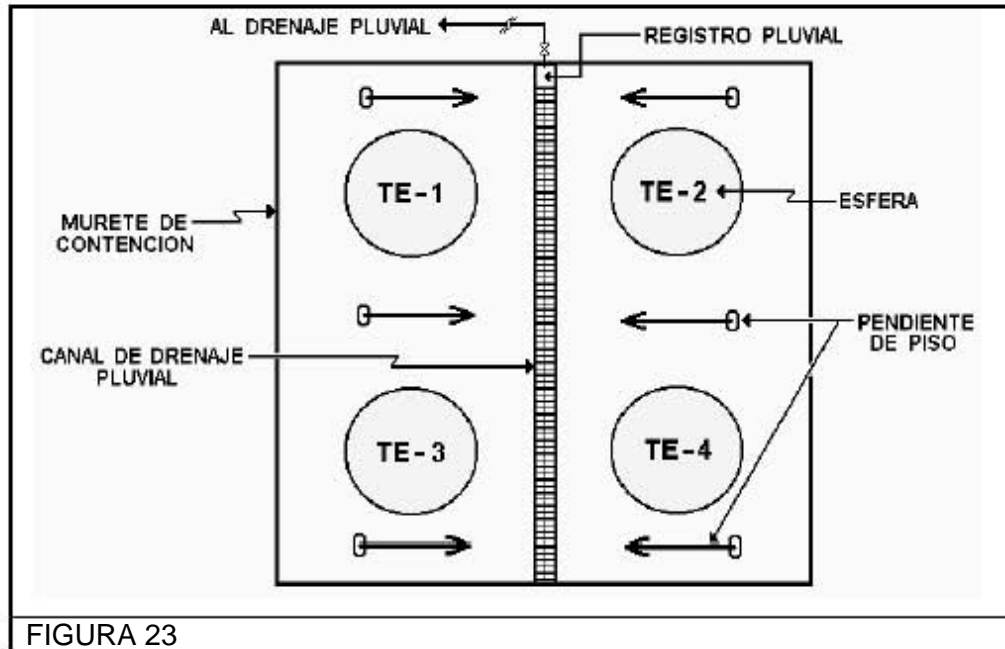


FIGURA 23

Para grupos de dos esferas, así como para esferas aisladas, el dique de contención deberá rodear los recipientes y el canal del drenaje pluvial deberá ubicarse a un costado y a todo lo largo del muro del dique (figura 24).

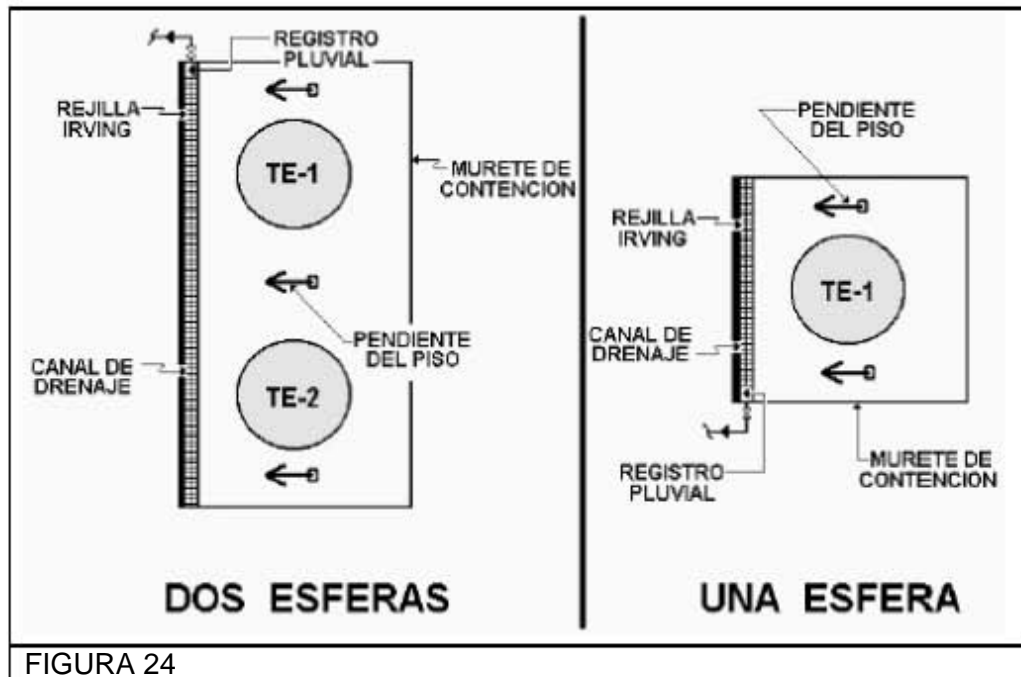


FIGURA 24

El patio interior de cada dique de contención, de tanques esféricos, debe contar con un canal de drenaje pluvial que en un extremo descargue a un registro con sello hidráulico y posteriormente a la tubería troncal de drenaje pluvial, por medio de una tubería de descarga de cuando menos 6 pulg (152 mm.) de diámetro que tenga integrada una válvula de bloqueo (Figura 25).

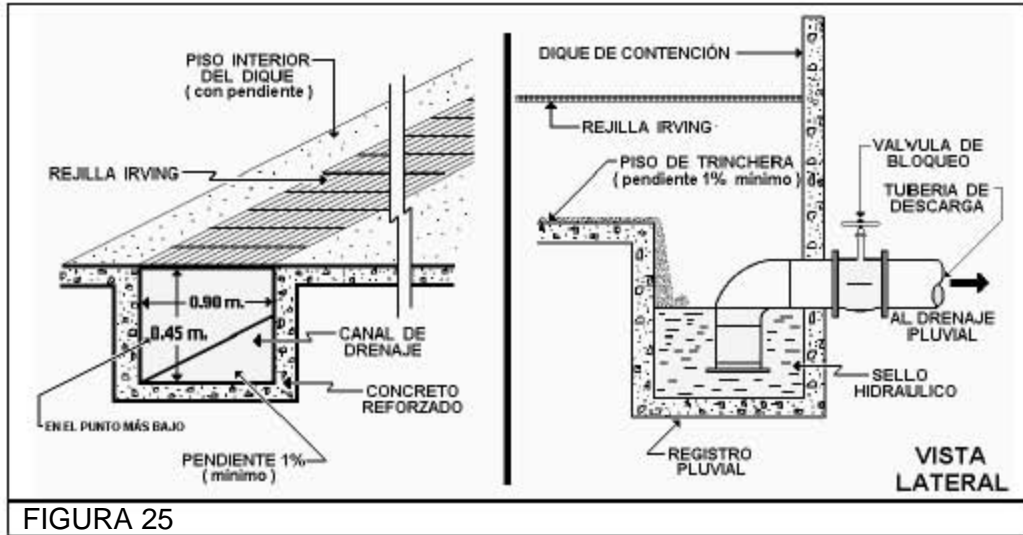


FIGURA 25

La trinchera del drenaje pluvial debe estar construida de concreto reforzado, con dimensiones mínimas de 0.90 m. de ancho por 0.45 m. de profundidad, cubierta con rejilla “Irving” en la longitud comprendida dentro del dique de contención y con una pendiente en su piso de un 1% como mínimo (Figura 25).



# CAPITULO V

## ANÁLISIS HIDRAULICO

### 5.1. CONSIDERACIONES:

Para el desarrollo del análisis hidráulico, las siguientes consideraciones aplican a todas las áreas analizadas.

Se considera que el suministro de agua contraincendio se realiza desde las bombas B-1, B-2, B-3, B-4, específicas para este fin, localizadas en la zona sureste del Complejo. Las bombas B-3 y B-4 solo serán utilizadas en caso de que las bombas B-1 y B-2 no funcionen.

### DIAGRAMAS

Esta memoria de cálculo se elaboró conforme a los arreglos mostrados en los siguientes diagramas:

- Red general de agua contraincendio y gastos volumétricos de agua de enfriamiento para emergencias ASIPA-00-11000-060 Rev. 2

### TUBERÍA

Se considera que el sistema de tuberías de agua contraincendio en el Complejo Petroquímico, fue diseñado y construido de acuerdo con lo indicado en la Especificación de tubería de PEMEX T9B "Almacenamiento, bombeo y distribución de agua contraincendio".

- Tubería de acero al carbón ASTM A-53 Grado B sin costura (tabla 1).

Tabla 1 Especificación de tuberías		
Diámetro nominal (Pulg)	Cedula	Diámetro interior(Pulg)
¾"	160	0.612
1"	80	0.957
1 ½"	80	1.500
2"	80	1.939
2 ½"	80	2.323
3"	40	3.068
4"	40	4.026
6"	40	6.065
8"	30	8.071
10"	30	10.136
12"	30	12.090
14"	20	13.376
16"	30	15.250
18"	Std	17.250







**ANÁLISIS / DIAGNOSTICO DE LA RED DE AGUA CONTRA INCENDIO**

Para el análisis hidráulico de la red de agua contra incendio se utilizará el programa SPRINK 1000, desarrollado por Municipal Hydraulics LTD, que emplea la ecuación de Hazen-William para el cálculo. Las corridas del programa se muestran en el **ANEXO III** del presente documento.

En la ecuación de Hazen-Williams, se considera como factor de corrección para calcular el gasto y la caída de presión en las tuberías, un valor de  $C=120$ , que corresponde a tubería con 20 años de operación, de acuerdo con lo indicado en el Manual de Procedimiento de Ingeniería de Diseño "Seguridad Industrial" de PEMEX

Alimentación de datos al programa:

Debido a la cantidad de datos que se deben de alimentar al programa, será necesario realizar diagramas de apoyo/referencia con el fin de identifica las líneas de tubería, nodos, hidrantes, hidrantes-monitor y boquillas de aspersion, la simbología utilizada se muestra en la **tabla 2**.

	LINEA
	NODO
	MONITOR CON HIDRANTE
	HIDRANTE
	BOQUILLA DE ASPERSIÓN
	ALIMENTACIÓN DE AGUA C. I.
<b>TABLA 2</b> - Representación de los equipos del sistema C.I. en diagramas	

Una vez identificadas las líneas y accesorios para introducirlos al programa y realizar el análisis hidráulico de la red de agua contra incendio se les asigna una literal y un número para que el programa pueda identificar a cada línea, nodo, hidrante, boquilla de aspersion y alimentación de agua. Las literales utilizadas se muestran en la **tabla 3**.

TABLA 3		
LITERAL	SIGNIFICADO	NÚMERO ASIGNADO
P	LINEA	100
R	NODO	300
N	HIDRANTE, DEFLECTOR, HIDRANTE MONITOR	*
S	BOQUILLA DE ASPERSION	600
I	ALIMENTACION DE AGUA C.I.	001
SE	CODO DE 90°	
GV	VÁLVULA DE COMPUERTA	
CV	VÁLVULA DE CORTE	
TT	TE DE FLUJO RECTO	

Asignación de literales para la programación.

\*Número indicado en las tabla 6.1B/C Y 6.2B.

Las unidades utilizadas en el programa se definieron de la siguiente manera:

Longitud de tubería (PLEN ) = metros, m

Diámetro de la tubería (PDIAM) = pulgadas, in

Flujo (FLOW) = gpm

Elevaciones (elev) = metros, m

Presión (PRESSURE) = lb/in<sup>2</sup>, psi

Factor de rugosidad de Hazen – Williams (C) = adimensional

Por ejemplo, para alimentar los datos de la zona de Almacenamiento de MVC, se realizó de la siguiente manera:

**P 100 001 300 544.68 -15.250 9SE 3GV 1CV 5TT**

El renglón anterior, se tomó del ANEXO III, el cual representa un ejemplo claro de los pasos explicados anteriormente, la primera letra y el número después de la literal(P100) indican que es una línea o tubería (**Tabla 3**).

El número **001**, representa a la zona de bombeo y solo en este caso es considerado como nodo.

El número (**300**), indica que la línea P100, termina en el nodo 300

El siguiente número indica la longitud total de la línea P100.

El número negativo **-15.25**, indica el diámetro interno de la tubería.

**9SE**, indica que en la línea P100, se tienen nueve codos de 90°; **3GV**, indica que se tienen tres válvulas de compuerta, **1CV**, indica que se tiene una válvula de check y **5TT** indica que se tienen 5 T's de flujo recto.

Como regla general, para contabilizar las líneas, siempre deberá de haber un nodo al inicio y uno al final,

**R 300 16**

El renglón anterior es la forma declaratoria de un nodo en el programa, con la literal y seguido el número de identificación. El número que esta en el extremo es la elevación (m) a la que se encuentra ese nodo.

**N 234 22 750 75**

El renglón anterior es la forma declaratoria para un dispositivo de aplicación: hidrante, hidrante-monitor o deflector, es identificado por la literal y un número correspondiente (N 234) (**Tabla 3**).

El número 22 indica la elevación a la que se encuentra.

El número 750, es el valor de flujo que maneja en gpm.  
El número al final del renglón, indica el factor adimensional K

**S 601 22.68 47 5.25**

El renglón anterior es la forma declaratoria para una esprea, se identifica por la literal y el número correspondiente (S 601).

El número 22.68, es la elevación a la que se encuentra.

El número 47, es la capacidad de flujo que maneja, en gpm.

5.25, es el factor K adimensional

**I 001 20 0 210 5000 193 7500 168**

El renglón anterior es la forma declaratoria para indicar la alimentación de agua contraincendio, se identifica por la literal y el número correspondiente (I 001), el 20, es la elevación a la cual se encuentra (m) y los demás números indican el flujo (gpm) y presión (psi) de la curva de operación del equipo de bombeo.

## 5.2 CRITERIOS PARA CALCULAR EL REQUERIMIENTO DE AGUA PARA PROTECCIÓN DE UN TANQUE PRESURIZADO

Para su protección, los tanques presurizados del tipo esférico se dividen en dos hemisferios, inferior y superior. El hemisferio superior comienza de la parte del ecuador hacia arriba y el hemisferio inferior comienza de la parte del ecuador hacia abajo; debido a esta división los dispositivos para la aplicación de agua en los tanques mas comúnmente utilizados son los deflectores y las espreas (**definidos en el Capítulo IV sección 4.1**).

Para protección contraincendio de tanques de tipo esférico a presión, por norma se debe aplicar un flujo de agua de:

10 lpm/m<sup>2</sup> (0.25 gpm/ft<sup>2</sup>) de superficie expuesta. (**CAPITULO IV, sección 4.1**).

Una vez conocidas las dimensiones de la esfera, el cálculo de los accesorios de aplicación se hará de acuerdo a los siguientes pasos:

- 5.3 Protección del hemisferio inferior
  - 5.3.1 Calcular el requerimiento y/o cantidad de agua para el hemisferio inferior
  - 5.3.2 Cálculo del número total de espreas
  - 5.3.3 Cálculo del 1er anillo de enfriamiento.
  - 5.3.4 Cálculo del 2do anillo de enfriamiento y número de espreas requerido.
- 5.4 Protección del hemisferio superior
  - 5.4.1 Calcular el requerimiento y/o cantidad de agua del hemisferio superior

### 5.3 PROTECCIÓN DEL HEMISFERIO INFERIOR

Una vez conocidas las dimensiones del tanque, la cantidad necesaria y/o requerimiento de agua se calcula de la siguiente manera.

#### 5.3.1 CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO Y/O CANTIDAD DE AGUA PARA EL HEMISFERIO SUPERIOR O INFERIOR.

Se debe de obtener el perímetro del tanque, en este caso el tanque es de forma esférica, por lo tanto el cálculo para obtener el perímetro será el mismo que el utilizado para una esfera.

$$\text{perímetro del tanque} = 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

Al obtener el perímetro de la esfera, obtenemos el área total a proteger de toda la esfera, si dividimos el perímetro entre dos, obtenemos el área del hemisferio inferior o superior debido a la simetría de la esfera.

$$\text{hemisferio superior} = \text{hemisferio inferior} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{2}$$

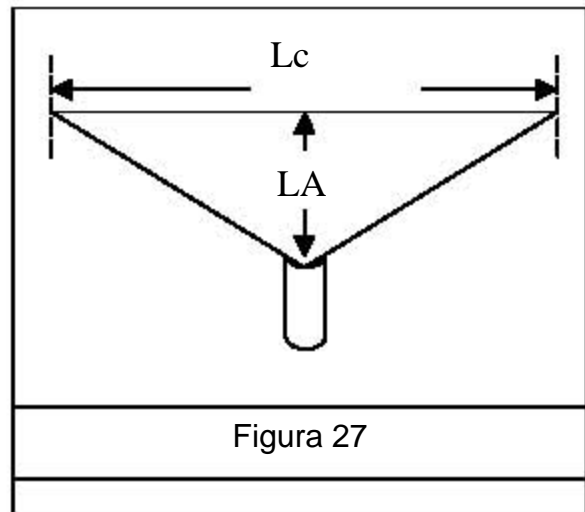
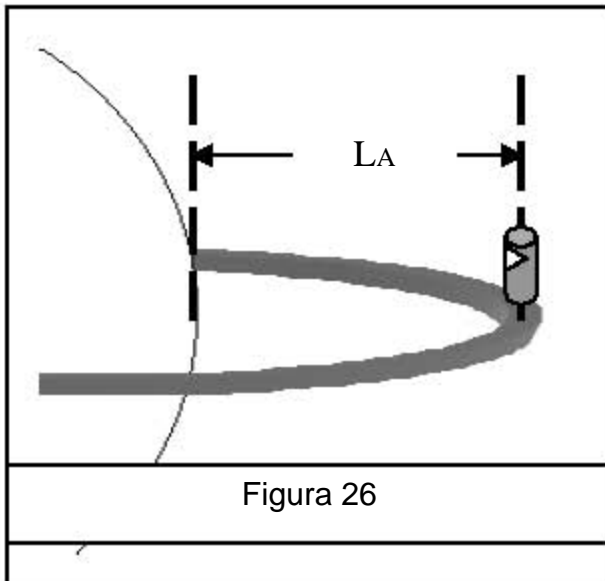
Al obtener el resultado del hemisferio superior o inferior, lo multiplicamos por el flux de agua normado para protección contra incendio y obtenemos la cantidad de agua requerida para ese hemisferio.

requerimiento de agua = (hemisferio superior) (requerimiento de agua por norma)

$$\text{requerimiento de agua} = \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{2} \right) \left( \frac{10 \text{ lpm}}{m^2} \right)$$

### 5.3.2 CÁLCULO DEL NÚMERO DE ESPREAS

Una vez conocida la cantidad de agua requerida por hemisferio, se calcula la cantidad de accesorios de aplicación para protección contra incendio, mejor conocidas como espreas y/o boquillas. El número de espreas del anillo contra incendio, dependerá del resultado del requerimiento de agua y del tipo de esprea que se escoja, pues cada esprea tiene una longitud diferente de cobertura ( $L_c$  = longitud de cobertura de la esprea), una longitud de alcance ( $LA$  = distanciamiento entre esprea-envolvente), y sobre todo una capacidad de flujo y presión determinada. Por lo tanto el tipo de esprea definirá la cantidad de espreas necesarias, la distancia ( $LA$ ) donde se colocara el anillo y la distancia entre tangente de la esprea a la pared del tanque presurizado ( Ver figura 26 y 27).



Las espreas utilizadas por Norma para protección de tanques a presión del tipo esférico son del tipo spiral jet o cono lleno (**CAPITULO IV sección 4.1**).

El número teórico de espreas, se calcula sin considerar un traslape del 15% entre esprea y esprea y se obtiene al dividir la cantidad de agua necesaria y/o requerimiento de agua (calculado previamente) entre la capacidad de flujo de la esprea escogida ( $Q_e$ ).

$$\text{Número teórico de espreas} = \frac{\text{requerimiento de agua} = \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{2} \right) \left( \frac{10 \text{ lpm}}{m^2} \right)}{Q_e}$$

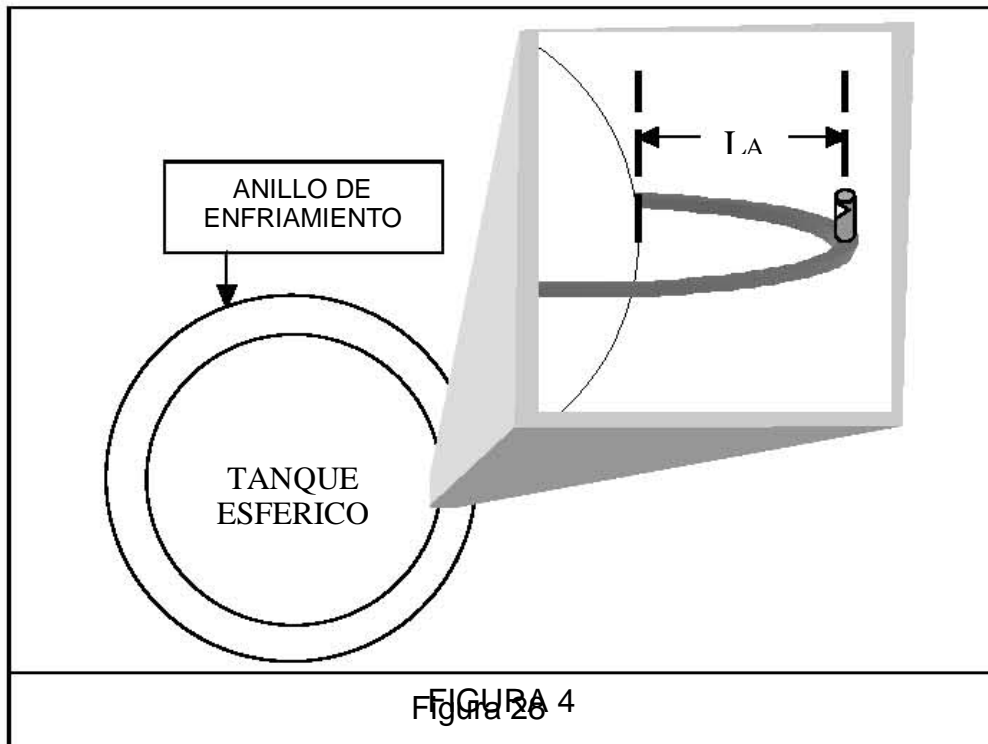
para conocer el número exacto de las espreas necesitaremos conocer la dimensión del anillo de enfriamiento

### 5.3.3 CÁLCULO DEL 1ER ANILLO DE ENFRIAMIENTO

Una vez que han sido escogidas las espreas, el cálculo del anillo contraincendio se hace de la siguiente manera:

Al diámetro del tanque le sumamos dos veces el valor de la distancia LA (longitud de alcance de la esprea); por lo tanto el diámetro del anillo será de un diámetro mayor al de la esfera figura 28.

$$\text{diámetro del anillo} = D + 2 * LA$$



El número de boquillas y/o espreas real se determina al dividir el perímetro del anillo de enfriamiento entre la longitud de cobertura de la esprea (Lc), considerando un 15% de traslape a cada lado entre esprea y esprea (figura 29), a una distancia específica (LA) entre la descarga de la boquilla y la tangente de la superficie de la envolvente.



Fórmula para cálculo del número de espreas

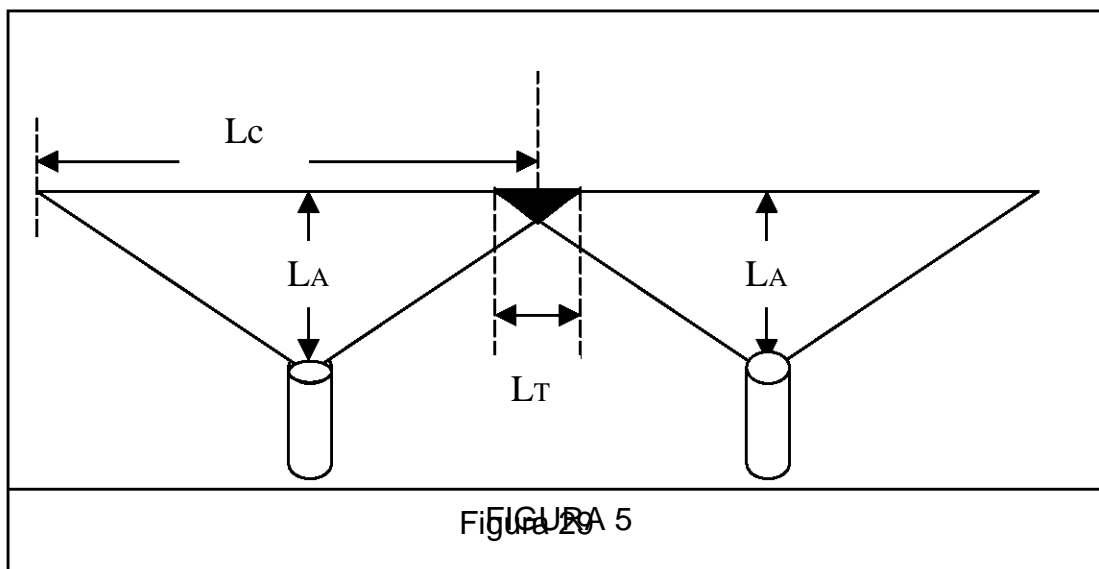
$$\text{número de espreas real} = \frac{\text{DAE} \cdot 2\text{LA} \cdot \pi}{\text{LC}}$$

Donde:

DAE = Diámetro del anillo de enfriamiento (m)

LA = Longitud de alcance de la esprea; distancia medida desde la tangente de la esfera a la esprea (m) (figura 5)

Lc = Longitud de cobertura de la esprea considerando 15% de traslape. (figura 29)



El primer anillo de aspersores debe ubicarse debajo de la línea del ecuador de la esfera, a una distancia equivalente a la mitad del diámetro de cobertura del aspersor utilizado.

#### 5.3.4 CÁLCULO DEL 2DO. ANILLO DE ENFRIAMIENTO

El segundo anillo deberá situarse debajo del casquete inferior de la esfera, y en todos los casos tendrá un mínimo de cuatro boquillas aspersoras, distanciadas entre sí de manera que los extremos horizontales de los conos de aspersión se traslapen.

#### 5.4 PROTECCION DEL HEMISFERIO SUPERIOR

##### 5.4.1 CÁLCULO DE AGUA PARA EL HEMISFERIO SUPERIOR

El cálculo para conocer el requerimiento de agua para protección del hemisferio superior, ya fue hecho en el paso 5.3.1 pues se explicó previamente que el resultado en el cálculo sería el mismo debido a la simetría geométrica que presenta la esfera.

La protección del hemisferio superior se hace mediante un deflector el cual proporciona una cortina de agua en forma constante. El deflector debe de ser capaz de suministrar el agua necesaria para cubrir la parte superior de la esfera (Figura 21).

Las memorias de cálculo de todas las áreas se encuentran en el **ANEXO III**.

# CAPITULO VI

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**  
**6.1 ÀREA DE LA ESFERA E-01**

Tabla 6.1A “Sumario de equipo contra incendio”

Área	No. Hidrantes	No. Hidrante-Monitor	No. Rociadores	No. Deflectores
E-01	0	1	46	1

Notas:

- El número de equipos en la Tabla 6.1A fue considerado de acuerdo a lo descrito en el **Capítulo IV sección 4.2**
- Para la localización e identificación de los equipos, ver diagrama E-01 (1/5) mostrado en **Anexo III**.
- El número de hidrantes-monitor, solo considera el área que representa mayor peligrosidad en una contingencia, en este caso solo se cuenta con 1 hidrante-monitor de 750 gpm (2839 lpm).
- Si se usa el monitor, no se usan las tomas para mangueras y si se usan las tomas para mangueras no se usa el monitor.

**Tabla 6.1B.** Resultado del análisis hidráulico, de acuerdo al Anexo III.

Equipo	Flujo gpm (lpm)	Presión Psig (Kg/cm <sup>2</sup> man)	Comentario
H-M (Hidrante-Monitor) 234	793.71 (3004.52)	158.72 (11.16)	Cumple Nota 2,3
Deflector 600	1416.28 (5361.24)	100.89 (7.09)	Cumple Nota 4
Boquillas de aspersion	Nota 5,6,7	Nota 5,6,7	Cumple Nota 5
Alimentación requerida	4555.51 (17244.48)	185.40 (13.03)	-----

Notas:

- 1.- Estas notas aplican para la tabla 6.1B Y 6.1C.
- 2.- Los presentes resultado se obtuvieron considerando una presión de descarga, en las bombas de agua contra incendio de 193 psig (13.57 Kg/cm<sup>2</sup> man).
- 3.- Para cumplir con la Normatividad de PEMEX, los Monitores deberán descargar un flujo mínimo de 500 gpm (1892.70 lpm) a una presión mínima de 100 psig. (7 Kg/cm<sup>2</sup> man).
- 4.-Para cumplir con la Normatividad de PEMEX, los Deflectores deberán descargar a densidades netas no menores a 10 lpm/m<sup>2</sup> de superficie expuesta.
- 5.-Para cumplir con los requerimientos, las espreas y/o boquillas tipo cono lleno deben descargar a un flujo mínimo de 47 gpm (177.91 lpm) y a una presión mínima de 80 psig (5.62 kg/cm<sup>2</sup> man) en base al catalogo de Spraying System Co.
- 6.-Ver la tabla Características de los nodos (node characteristics) en Anexo III, donde se muestran el flujo y presión de cada esprea.
- 7.-Para efectos del análisis, a las boquillas de aspersion se les asignaron los números del S-601 al S-646.

**Tabla 6.1C.** Resultado del análisis hidráulico, de acuerdo al Anexo III, adicionando un hidrante monitor de 500 gpm (1892.70 lpm).

Equipo	Flujo gpm (lpm)	Presión Psig (Kg/cm <sup>2</sup> man)	Comentario
H-M (Hidrante-Monitor) 234	793.61 (3004.14)	158.69 (11.16)	Cumple Nota 2,3
H-M (Hidrante-Monitor) 235	546.31 (2068.00)	161.41 (11.35)	Cumple Nota 2,3
Deflector 600	1414.01 (5352.61)	100.57 (7.07)	Cumple Nota 4
Boquillas de aspersion	Nota 5,6,7	Nota 5,6,7	Cumple Nota 5,6,7
Alimentación requerida	5096.30 (19291.59)	188.35 (13.24)	-----

**ÁREA E-01**

**1. RED DE AGUA CONTRA INCENDIO.** La esfera E-01, se considera como el riesgo mayor en esta zona, de acuerdo a los resultados obtenidos en la Memoria de Cálculo I, se determinó un flujo de 2822.30 gpm (10683.57 lpm) de agua contra incendio para la protección total de la esfera, 1411.15 gpm (5341.78 lpm) por hemisferio. Actualmente la esfera E-01 tiene instalados **30 espreas en el 1er anillo de enfriamiento y 4 espreas en el 2do anillo**, ambos en el hemisferio inferior. Cada esprea instalada maneja un flujo de agua contra incendio de 47 gpm (177.91 lpm), por lo tanto sumando el flujo de ambos anillos de enfriamiento resulta un flujo de agua total de 1598 gpm (6049.08 lpm) para protección del hemisferio inferior.

Para protección del hemisferio superior, se cuenta con un deflector instalado de 6 pulg, capaz de suministrar un flujo de 1412 gpm (5345 lpm), por lo tanto se considera que los anillos de enfriamiento y el deflector cumplen con los requerimientos de agua demandados (**Capítulo IV, sección 4.1**)

En la Memoria de Cálculo I se consideró un traslape del 15% entre esprea y esprea (**Punto 5.3.3 de la MCM I**); por lo tanto, debe de haber una distancia teórica de 2.11 m entre esprea y esprea. En el 1er anillo de enfriamiento, la distancia existente (tomada en campo) es de 2.10m; por lo tanto se considera dentro de los requerimientos citados en el **Capítulo IV, sección 4.1**. Respecto al 2do. anillo de enfriamiento, las espreas deberán tener el mismo traslape de 15% y por consiguiente la misma distancia de 2.11 entre esprea y esprea, sin embargo tienen una distancia existente de 2.36 m entre esprea y esprea; pero la cantidad de espreas cubre el flujo requerido.

Para protección de los soportes de la esfera se tienen instaladas 12 boquillas adicionales (1 boquilla por cada soporte), considerándose dentro de los requerimientos de protección contra incendio para un recipiente presurizado (**Capítulo IV, sección 4.1**).

Con respecto a los hidrantes-monitores, el área de la Esfera E-01, cuenta con un sólo hidrante-monitor con capacidad de 750 gpm (2839.05 lpm). De acuerdo al **Capítulo IV, Sección 4.2**, se requieren de 1000 gpm disponibles para la operación de mínimo 2 monitores de 500 gpm (1892.70 lpm) c/u para la protección del personal, el enfriamiento del equipo contra incendio y de las tuberías de proceso; por lo tanto no se cumple con este punto. Se recomienda la instalación de un hidrante-monitor adicional de 500 gpm (1892.70 lpm).

De acuerdo al análisis hidráulico de la red existente del sistema de agua contraincendio en el área de la esfera E-01, para el cumplimiento de los requerimientos mínimos de flujo y presión de los componentes del sistema actual, en el caso de utilizar simultáneamente el hidrante-monitor, el deflector y las 46 boquillas, las bombas del sistema de agua contraincendio deberán descargar a una presión de 185.40 psig (13.03 Kg/cm<sup>2</sup> man) y a un flujo de 4555.51 gpm. (17244.48 lpm) (ver tabla 6.1B).

En caso de instalar el Hidrante-Monitor de 500 gpm (1892.70 lpm), se necesitará que el equipo de bombeo descargue a 188.35 psig (13.24 kg/cm<sup>2</sup> man) manejando un flujo de agua de 5096.30 gpm (19291.59 lpm) (ver tabla 6.1C).

**2. REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA CONTRA INCENDIO.** Para el abastecimiento de agua contraincendio en caso de una contingencia en el área de la esfera E-01, se necesitarán de 4555.51 gpm (17244.48 lpm)  $\cong$  5000 gpm (18927.06 lpm). El tanque para uso exclusivo de agua contraincendio TA-01 tiene una capacidad de 4,200,000 gal (15900 m<sup>3</sup>).

$$\frac{4200000 \text{ gal}}{5000 \text{ gpm}} = 840 \text{ min } \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 14 \text{ hrs}$$

El agua contraincendio debe de ser suficiente para combatir un incendio durante 4 horas. (Ver Capítulo I, Sección 1.3), por lo cual la capacidad del tanque sobrepasa este requerimiento.

**3. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO.** Para direccionar el agua contraincendio a las áreas que así lo requieran se cuenta con 4 bombas, 2 con motor eléctrico y 2 con motor de combustión interna; las cuatro bombas tienen un arreglo en paralelo, conectadas a un mismo cabezal. Todas las bombas trabajan (de acuerdo al punto de operación de las bombas Anexo I) a un flujo de 2500 gpm (9463.52 lpm) y a una presión de 193 psig (13.57 Kg/cm<sup>2</sup> man). En caso de una contingencia en el área E-01, para cubrir los requerimientos de agua solo se requerirán 2 bombas contraincendio y podrán abastecer 5000 gpm (18927.06 lpm) a una presión de 193 psig (13.57 Kg/cm<sup>2</sup> man).

Como se mencionó anteriormente, la red contraincendio en el area E-01, demanda un flujo de 4555.51 gpm (17244.48 lpm) a una presión de 185.35 psig (13.03 Kg/cm<sup>2</sup> man). El punto de operación indica que las 2 bombas a las condiciones de flujo y presión (antes mencionados) del sistema que comprende el área E-01 operarán a 194.20 psig (13.65 kg/cm<sup>2</sup>man) y 4724.08 gpm (17882.60 lpm), que es el punto donde se interseca la curva de resistencia del sistema con la curva característica de carga contra flujo de las bombas en paralelo (ver Anexo III, Área E-01); por lo tanto el equipo de bombeo cumple con los requerimientos de flujo y presión demandados por el sistema actual.

Sin embargo, si se instala el Hidrante-Monitor adicional de 500 gpm (1892.70 lpm), como se mencionó anteriormente, se necesita que las 2 bombas contraincendio puedan abastecer 5096.30 gpm (19291.59 lpm) a 188.35 psig (13.24 Kg/cm<sup>2</sup> man). El punto de operación (ver Anexo III, Área E-01 2 Hidrantes - Monitor) de las bombas a estas condiciones es de 5160 gpm (19532.72 lpm) y 192.30 psig (13.52 kg/ cm<sup>2</sup> man); igual que en el caso anterior, el sistema de bombeo tiene la capacidad de abastecer la demanda de agua y presión antes mencionadas.

## CONCLUSIONES ÁREA E-01

De acuerdo a los resultados anteriores, con lo que respecta al punto 1, comparando el número de espreas instalado con el obtenido en la Memoria de Cálculo I, se concluye que el número de espreas instalado es adecuado para entregar la cantidad de agua necesaria para protección contraincendio de la esfera E-01. Asimismo el tamaño del deflector es adecuado para suministrar la cantidad de agua necesaria (ver la tabla 1, resumen de resultados memoria de cálculo I, Anexo II).

La capacidad del tanque de almacenamiento de agua contraincendio (TA-01) esta sobrada como indican los resultados en el punto 2. En caso de presentarse una contingencia en el área E-01, se puede suministrar agua contraincendio a esta área durante 14 hrs. Si se adiciona el hidrante-monitor de 500 gpm (1892.70 lpm), el tanque cubre sin problemas el abastecimiento de agua.

De acuerdo al análisis de resultados en el punto 3, la red existente en la zona de la esfera E-01, demanda un flujo de agua y una presión de 4555.51 gpm (17244.48 lpm) y 185.40 psig (13.03 Kg/cm<sup>2</sup> man), se concluye que las 2 bombas contraincendio tienen la capacidad de abastecer el flujo y la presión que demanda el sistema actual, incluso si se adiciona un hidrante-monitor de 500 gpm (1892.70).

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**  
**6.2 ÁREA DE LAS ESFERAS E-02/E-03**

Tabla 6.2A “Sumario de equipo contra incendio”

Área	No. Hidrantes	No. Hidrante-Monitor	No. Rociadores	No. Deflectores
E-02/E-03	0	2	45	2

Notas:

- El número de equipos en la Tabla 6.2A fue considerado de acuerdo a la descrito en el **Capítulo IV sección 4.2**
- Para la localización e identificación de los equipos, ver diagrama E-02/E-03(1/5) mostrado en **Anexo III**.
- El número de hidrantes-monitor, solo considera el área que representa mayor peligrosidad en una contingencia.
- Si se usan los monitores no se usan las tomas para mangueras y si se usan las tomas para mangueras no se usan los monitores.

**Tabla 6.2B.** Resultado del análisis hidráulico, de acuerdo al Anexo III.

Equipo	Flujo gpm (lpm)	Presión Psig (Kg/cm <sup>2</sup> man)	Comentario
H-M(Hidrante-Monitor) 63	556.99 (2108.43)	153.20 (10.77)	Cumple Nota 1.2
H-M(Hidrante-Monitor) 105	571.17 (2162.14)	161.10 (11.33)	Cumple Nota 1,2
Deflector 645	602.35 (2280.14)	100.79 (7.09)	Cumple Nota 3
Deflector 646	608.81 (2304.60)	102.96 (7.24)	Cumple Nota 3
Boquillas de aspersion	Nota 5,6	Nota 5,6	Cumple Nota 4
Alimentación requerida	4209.10 (15933.18)	190.78 (13.41)	-----

Notas:

- 1.-Los presentes resultados se obtuvieron considerando una presión de descarga, en las bombas de agua contra incendio de 193 psig (13.57 Kg/cm<sup>2</sup> man).
- 2.-Para cumplir con la Normatividad de PEMEX, los Monitores deberán descargar un flujo mínimo de 500 gpm (1892.70 lpm) a una presión mínima de 100 psig (7 Kg/cm<sup>2</sup> man).
- 3.-Para cumplir con la Normatividad de PEMEX, los Deflectores deberán descargar a densidades netas no menores a 10 lpm/m<sup>2</sup> de superficie expuesta.
- 4.-Para cumplir con los requerimientos, las espreas tipo cono lleno deben descargar a un flujo mínimo de 32 gpm (121.13 lpm) a una presión mínima de 80 psig (5.62 kg/cm<sup>2</sup> man) en base al catalogo de Spraying System Co.
- 5.-Ver la tabla Características de los nodos (node characteristics) en Anexo III, donde se muestran el flujo y presión de cada esprea y/o boquilla de aspersion.
- 6.-Para efectos del análisis, a las boquillas de aspersion se les asignaron los números del S-600 al S-641.



---

**ÁREA E-02/03**

**1. RED DE AGUA CONTRA INCENDIO.** Las esferas E-02/E-03, se consideran como el riesgo mayor en esta zona. Las esferas tienen un distanciamiento entre ellas de 7 metros, por lo que no están dentro de los requerimientos citados en el Capítulo IV sección 4.3. El capítulo IV sección 4.2, dice que se deberá de usar todo el equipo en caso de contingencia en la esfera que se considere como riesgo mayor mas el gasto de los deflectores de las esferas ubicadas dentro de un radio de 2.5 veces el diámetro de la esfera. Al no cumplirse el requerimiento de las distancias mínimas entre esferas, será necesario que en caso de incendio se utilice todo el equipo de la esfera E-02 y E-03 simultáneamente, mas el flujo de 2 hidrantes-monitor y las boquillas de enfriamiento de las bombas utilizadas para el llenado de las esferas E-02/E-03 pues por su cercanía con dichas esferas podrían ser afectadas en caso de una contingencia.

En la Memoria de Cálculo II, se determinó un flujo de 1100 gpm (4163.95 lpm) para protección total por cada esfera del área E-02/E-03, 550 gpm (2081.97 lpm) por hemisferio para cada esfera. Actualmente las esferas E-02/E-03 cada una tienen instalados **17 espreas en el 1er anillo de enfriamiento y 4 espreas en el 2do anillo** para protección del hemisferio inferior, cada esprea instalada maneja un flujo de agua contraincendio de 32 gpm (121.12 lpm), sumando los flujos de ambos anillos de enfriamiento se obtiene un flujo total de 672 gpm (2543.52 lpm) por cada esfera.

Para protección del hemisferio superior cada esfera cuenta con un deflector instalado de 4 pulg capaz de suministrar un flujo de 550 gpm (2081.97 lpm), por lo tanto se considera que cumple con los requerimientos de agua demandados. **(Capítulo IV, sección 4.1)**

En la Memoria de Calculo II se determino un traslape del 15% entre esprea y esprea **(Punto 5.3.3 de la MCM II)** por lo tanto debe de haber una distancia teórica de 2.39 m entre esprea y espera. En el 1er anillo de enfriamiento, la distancia existente (tomada en campo) es de 2.44m; por lo tanto se considera dentro de los requerimientos citados en el **Capítulo IV, sección 4.1**. Respecto al 2do. anillo de enfriamiento, las espreas deberán tener el mismo traslape de 15% y por consiguiente la misma distancia teórica de 2.39 m entre esprea y esprea, sin embargo tienen una distancia existente de 2.35 m entre esprea y espera; aun así, la cantidad de espreas cubre el flujo requerido.

Para protección de los soportes (patas) de las esferas E-02/E-03, No existen instaladas espreas, sin embargo cuentan con protección de una capa de retardante de fuego capaz de soportar 6hr durante un incendio. Como se menciona anterior mente existen 3 bombas para el llenado de las esferas E-02/E-03, para protección de estas bombas se cuenta con un sistema de espreas que en caso de una contingencia moja el área de sellos de las bombas.

Respecto a los hidrantes e hidrantes-monitores, el área de las Esferas E-02/E-03, cuenta con 2 hidrantes-monitor con capacidad de 500 gpm (1892.70 lpm). De acuerdo al **Capítulo IV, Sección 4.2**, se requieren de 1000 gpm disponibles para la operación de mínimo 2 monitores de 500 gpm (1892.70 lpm) c/u para la protección del personal, el enfriamiento del equipo contraincendio y de las tuberías de proceso, por lo tanto si cumple con este requerimiento.

De acuerdo al análisis hidráulico de la red existente del sistema de agua contraincendio en el área de las esferas E-02/E-03, para el cumplimiento de los requerimientos mínimos de flujo y presión de los componentes del sistema en el caso de utilizar simultáneamente los 2 hidrantes-monitor, 2 deflectores y las 45 boquillas, las bombas del sistema de agua contraincendio deberán descargar a una presión mínima de **190.78 psig (13.41 Kg/cm<sup>2</sup> man)** y a un flujo de **4209.10 gpm (15933.18 lpm)** (ver tabla 6.2B).

**2. REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA CONTRA INCENDIO.** Para el abastecimiento en caso de una contingencia en el área de la esfera E-02/E-03, se necesitara de **4209.10 gpm (15933.18 lpm)  $\cong$  5000 gpm (18927.06 lpm)**, El tanque para uso exclusivo de agua contraincendio TA-01 tiene una capacidad de 4,200,000 gal (1590 m<sup>3</sup>).

$$\frac{4200000 \text{ gal}}{5000 \text{ gpm}} = 840 \text{ min} \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 14 \text{ hrs}$$

El agua contraincendio debe de ser suficiente para combatir un incendio durante 4 horas. (Ver Capitulo I, Sección 1.3), por lo cual la capacidad del tanque sobrepasa este requerimiento.

**3. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO.** Para suministrar y direccionar el agua contraincendio a las áreas que así lo requieran, se cuenta con 4 bombas, 2 con motor eléctrico y 2 con motor de combustión interna; las cuatro bombas tienen un arreglo en paralelo, conectadas a un cabezal principal. Todas las bombas trabajan (de acuerdo al punto de operación de las bombas, Anexo I) a un flujo de 2500 gpm (9463.52 lpm) y a una presión de 193 psig (13.57 Kg/cm<sup>2</sup> man). En caso de una contingencia en el área E-02/E-03, para cubrir los requerimientos de agua solo se requerirán 2 bombas contraincendio y podrán abastecer 5000 gpm (18927.06 lpm) a una presión de 193 psig (13.57 Kg/cm<sup>2</sup> man).

La red existente del sistema de agua contraincendio en el área de las esferas E-02/E-03, demanda un flujo de **4209.10 gpm (15933.71 lpm) de agua contraincendio a una presión de 190.78 psig (13.41 Kg/cm<sup>2</sup> man)**. El punto de operación (obtenido en el grafico del Anexo III, Área E-02/03), que es el punto donde se intersecta la curva de resistencia del sistema con la curva característica de carga contra flujo de las bombas en paralelo, indica que las bombas a las condiciones de flujo y presión (antes mencionados) del sistema que comprende el área E-02/03 operaran a **196.20 psig (13.79 kg/cm<sup>2</sup>man)** y **4317.00 gpm (16341.62 lpm)**. Por lo tanto el equipo de bombeo cumple con los requerimientos de flujo y presión demandados por el sistema actual.

### **CONCLUSIONES ÁREA E-02/03**

De cuerdo a los resultados anteriores, con lo que respecta al punto 1, comparando el número de espreas instalado con el obtenido en la Memoria de Cálculo II, se concluye que el número de espreas instalado es adecuado para entregar la cantidad de agua necesaria para protección contraincendio de las esferas E-02/E-03. Asimismo las dimensiones de los deflectores son adecuados para suministrar la cantidad de agua necesaria (ver la tabla 1, resumen de resultados memoria de cálculo II, Anexo II).

La capacidad del tanque de almacenamiento de agua contraincendio (TA-01) esta sobrada como indican los resultados en el punto 2. En caso de presentarse una contingencia en el área E-01, se puede suministrar agua contraincendio a esta área durante 14 hrs; por lo tanto el tanque cubre sin problemas el abastecimiento de agua.

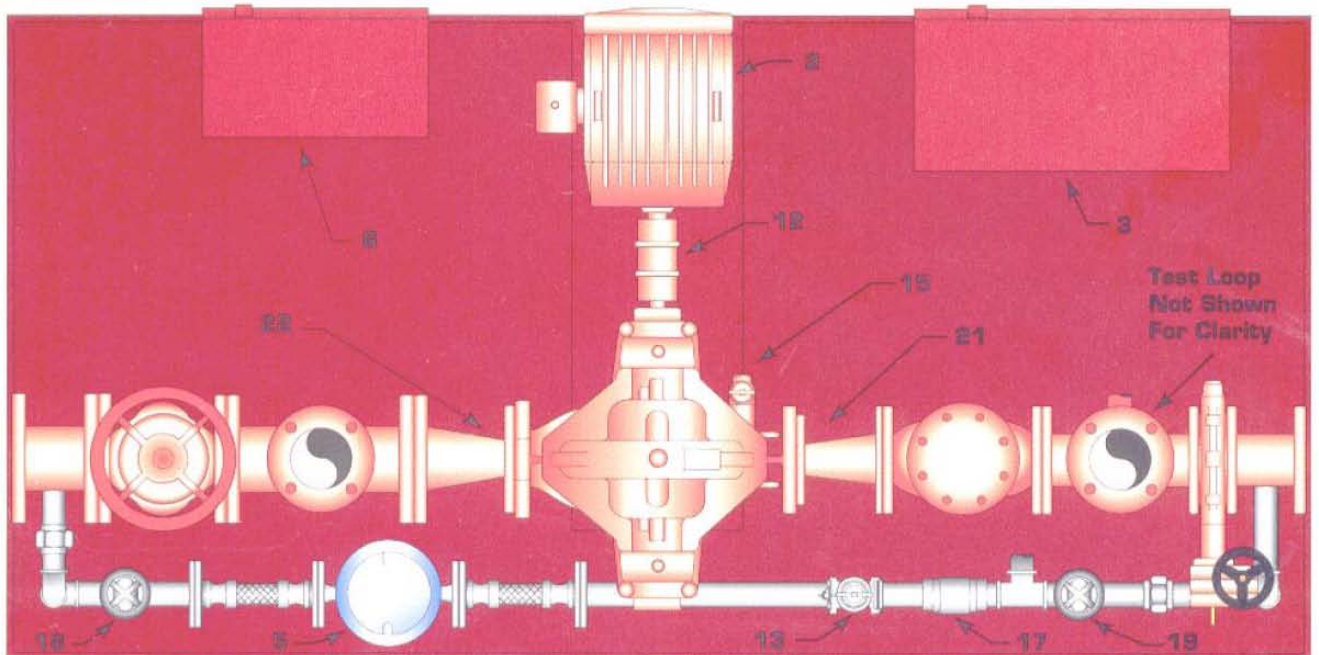
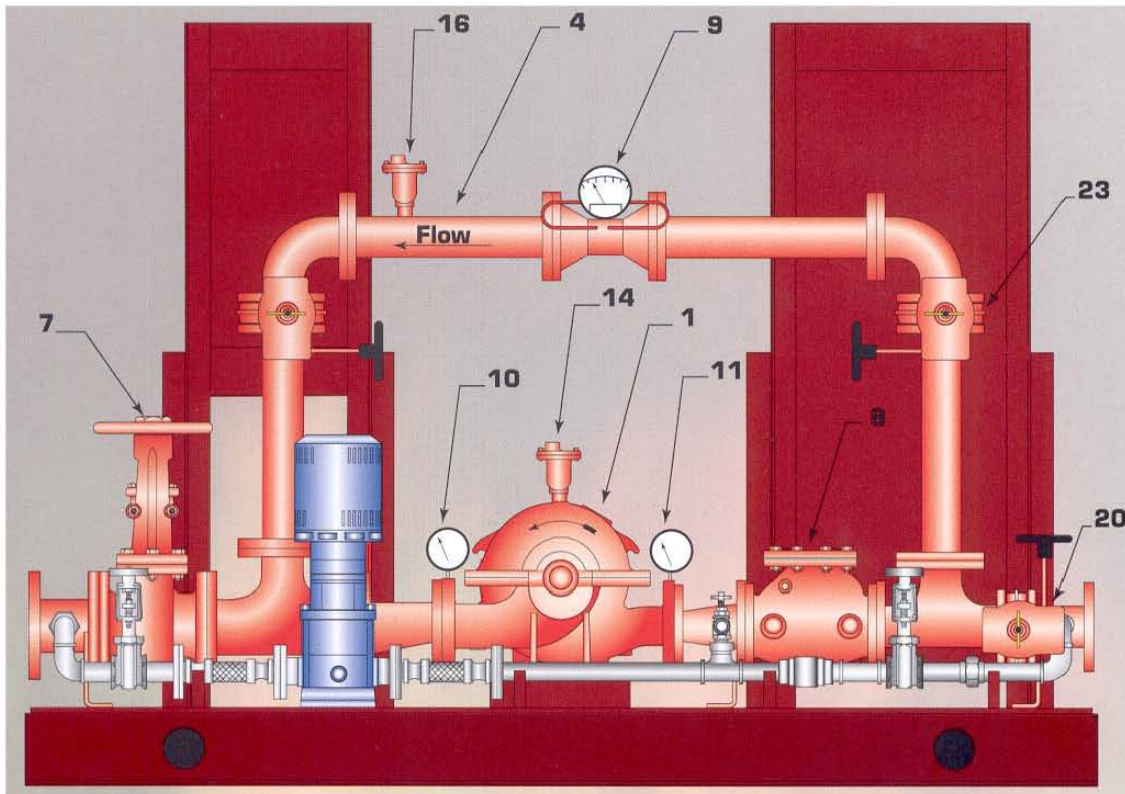
De acuerdo al análisis de resultados en el punto 3, la red existente en la zona de la esfera E-01, demanda un flujo de agua y una presión de **4209.10 gpm (15933.71 lpm)** y **190.78 psig (13.41 Kg/cm<sup>2</sup> man)**, se concluye que las 2 bombas contraincendio tienen la capacidad de abastecer el flujo y la presión que demanda el sistema actual.

# ANEXOS

# ANEXO I

EQUIPO PAQUETE DE BOMBAS  
CONTRAINCENDIO, CURVAS  
DE OPERACIÓN Y ARREGLO DE  
LAS BOMBAS BA-1/2/3/4 Y BJ-1

**CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PAQUETE UTILIZADO EN CONTRAINCENDIO.**

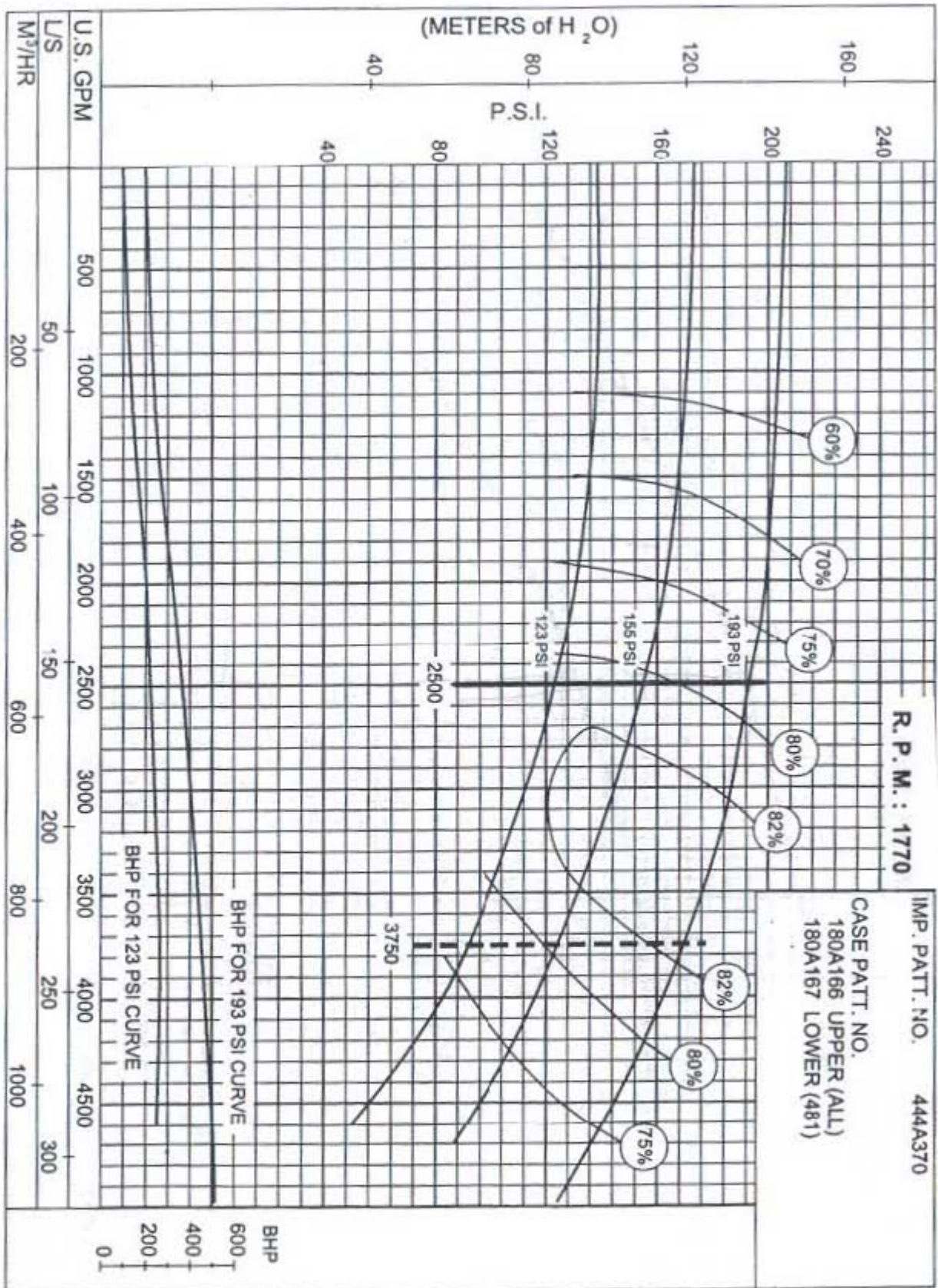


## LLAVE DE EQUIPO PAQUETE.

1. bomba	9. medidor de flujo	17. válvula check
2. motor	10. medidor de presión (succión)	19. válvula de compuerta
3. panel de control	11. medidor de presión (descarga)	20. válvula de mariposa
4. línea para prueba	12. eje	21. ampliación concéntrica
5. bomba jockey multietapa.	13. válvula automática (bomba jockey)	22. reducción excéntrica
6. panel de control (bomba jockey)	14. válvula de alivio / aire	23. válvula de mariposa
8. válvula check	15. válvula de desfogue (alivio)	
	16. válvula de alivio /aire (tubería de prueba)	

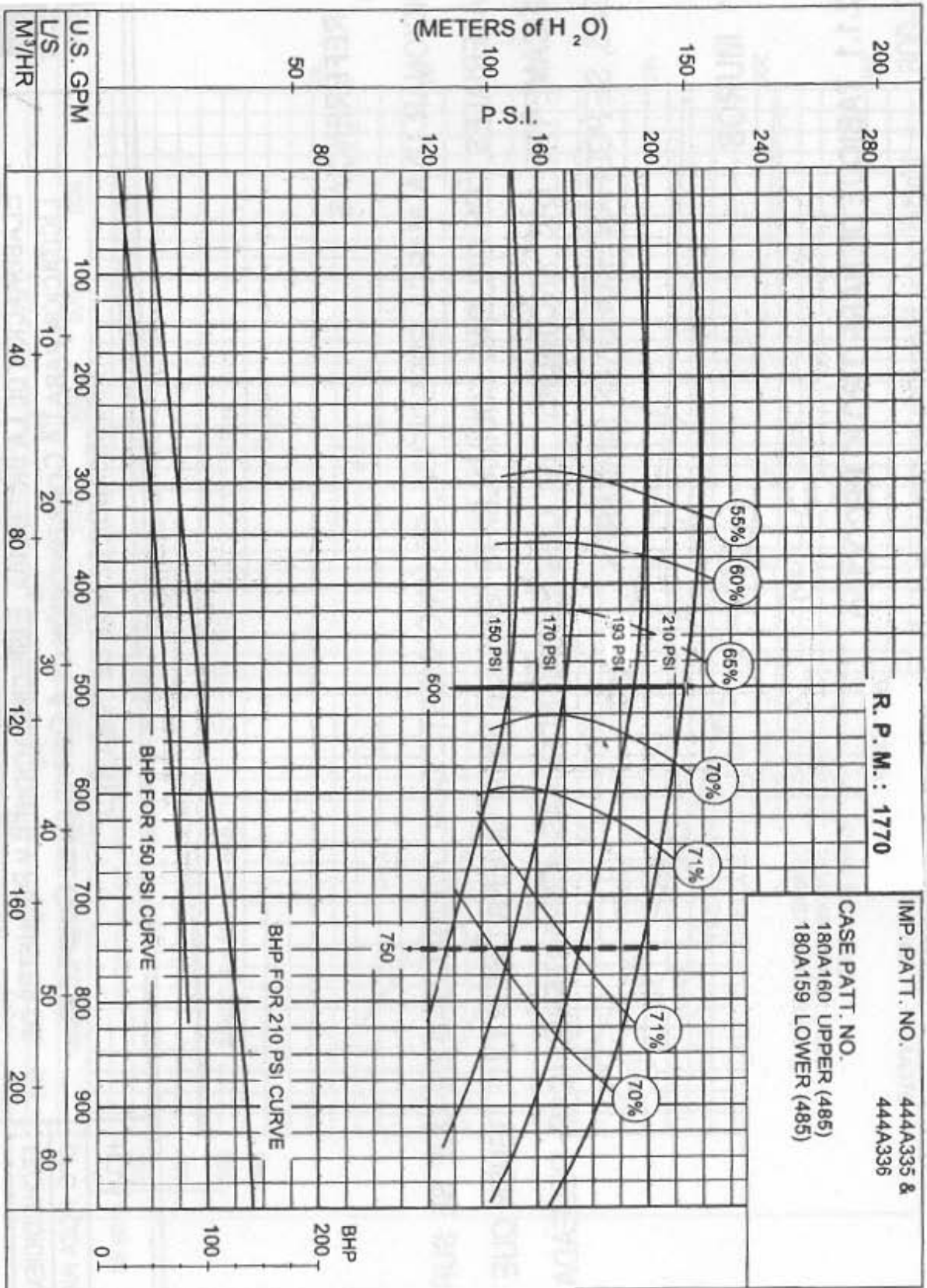
# CURVAS DE OPERACIÓN DE LAS BOMBAS BA-1/2/3/4 Y BJ-1





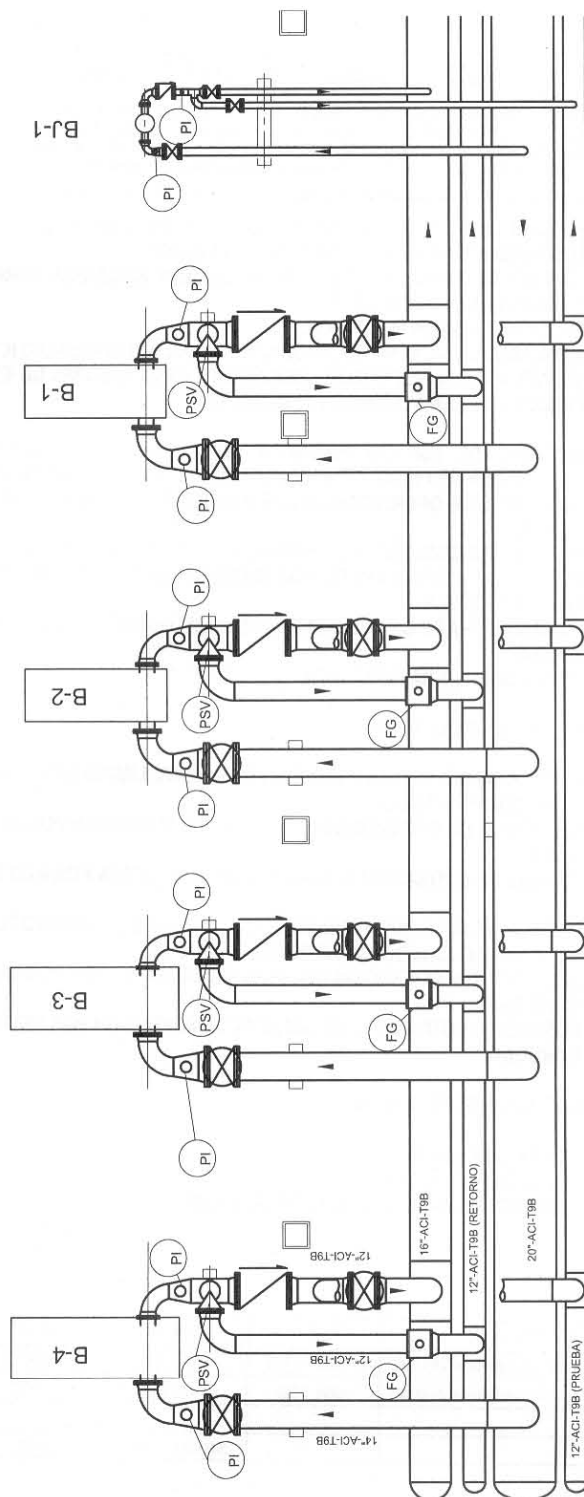
Curva de las bombas BA-1/2/3/4





Curva de la bomba Jockey BJ-1

ARREGLO DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIO



# ANEXO II

## MARCO TEORICO Y MEMORIAS DE CÁLCULO PARA LAS ESFERAS E-01 Y E-02/03

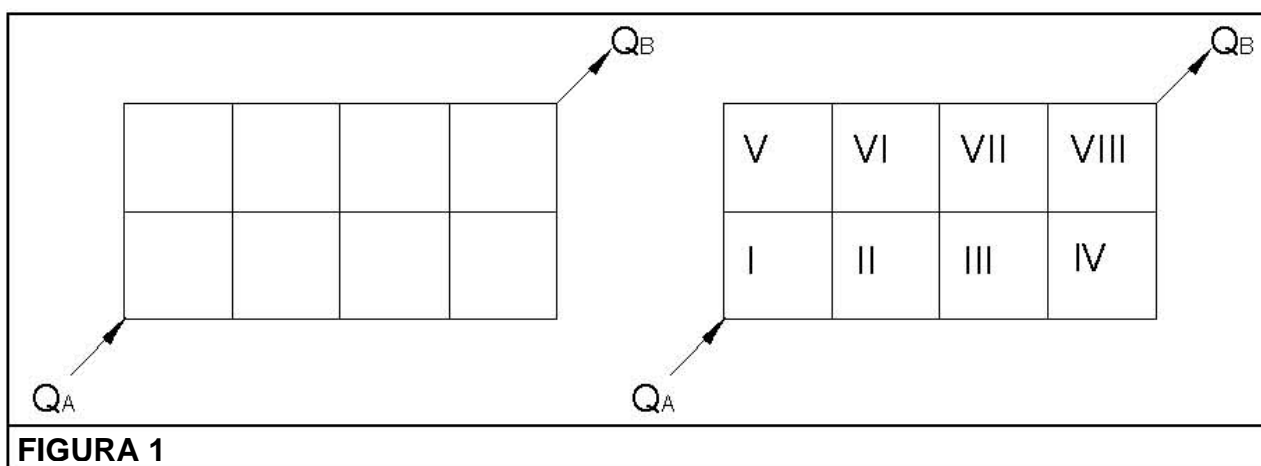
### METODO DE HARDY-CROSS

En la practica muchos sistemas de contraincendio los forman varias tuberías conectadas de una manera complicada con varios puntos de entrada y salida, tales arreglos son conocidos como redes de tuberías (figura 1), los análisis para redes de tubería son complicados pero existen varios métodos de iteración para su resolución, entre los mas usados encontramos el método de Hardy-Cross. La técnica de Hardy-Cross requiere que los términos de perdida de cabeza para cada tubería del sistema se expresen de la forma:

$$h_f = r Q^n$$

Su empleo comprende lo siguiente:

La red deberá de dividirse en subsecciones o loops (figura 1).

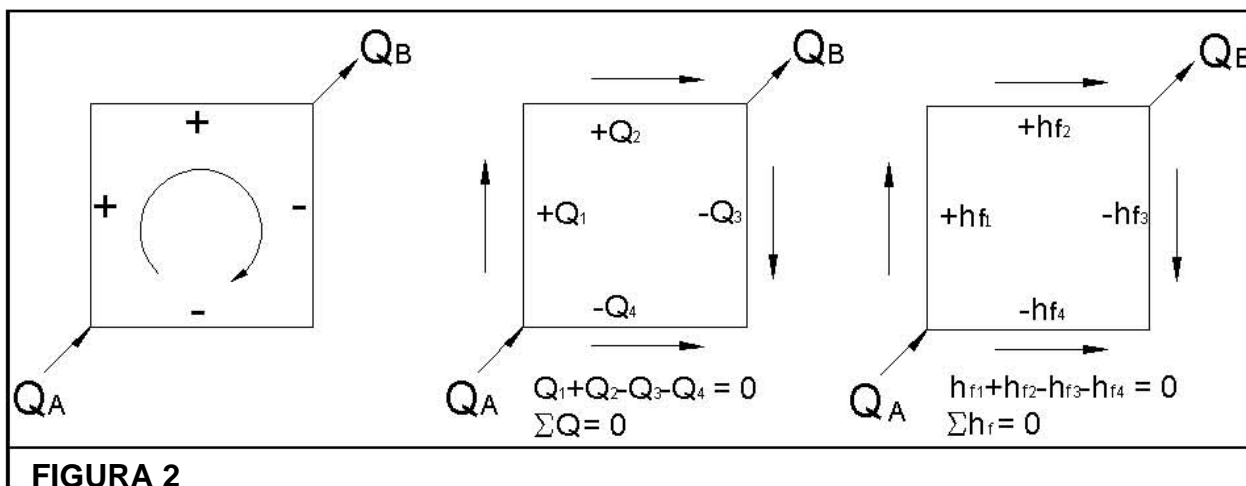


**FIGURA 1**

Si el flujo en una determinada tubería de un circuito es en sentido contrario de las manecillas del reloj  $Q$  y  $h_f$  son negativos (figura 2).

Si el flujo en una determinada tubería de un circuito es en sentido de las manecillas del reloj  $Q$  y  $h_f$  son positivos (figura 2).

Hecho lo anterior, sobre un croquis de la red se distribuyen valores supuestos de flujo, indicando con flechas los sentidos estimados, siguiendo el principio de conservación de la materia, en cada unión, la suma de flujos de esa unión deberá ser igual al flujo de salida (figura 2).



Se determina la pérdida de carga total en cada circuito cerrado:

$$\Sigma h_f = \Sigma r Q^n$$

Se obtiene en cada circuito cerrado una suma de las cantidades:

$$n r Q^{n-1}$$

Estas cantidades serán designadas "R":  $R = n r Q^{n-1}$

Se ajusta el valor en cada circuito sumando y restando los valores obtenidos y se aplica la corrección  $\Delta$ , calculada por la expresión:

$$\Delta = \frac{\Sigma r Q^n}{\Sigma n r Q^{n-1}}$$

Esta expresión es obtenida del siguiente raciocinio: "Si la distribución de valores adoptados al iniciar fuese exacta, la corrección por hacer en cada circuito sería nula":

$$r Q^n = 0$$

En caso contrario el valor deberá ser ajustado o corregido en el circuito, pudiéndose escribir para cada uno de los loops que conforman el circuito:

$$Q = Q_0 + \Delta$$

En la cual  $Q_0$  es el valor de flujo adoptado inicialmente. Reemplazando y aplicando el teorema del binomio:

$$r Q^n = r (Q_0 + \Delta)^n = r (Q_0^n + n Q_0^{n-1} \Delta + \frac{n(n-1)}{1 \times 2} Q_0^{n-2} \Delta^2 + \dots)$$

Siendo  $\Delta$  un valor pequeño comparado con  $Q_0$  todos los términos que contengan  $\Delta$  elevado a una potencia igual o superior a 2, serán despreciados, se obtiene entonces:

$$\Sigma r Q^n = \Sigma r (Q_0^n + n Q_0^{n-1} \Delta) = 0$$

partiendo de la figura 2 sabemos que:

$$hf_1 + hf_2 = hf_I \text{ y } -hf_3 - hf_4 = -hf_{II}$$

$$hf_I - hf_{II} = 0$$

recordando que:

$$hf = rQ^n \text{ r } = (Q_0^n + nQ_0^{n-1} \Delta)$$

sustituyendo para  $hf_I$  y  $-hf_{II}$

$$r (Q_0^n + nQ_0^{n-1} \Delta) - r (Q_0^n + nQ_0^{n-1} \Delta) = 0$$

$$r (Q_0^n - Q_0^n) + nr (Q_0^{n-1} - Q_0^{n-1}) \Delta = 0$$

despejando  $\Delta$ :

$$\Delta = - \frac{r (Q_0^n - Q_0^n)}{nr (Q_0^{n-1} - Q_0^{n-1})}$$

en su forma general:

$$\Delta = - \frac{\sum r Q_0^n}{\sum n r Q_0^{n-1}}$$

El numerador es la pérdida de carga para los flujos supuestos a lo largo del circuito. El denominador es la "resistencia" total del circuito, o sea la suma de lo que podrían ser las resistencias de cada uno de los tramos.

Si el valor obtenido de  $\Delta$  es muy grande frente al de  $Q_0$  siendo "n" mayor que la unidad, evidentemente la aproximación no será buena; sin embargo esto no perjudicará al proceso de iteración una vez que las correcciones se hagan; el error irá disminuyendo progresivamente en una convergencia relativamente rápida. Hecho lo anterior se recalculan las pérdidas de cada circuito y se determina la nueva corrección para los flujos. El proceso de iteración se repite hasta obtener la precisión deseada.

### EMPLEO DE LA FÓRMULA DE HAZEN-WILLIAMS

Para aplicar el método de Hardy Cross al análisis de una red de tuberías, es conveniente el empleo de una ecuación de suficiente precisión, como la ecuación de Hazen-Williams:

$$V = 0,355 C D^{0,63} S^{0,54}$$

Donde:

V = velocidad media de la tubería (**m/s**)

S = pérdida de energía por unidad de longitud (**m/m**)

C = coeficiente Hazen-Williams de rugosidad de la tubería (**adimensional**)

D = diámetro de la tubería (**m**)

Haciendo las siguientes consideraciones para dejar la fórmula en función del flujo, tenemos que:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{y} \quad A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Por lo tanto:

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

Sustituyendo la ecuación anterior en la ecuación de Hazen-Williams queda al final:

$$Q = 0,2785 C D^{2,63} S^{0,54}$$

De esta se obtiene:

$$S = \frac{Q^{1,85}}{(0,2785 C)^{1,85} D^{4,87}}$$

Sabemos que:

$$S = \frac{h_f}{L}$$

La pérdida de carga total "h<sub>f</sub>" para el largo "L" de una tubería será:

$$h_f = \frac{1}{(0,2785 C)^{1,85}} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,85}$$

pudiéndose escribir:

$$h_f = r Q^n$$

Partiendo de la expresión de Δ:

$$\Delta = - \frac{\sum r Q_0^n}{\sum n r Q_0^{n-1}}$$

y como

$$r Q_0^n = h_f$$

Siendo "n" constante, el valor de Δ queda:

$$\Delta = - \frac{\sum r Q_0^n}{n \sum r Q_0^{n-1}} = - \frac{\sum h_f}{n \sum (h_f/Q_0)}$$

Reemplazando valores en la fórmula de Hazen-Williams para la cual n=1,85 la corrección queda:

$$\Delta = - \frac{\sum h_f}{1,85 \sum (h_f/Q_0)}$$

Los valores de h<sub>f</sub> y de 1,85(h<sub>f</sub>/Q), son obtenidos directamente para tuberías de determinado diámetro.

# MEMORIA DE CÁLCULO I



---

## MEMORIA DE CÁLCULO I CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO DE LA ESFERA E-01

### ALCANCE

Este documento tiene como finalidad, determinar y corroborar el número de boquillas aspersoras instaladas y la cantidad de agua contra incendio necesaria para el enfriamiento de el recipiente del tipo esférico presurizado, ubicado en la zona E-01.

### CONSIDERACIONES

De acuerdo a la normatividad (DG-GPASI-SI-3600 y 3610), deben instalarse anillos de enfriamiento en todos los tanques de almacenamiento presurizado.

Para el enfriamiento de la envoltura de la esfera se deberán utilizar boquillas del tipo cono lleno con ángulo de aspersión amplio para descargar a 80 lbs/pulg<sup>2</sup> como mínimo.

### CRITERIOS DE DISEÑO

- Cada una de las esferas de enfriamiento deberá contar con un número de anillos de aspersión para cubrir toda el área en caso de siniestro; y en las esferas adyacentes se activan solo los deflectores para enfriamiento de las partes expuestas a calentamiento por radiación.
- El diámetro mínimo para las boquillas de enfriamiento que se instalen en las esferas será de 3/4" (190 mm), de acuerdo a lo establecido en la especificación de tuberías T9B Rev. 7, norma K101.
- La densidad de aplicación para el área de esferas deberá ser de 0.25 gpm/ft<sup>2</sup>, (10 Lpm/m<sup>2</sup>) de acuerdo a la recomendación de la especificación T9B (NORMA K 101)
- El tipo de boquillas de enfriamiento a utilizar en cada sistema deberá reunir las siguientes características:
  - boquillas aspersoras tipo Fulljet o Cono Lleno o similar
  - ángulo de apertura de 117° tamaño 11W
  - diámetro de conexión 1 ¼"
  - presión de operación 80 Psig (5.62 Kg / cm<sup>2</sup>)
  - separación de la boquilla a la envoltura del tanque (La) 29.92" (760 mm)
  - gasto por boquilla 47.00 gpm (177.91 lpm)

## 5. CÁLCULOS

En las siguientes hojas se estiman los requerimientos de agua contraincendio para enfriamiento y el número de boquillas requeridas por esfera.

### 5.3 ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE LA ESFERA A PROTEGER

Una vez conocidas las dimensiones de la esfera, calcularemos el área total a proteger.

$$P \text{ (perímetro)} = 4\pi r^2$$

Dimensiones de la esfera:

diámetro( D ) =	<b>18.44 m</b>
radio ( r ) =	<b>9.22m</b>
área perimetral ( AP ) =	<b>1068.25 m</b>

#### 5.3.1 CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AGUA TEÓRICO PARA PROTECCIÓN DE LA ESFERA

Área del hemisferio inferior = Área del hemisferio superior

$$Q_T = \text{área perimetral} \bullet \text{densidad de aplicación}$$

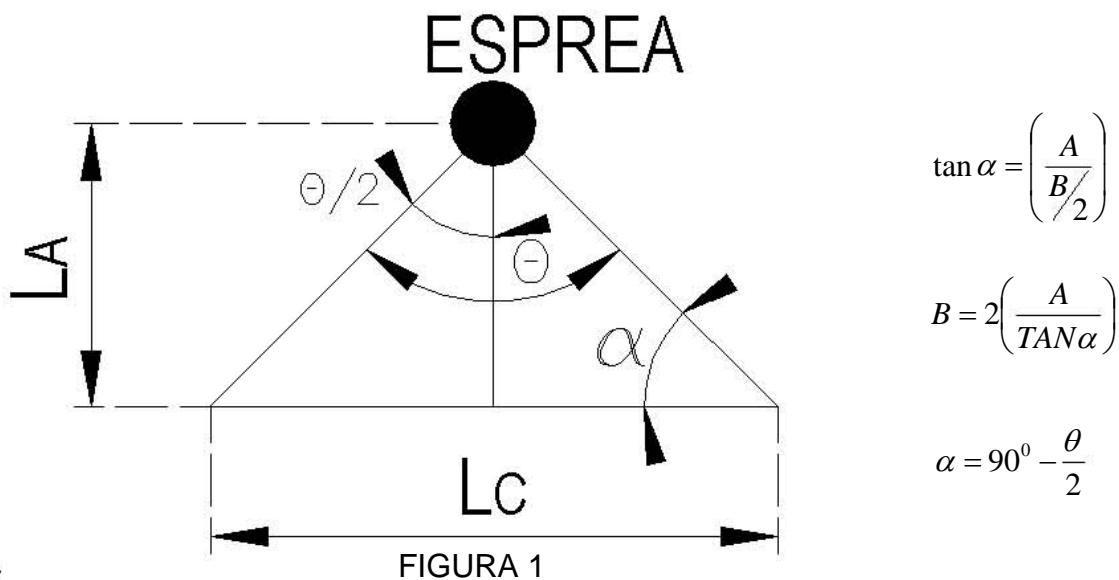
$$Q_T = \left( \frac{4 * \pi * r^2}{2} \right) \left( \frac{10 \text{ Lpm}}{m^2} \right)$$

$$Q_T = 534.12 \times 10 = 5341.24 \text{ lpm (1411.15 gpm)} \text{ (por hemisferio)}$$

#### 5.3.2 CÁLCULO DEL NÚMERO DE BOQUILLAS

El número de espreas o boquillas aspersoras, se determina dividiendo el perímetro del anillo entre la longitud de cobertura que proporciona la esprea, considerando un traslape mínimo de 15% entre esprea y esprea.

La longitud de cobertura de la esprea se obtiene de acuerdo a la Figura 1



LA = Longitud de alcance de la esprea; distancia medida desde la tangente de la esfera a la esprea

Lc = Longitud de cobertura de la esprea

flujo por esprea ( QE ) =	<b>177.91 Lpm *</b>
presión de descarga=	<b>80 psig*</b>
ángulo que forma la esprea ( θ ) =	<b>117° *</b>
ángulo complementario ( α ) =	<b>31.5°</b>
A = LA	<b>0.76 m</b>
B = Lc	<b>2.48 m</b>

(\*) Los valores indicados anteriormente fueron tomados de información de catálogos del proveedor y la distancia LA, de los levantamientos en campo.

### NÚMERO DE BOQUILLAS TEÓRICO PARA PROTECCION DE LA ESFERA

N BT = número de boquillas teórico = QT / Qboquilla
Qboquilla = <b>177.92 Lpm</b>
QT = <b>5341.24 Lpm</b>
N BT = <b>30.02</b>

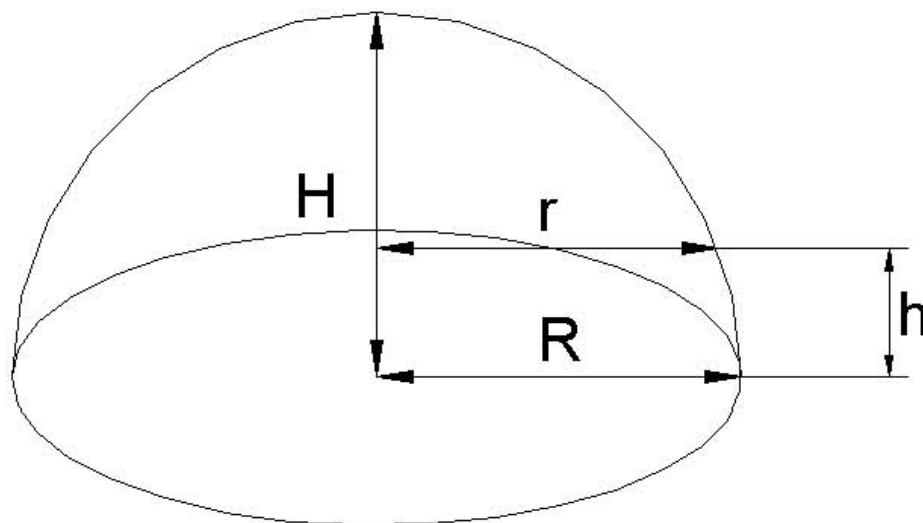
5.33 NÚMERO DE BOQUILLAS DEL 1<sup>ER</sup> ANILLO DE ENFRIAMIENTO

FIGURA 2

$$r = \sqrt{R^2 - h^2}$$

donde:

h = altura del casquete con respecto al ecuador de la esfera (ver figura 2)

R = radio de la esfera (ver figura 2)

r = radio del segmento del casquete esférico a proteger (ver figura 2)

Longitud de cobertura de la esprea ( LC )	<b>2.48 m</b>
LC' = LC al 15% de cobertura =	<b>2.11 m</b>
longitud de alcance de la esprea ( LA ) =	<b>0.76 m</b>
altura del casquete ( h ) =	<b>1.2 m</b>
radio de la esfera ( R ) =	<b>9.22 m</b>
radio del casquete ( r ) =	<b>9.14 m</b>
diámetro del anillo de enfriamiento ( C ) =	<b>19.80 m</b>
Perímetro de ( C ) =	<b>62.21 m</b>
Número de boquillas( Nb ) =	<b>29.51</b>
Número de boquillas redondeado ( NbR ) =	<b>30</b>

El flujo de agua por anillo y cantidad de espreas se especifican en la Tabla 1.

TABLA 1. RESUMEN DE RESULTADOS

Num de anillo	R (m)	h (m)	C (m)	perimetro de c (m)	Lc 15%	num boquillas	num boq red	Q (gpm) boquilla	gasto por anillo (GPM)	Q (lpm) boquilla	gasto por anillo (lpm)
1	9.22	1.2	19.80	62.21	2.11	29.51	30	47.00	1410.00	177.90	5336.85
2	1.50		3.00	9.42	2.11	4.47	4	47.00	188.00	177.90	711.58
BOQUILLAS HEMISFERIO INFERIOR TOTAL							34	47.00	1598	177.90	6048.43
BOQUILLAS EN LOS SOPORTES (PATAS) DE LA ESFERA							12	47.00	564.00	177.90	2134.74
NUMERO DE BOQUILLAS TOTALES							46	47.00	2162.00	177.90	8183.17
DEFLECTOR O CONO DISTRIBUIDOR							1		1411.16		5341.24
FLUJO DE AGUA TOTAL PARA PROTECCION DE LA ESFERA									3573.16		13524.41
1 HIDRANTE-MONITOR							1	750	750.00	2838.8	2838.75
1 HIDRANTES							0	0	0.00	0	0
REQUERIMIENTO DE AGUA TOTAL									4323.16		16363.16

(1) En caso de presentarse alguna contingencia, la Norma DG-GPASI-SI 3600 especifica que se debe disponer para protección del área afectada un flujo de 1000 gpm (3785.41 Lpm), para la operación de mínimo 2 monitores de 500 gpm (1892.70 lpm) c/u para la protección del personal, el enfriamiento del equipo contraincendio y de las tuberías de proceso.

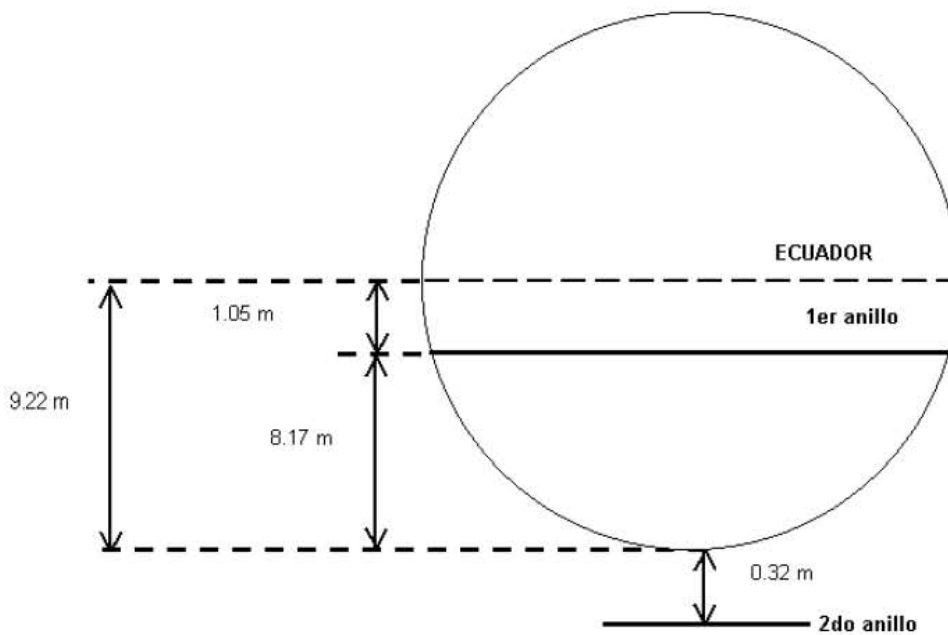


FIGURA 2. DISTANCIAS DEL 1ER Y 2DO ANILLOS DE ENFRIAMIENTO

# MEMORIA DE CÁLCULO II

## MEMORIA DE CÁLCULO II CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO DE LA ESFERA E-02 Y E-03.

### ALCANCE

Este documento tiene como finalidad, determinar y corroborar el número de boquillas aspersoras instaladas y la cantidad de agua contra incendio necesaria para el enfriamiento de los recipientes de tipo esférico presurizados, ubicados en la zona E-02/E-03.

### CONSIDERACIONES

Aplican las mismas consideraciones y criterios de diseño que en la Memoria de Cálculo I. Excepto que en este caso las características de las boquillas de enfriamiento utilizadas son:

- boquillas aspersoras tipo Fulljet o Cono lleno o similar
- ángulo de apertura de 117° tamaño 11W
- diámetro de conexión 1"
- presión de operación 80 Psig (5.62 Kg / cm<sup>2</sup>)
- separación de la boquilla a la envoltura del tanque (La) 33.85" (860 mm)
- gasto por boquilla 32.00 gpm (121.13 lpm)

### 5. CÁLCULOS

En las siguientes hojas se estiman los requerimientos de agua contra incendio para enfriamiento y el número de boquillas requeridas por esfera.

#### 5.3 ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE LA ESFERA A PROTEGER

Una vez conocidas las dimensiones de la esfera, calcularemos el área total a proteger.

$$P \text{ (perímetro)} = 4\pi r^2$$

Dimensiones de la esfera:

diámetro ( D ) =	<b>11.5 m</b>
radio ( r ) =	<b>5.75m</b>
área perimetral ( AP ) =	<b>415.48m</b>

#### 5.3.1 CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AGUA TEÓRICO PARA PROTECCIÓN DE LA ESFERA

Área del hemisferio inferior = Área del hemisferio superior

$$Q_T = \text{área perimetral} \bullet \text{densidad de aplicación}$$

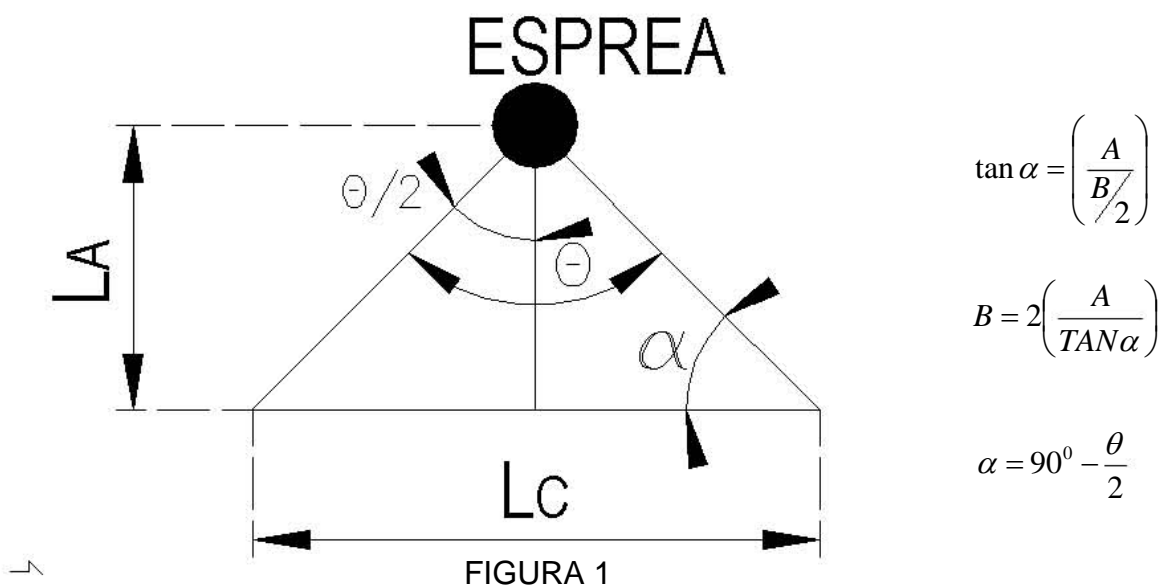
$$Q_T = \left( \frac{4 * \pi * r^2}{2} \right) \left( \frac{10 \text{ Lpm}}{m^2} \right)$$

**QT = 207.74 X 10 = 2077.38 lpm (548.84 gpm)** (por hemisferio)

### 5.3.2 CÁLCULO DEL NÚMERO DE BOQUILLAS

El número de espreas o boquillas aspersoras, se determina dividiendo el perímetro del anillo entre la longitud de cobertura que proporciona la esprea, considerando un traslape mínimo de 15% entre esprea y esprea.

La longitud de cobertura de la esprea se obtiene de acuerdo a la Figura 1



LA = Longitud de alcance de la esprea; distancia medida desde la tangente de la esfera a la esprea

Lc = Longitud de cobertura de la esprea

flujo por esprea ( QE ) =	<b>121.12 Lpm *</b>
presión de descarga=	<b>80 psig *</b>
ángulo que forma la esprea ( Θ ) =	<b>117° *</b>
ángulo complementario ( α ) =	<b>31.5°</b>
A = LA	<b>0.86 m</b>
B = Lc	<b>2.81 m</b>

(\*) Los valores indicados anteriormente fueron tomados de información de catálogos del proveedor y la distancia LA, de los levantamientos en campo.



## NÚMERO DE BOQUILLAS TEÓRICO PARA PROTECCION DE LA ESFERA

$N_{BT}$  = número de boquilla teórico =  $Q_T / Q_{boquilla}$

$Q_{boquilla}$  = **121.12 Lpm**

$Q_T$  = **2077.38 Lpm**

$N_{BT}$  = **17.15**

### 5.33 NÚMERO DE BOQUILLAS DEL 1<sup>ER</sup> ANILLO DE ENFRIAMIENTO

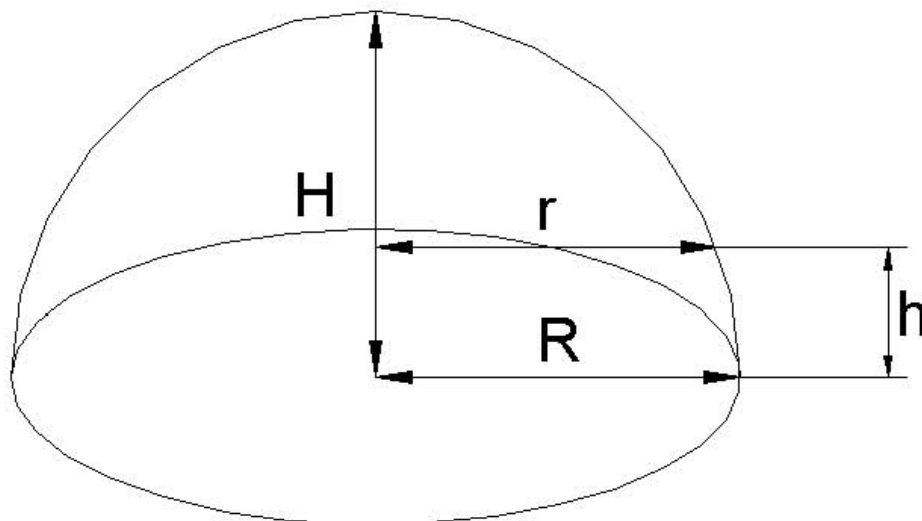


FIGURA 2

$$r = \sqrt{R^2 - h^2}$$

donde:

$h$  = altura del casquete con respecto al ecuador de la esfera (ver figura 2)

$R$  = radio de la esfera (ver figura 2)

$r$  = radio del segmento del casquete esférico a proteger (ver figura 2)

longitud de cobertura de la esprea ( LC )	<b>2.81 m</b>
LC = LC al 15% de cobertura =	<b>2.39 m</b>
longitud de alcance de la esprea ( La ) =	<b>0.86 m</b>
altura del casquete ( h ) =	<b>1.2 m</b>
radio de la esfera ( R ) =	<b>5.75 m</b>
radio del casquete ( r ) =	<b>5.62 m</b>
diámetro del anillo de enfriamiento ( C ) =	<b>12.97 m</b>
Perímetro de ( C ) =	<b>40.74 m</b>
Número de boquillas( Nb ) =	<b>17.07</b>
Número de boquillas redondeado ( NbR ) =	<b>17</b>

El flujo de agua por anillo y cantidad de espreas se especifican en la Tabla 1.

TABLA 1. RESUMEN DE RESULTADOS

Num de anillo	R (m)	h (m)	C (m)	ro de C (m)	Lc 15%	boquillas	num boq red	(gpm) boquill	gasto por anillo (GPM)	boquilla	gasto por anillo (lpm)
1	5.75	1.2	12.97	40.74	2.39	17.07	17	32.00	544.00	121.12	2059.04
2	1.50	0	3.00	9.42	2.39	3.95	4	32.00	128.00	121.12	484.48
BOQUILLAS HEMISFERIO INFERIOR TOTAL							21	32.00	672	121.12	2543.52
BOQUILLAS EN LOS SOPORTES (PATAS) DE LA ESFERA							0	32.00	0.00	121.12	0.00
NUMERO DE BOQUILLAS TOTALES							21	32.00	672.00	121.12	2543.52
DEFLECTOR O CONO DISTRIBUIDOR							1		548.84		2077.38
FLUJO DE AGUA TOTAL PARA PROTECCION DE LA ESFERA									1220.84		4620.90
<sup>1</sup> HIDRANTE-MONITOR							2	500	1000.00	1892.5	3785
<sup>1</sup> HIDRANTE							0	0	0.00	0	0
FLUJO TOTAL									2220.84		8405.90

<sup>(1)</sup> En caso de presentarse alguna contingencia, la Norma DG-GPASI-SI 3600 especifica que se debe disponer para protección del área afectada un flujo de 1000 gpm (3785.41 Lpm), para la operación de mínimo 2 monitores de 500 gpm (1892.70 lpm) c/u para la protección del personal, el enfriamiento del equipo contraincendio y de las tuberías de proceso.

Los resultados obtenidos en la Tabla 1, aplican para las esferas E-02 y E-03 pues tienen las mismas dimensiones, flujo por esfera y cantidad de anillos y boquillas de enfriamiento.

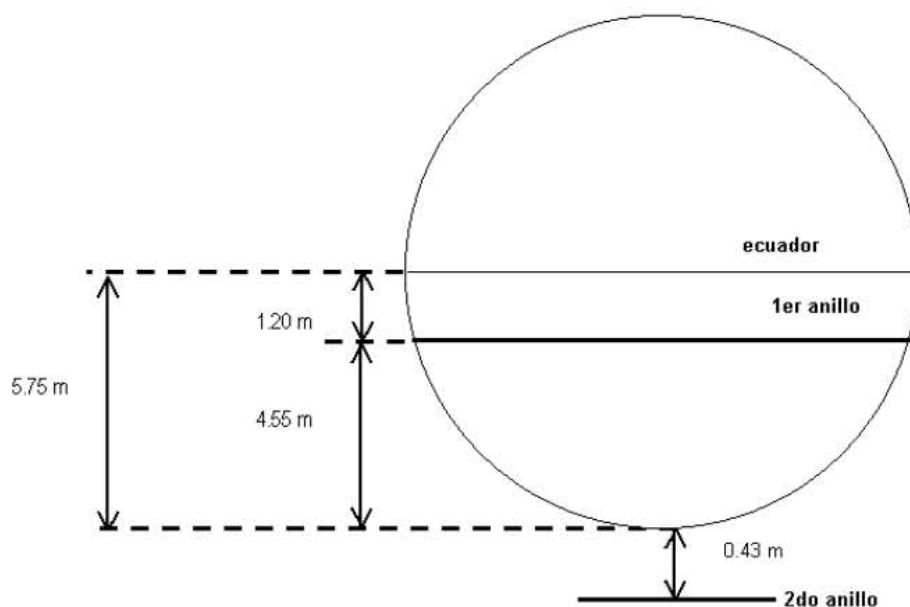


FIGURA2. DISTANCIAS DEL 1ER Y 2DO ANILLOS DE ENFRIAMIENTO

# ANEXO III

## RUTEO Y SIMULACIÓN DE LAS ÁREAS E-01 Y E-02/03

# RUTEO DEL ÁREA E-01

# SIMULACIÓN DEL ÁREA E-01

## SIMULACIÓN DEL ÁREA E-01

DESIGN PROGRAM FOR SPRINKLER SYSTEMS  
by  
MUNICIPAL HYDRAULICS LTD, VANCOUVER CANADA

COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA  
DESIGNER : GRUPO DE PROCESO  
CLIENT : PX-RNAL  
PROJECT : RED CONTRAINCENDIO  
JOB NO. : ESFERA E-01 HM 750

PLEN=M  
PDIAM=IN  
FLOW=GPM  
ELEV=M  
PRESSURE=PSI  
FDESPT

P 100 001 300 544.68 -15.250 9SE 3GV 1CV 5TT  
P 101 300 301 145.6 -15.250 1SE 2HE 1TT  
P 102 301 302 24.6 -10.136 1GV 1TT  
P 103 302 303 91.92 -10.136 1SE 1TT  
P 104 303 304 35.77 -10.136 2SE 1TT  
P 105 304 305 30.28 -10.136 1TT  
P 106 305 306 18.2 -10.136 1TT  
P 107 306 300 60.2 -10.136 1TT  
P 108 306 307 16.17 -10.136 1TT 1SE  
P 109 307 302 43.1 -10.136 1TT  
P 111 308 309 10 -10.136 1TT 2HE  
P 112 309 316 20.72 -8.071 2SE  
P 113 304 314 47.23 -8.071 1SE 3GV 1TT  
P 114 308 314 26.24 -8.071 1TT 2HE  
P 115 305 234 2 -6.065 1TT 1GV  
P 123 314 315 29.42 -8.060 2HE 1TT  
P 124 315 600 2 -6.065 1SE  
P 125 316 330 8.7 -1.939 1TT  
P 126 316 317 8.84 -6.065 1TT  
P 127 330 601 1 -1.939 1TT  
P 128 601 602 2 -1.939  
P 129 602 603 2 -1.939  
P 130 603 604 2 -1.939  
P 131 604 330 1 -1.939 1TT  
P 132 317 634 1 -6.065 1TT  
P 133 634 329 1 -6.065 1TT  
PS 132 134 329 633 136 632 328 137 328 631 139 630 327 140 327 629  
PS 132 141 628 326 142 326 627 144 626 325 145 325 625 148 324 623  
PS 132 149 324 622 152 620 323 153 323 619 155 618 322 156 322 617  
PS 132 159 615 321 160 321 614 163 612 320 164 320 611 166 610 319  
PS 132 167 319 609 170 607 318 171 318 606  
P 135 633 632 2 -6.065  
PS 135 138 631 630 143 627 626 146 624 625 147 624 623 150 622 621  
PS 135 151 621 620 154 619 618 157 617 616 158 616 615 161 614 613  
PS 135 162 613 612 165 611 610 168 609 608 169 608 607 172 606 605  
P 173 605 317 1 -6.065 1TT  
P 174 329 646 5 -1.939 1TT  
PS 174 175 328 645 176 327 644 177 326 643 178 325 642 179 324 641  
PS 174 180 323 640 181 322 639 182 321 638 183 320 637 184 319 636  
PS 174 185 318 635  
N 234 22 750 75  
N 600 43.44 1412 141  
R 300 16  
R 301 16  
R 302 16  
R 303 18  
R 304 18  
R 305 20  
R 306 20  
R 307 20  
R 308 21  
R 309 21

R 314 21  
R 315 41  
R 316 22.68  
R 317 31.84  
R 318 31.84  
RS 318 319 TO 329  
R 330 22.68  
S 601 22.68 47 5.25  
SS 601 602 TO 604  
S 605 26.84 47 5.25  
SS 605 606 TO 634  
S 635 26.84 47 5.25  
SS 635 636 TO 646  
I 001 20 0 210 5000 193 7500 168

HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

```

=====
: COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA :PAGE 1 OF 4 :
: DESIGNER : GRUPO DE PROCESO :
: CLIENT : PX-RNAL :
: PROJECT : RED CONTRAINCENDIO :
: JOB NO. : ESFERA E-01 HM 750 :
=====
: PIPE DIAMETER: PIPE/FTG : TOTAL HEAD LOSS:HEAD LOSS : STATIC : TOTAL :ROUGH: WATER :
:PIPE: PIPE : FLOW : NOM ACTUAL: CODE LENGTH : LENGTH : PER M. :OVER PIPE :HEAD LOSS:HEAD LOSS :NESS :VELOCITY:
:NO. : NODES : (US GPM): (IN) (IN) : # (M.) : (M.) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : (PSI) :COEFF:(FT/SEC):
=====
:100 : 1 300 : 4555.51 : 16.00 : CSAM 544.7 : 827.3 : 0.0171 : 14.179 : -5.683 : 8.496 : 120 : 7.269 :
: : : : 16 15.25 : 9SE 110.9 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 3GV 8.1 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 1CV 28.9 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 5TT 134.8 : : : : : : : : : :
:101 : 300 301 : 2308.20 : 16.00 : CSAM 145.6 : 198.0 : 0.00487 : 0.963 : 0.000 : 0.963 : 120 : 3.683 :
: : : : 16 15.25 : 1SE 12.3 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 2HE 13.1 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 1TT 27.0 : : : : : : : : : :
:102 : 301 302 : 2308.20 : 10.14 : CSAM 24.6 : 41.4 : 0.0450 : 1.859 : 0.000 : 1.859 : 120 : 9.178 :
: : : : 10 10.14 : 1GV 1.5 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:103 : 302 303 : 1667.49 : 10.14 : CSAM 91.9 : 113.9 : 0.0246 : 2.803 : 2.841 : 5.645 : 120 : 6.630 :
: : : : 10 10.14 : 1SE 6.7 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:104 : 303 304 : 1667.49 : 10.14 : CSAM 35.8 : 64.4 : 0.0246 : 1.586 : 0.000 : 1.586 : 120 : 6.630 :
: : : : 10 10.14 : 2SE 13.4 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:105 : 305 304 : 2094.30 : 10.14 : CSAM 30.3 : 45.5 : 0.0375 : 1.709 : -2.841 : -1.132 : 120 : 8.327 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:106 : 306 305 : 2887.83 : 10.14 : CSAM 18.2 : 33.4 : 0.0681 : 2.276 : 0.000 : 2.276 : 120 : 11.482 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:107 : 300 306 : 2247.10 : 10.14 : CSAM 60.2 : 75.4 : 0.0428 : 3.227 : 5.683 : 8.910 : 120 : 8.935 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:108 : 307 306 : 640.73 : 10.14 : CSAM 16.2 : 38.1 : 0.00419 : 0.160 : 0.000 : 0.160 : 120 : 2.548 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1SE 6.7 : : : : : : : : : :
:109 : 302 307 : 640.73 : 10.14 : CSAM 43.1 : 58.3 : 0.00419 : 0.244 : 5.683 : 5.927 : 120 : 2.548 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:111 : 308 309 : 2345.50 : 10.14 : CSAM 10.0 : 31.9 : 0.0463 : 1.479 : 0.000 : 1.479 : 120 : 9.326 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 2HE 6.7 : : : : : : : : : :
:112 : 309 316 : 2345.50 : 8.07 : CSAM 20.7 : 31.7 : 0.140 : 4.451 : 2.387 : 6.838 : 120 : 14.709 :
: : : : 8 8.07 : 2SE 11.0 : : : : : : : : : :
:113 : 304 314 : 3761.79 : 8.07 : CSAM 47.2 : 67.0 : 0.337 : 22.583 : 4.262 : 26.845 : 120 : 23.590 :
: : : : 8 8.07 : 1SE 5.5 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 3GV 3.7 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 1TT 10.7 : : : : : : : : : :
:114 : 314 308 : 2345.50 : 8.07 : CSAM 26.2 : 42.4 : 0.140 : 5.954 : 0.000 : 5.954 : 120 : 14.709 :
: : : : 8 8.07 : 1TT 10.7 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 2HE 5.5 : : : : : : : : : :
:115 : 305 234 : 793.71 : 6.07 : CSAM 2.0 : 12.1 : 0.0759 : 0.915 : 2.841 : 3.757 : 120 : 8.812 :
: : : : 6 6.07 : 1TT 9.1 : : : : : : : : : :
: : : : 6 6.07 : 1GV 0.9 : : : : : : : : : :
:123 : 314 315 : 1416.28 : 8.06 : CSAM 29.4 : 45.6 : 0.0556 : 2.532 : 28.414 : 30.945 : 120 : 8.906 :
: : : : 8 8.07 : 2HE 5.5 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 1TT 10.7 : : : : : : : : : :
=====

```



ESFERA E-01		HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 2 OF 4	
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	ACTUAL (IN)	CODE #	PIPE/FTG	TOTAL LENGTH (M.)	PER M. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF	WATER VELOCITY (FT/SEC)
124	315 600	1416.28	6	6.07	CSAM	2.0	6.3	0.222	1.391	3.466	4.857	120	15.728
				6.07	LSE	4.3							
125	316 330	212.23	2	1.94	CSAM	8.7	10.9	1.705	18.637	0.000	18.637	120	23.059
				2.07	LTT	2.2							
126	316 317	2133.28	6	6.07	CSAM	8.8	18.0	0.474	8.521	13.013	21.535	120	23.691
				6.07	LTT	9.1							
127	330 601	106.11	2	1.94	CSAM	1.0	3.2	0.472	1.527	0.000	1.527	120	11.529
				2.07	LTT	2.2							
128	601 602	53.02		1.94	CSAM	2.0	2.0	0.131	0.261	0.000	0.261	120	5.761
129	603 602	0.000002		1.94	CSAM	2.0	2.0	0.240E-14	0.480E-14	0.000	0.480E-14	120	0.220E-6
130	604 603	53.02		1.94	CSAM	2.0	2.0	0.131	0.261	0.000	0.261	120	5.761
131	330 604	106.11		1.94	CSAM	1.0	3.2	0.472	1.527	0.000	1.527	120	11.529
				2.07	LTT	2.2							
132	317 634	488.44	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0309	0.313	-7.103	-6.790	120	5.424
				6.07	LTT	9.1							
133	634 329	433.96	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0248	0.252	7.103	7.355	120	4.819
				6.07	LTT	9.1							
134	329 633	379.79	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0194	0.197	-7.103	-6.907	120	4.218
				6.07	LTT	9.1							
135	633 632	325.43		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0146	0.0291	0.000	0.0291	120	3.614
136	632 328	271.07	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0104	0.105	7.103	7.209	120	3.010
				6.07	LTT	9.1							
137	328 631	216.99	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00688	0.0698	-7.103	-7.034	120	2.410
				6.07	LTT	9.1							
138	631 630	162.67		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.00403	0.00807	0.000	0.00807	120	1.807
139	630 327	108.36	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00190	0.0193	7.103	7.123	120	1.203
				6.07	LTT	9.1							
140	327 629	54.31	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.000529	0.00537	-7.103	-7.098	120	0.603
				6.07	LTT	9.1							
141	326 628	48.40	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.000428	0.00434	-7.103	-7.099	120	0.538
				6.07	LTT	9.1							
142	627 326	96.59	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00154	0.0156	7.103	7.119	120	1.073
				6.07	LTT	9.1							
143	626 627	145.00		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.00326	0.00652	0.000	0.00652	120	1.610
144	325 626	193.41	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00556	0.0564	-7.103	-7.047	120	2.148
				6.07	LTT	9.1							
145	625 325	241.61	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00839	0.0851	7.103	7.189	120	2.683
				6.07	LTT	9.1							
146	624 625	290.06		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0118	0.0235	0.000	0.0235	120	3.221
147	623 624	338.52		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0157	0.0313	0.000	0.0313	120	3.759
148	324 623	386.99	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0201	0.204	-7.103	-6.900	120	4.298
				6.07	LTT	9.1							
149	622 324	435.29	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0250	0.253	7.103	7.357	120	4.834
				6.07	LTT	9.1							
150	621 622	483.89		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0304	0.0607	0.000	0.0607	120	5.374
151	620 621	532.51		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0363	0.0725	0.000	0.0725	120	5.914
152	323 620	581.14	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0426	0.433	-7.103	-6.671	120	6.454
				6.07	LTT	9.1							
153	619 323	629.67	6	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0495	0.502	7.103	7.605	120	6.993
				6.07	LTT	9.1							
154	618 619	678.57		6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0568	0.114	0.000	0.114	120	7.536

ESFERA E-01		HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 3 OF 4	
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER (IN)	NOM ACTUAL (IN)	PIPE CODE #	PIPE/FTG (M.)	TOTAL LENGTH (M.)	HEAD LOSS PER M. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)
155	322 618	727.50	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0646	0.656	-7.103	-6.448	120	8.079
			6.07	6.07	ITT	9.1							
156	617 322	776.39	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0729	0.740	7.103	7.843	120	8.622
			6.07	6.07	ITT	9.1							
157	616 617	825.71	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0817	0.163	0.000	0.163	120	9.170
158	615 616	875.08	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0910	0.182	0.000	0.182	120	9.718
159	321 615	924.50	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.101	1.022	-7.103	-6.082	120	10.267
			6.07	6.07	ITT	9.1							
160	614 321	973.98	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.111	1.125	7.103	8.229	120	10.816
			6.07	6.07	ITT	9.1							
161	613 614	1023.99	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.122	0.243	0.000	0.243	120	11.372
162	612 613	1074.07	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.133	0.266	0.000	0.266	120	11.928
163	320 612	1124.23	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.145	1.468	-7.103	-5.636	120	12.485
			6.07	6.07	ITT	9.1							
164	611 320	1174.55	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.157	1.592	7.103	8.695	120	13.044
			6.07	6.07	ITT	9.1							
165	610 611	1225.54	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.170	0.340	0.000	0.340	120	13.610
166	319 610	1276.62	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.183	1.857	-7.103	-5.246	120	14.177
			6.07	6.07	ITT	9.1							
167	609 319	1327.96	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.197	1.998	7.103	9.101	120	14.747
			6.07	6.07	ITT	9.1							
168	608 609	1380.07	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.212	0.423	0.000	0.423	120	15.326
169	607 608	1432.29	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.227	0.453	0.000	0.453	120	15.906
170	318 607	1484.63	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.242	2.456	-7.103	-4.647	120	16.487
			6.07	6.07	ITT	9.1							
171	606 318	1537.37	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.258	2.620	7.103	9.724	120	17.073
			6.07	6.07	ITT	9.1							
172	605 606	1591.04	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.275	0.551	0.000	0.551	120	17.669
173	317 605	1644.84	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.293	2.970	-7.103	-4.134	120	18.266
			6.07	6.07	ITT	9.1							
174	329 646	54.17	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.136	0.983	-7.103	-6.120	120	5.885
			2.07	2.07	ITT	2.2							
175	328 645	54.08	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.136	0.981	-7.103	-6.123	120	5.876
			2.07	2.07	ITT	2.2							
176	327 644	54.06	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.135	0.980	-7.103	-6.124	120	5.873
			2.07	2.07	ITT	2.2							
177	326 643	48.18	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.109	0.792	-7.103	-6.312	120	5.235
			2.07	2.07	ITT	2.2							
178	325 642	48.20	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.110	0.792	-7.103	-6.311	120	5.237
			2.07	2.07	ITT	2.2							
179	324 641	48.30	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.110	0.795	-7.103	-6.308	120	5.248
			2.07	2.07	ITT	2.2							
180	323 640	48.53	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.111	0.802	-7.103	-6.301	120	5.273
			2.07	2.07	ITT	2.2							
181	322 639	48.89	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.112	0.813	-7.103	-6.290	120	5.312
			2.07	2.07	ITT	2.2							
182	321 638	49.47	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.115	0.831	-7.103	-6.272	120	5.375
			2.07	2.07	ITT	2.2							
183	320 637	50.32	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.119	0.858	-7.103	-6.245	120	5.468
			2.07	2.07	ITT	2.2							
184	319 636	51.34	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.123	0.890	-7.103	-6.213	120	5.578
			2.07	2.07	ITT	2.2							

ESFERA E-01		HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 4 OF 4	
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER (IN)	NOM ACTUAL (IN)	PIPE CODE #	PIPE/FTG (M.)	TOTAL LENGTH (M.)	HEAD LOSS PER M. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)
185	318 635	52.74	1.94	1.94	CSAM	5.0	7.2	0.129	0.936	-7.103	-6.167	120	5.730
			2.07	2.07	ITT	2.2							

HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS

```

=====
: COMPANY       : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA          :PAGE    1 OF  2  :
: DESIGNER     : GRUPO DE PROCESO                 :             :
: CLIENT       : PX-RNAL                          :             :
: PROJECT      : RED CONTRAINCENDIO              :             :
: JOB NO.      : ESFERA E-01 HM 750              :             :
=====
: 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 :
:          :           :         :          :         :         :         :         : (M.)       : (US GPM) :
=====
:N234 :   793.71 : 158.724 :      :          :         : 1 : 4555.51 : 185.403 : 20.000 : 750.00 :
:      :         :          : 300 :          :         :   :         :         : 16.000 :         :
:      :         :          : 301 :          :         :   :         :         : 16.000 :         :
:      :         :          : 302 :          :         :   :         :         : 16.000 :         :
:      :         :          : 303 :          :         :   :         :         : 18.000 :         :
:      :         :          : 304 :          :         :   :         :         : 18.000 :         :
:      :         :          : 305 :          :         :   :         :         : 20.000 :         :
:      :         :          : 306 :          :         :   :         :         : 20.000 :         :
:      :         :          : 307 :          :         :   :         :         : 20.000 :         :
:      :         :          : 308 :          :         :   :         :         : 21.000 :         :
:      :         :          : 309 :          :         :   :         :         : 21.000 :         :
:      :         :          : 314 :          :         :   :         :         : 21.000 :         :
:      :         :          : 315 :          :         :   :         :         : 41.000 :         :
:      :         :          : 316 :          :         :   :         :         : 22.680 :         :
:      :         :          : 317 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 318 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 319 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 320 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 321 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 322 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 323 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 324 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 325 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 326 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 327 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 328 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 329 :          :         :   :         :         : 31.840 :         :
:      :         :          : 330 :          :         :   :         :         : 22.680 :         :
:N600 :  1416.28 : 100.896 :      :          :         :   :         :         : 43.440 : 1412.00 :
: 601 :   53.09 : 102.264 :      :          :         :   :         :         : 22.680 : 47.00 :
: 602 :   53.02 : 102.002 :      :          :         :   :         :         : 22.680 : 47.00 :
: 603 :   53.02 : 102.002 :      :          :         :   :         :         : 22.680 : 47.00 :
: 604 :   53.09 : 102.264 :      :          :         :   :         :         : 22.680 : 47.00 :
: 605 :   53.80 : 105.027 :      :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 606 :   53.66 : 104.476 :      :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 607 :   52.34 : 99.399 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 608 :   52.22 : 98.946 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 609 :   52.11 : 98.523 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 610 :   51.08 : 94.667 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 611 :   50.99 : 94.328 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 612 :   50.16 : 91.268 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 613 :   50.08 : 91.002 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 614 :   50.01 : 90.759 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 615 :   49.42 : 88.612 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 616 :   49.37 : 88.430 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 617 :   49.32 : 88.266 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
: 618 :   48.93 : 86.871 :       :          :         :   :         :         : 26.840 : 47.00 :
=====

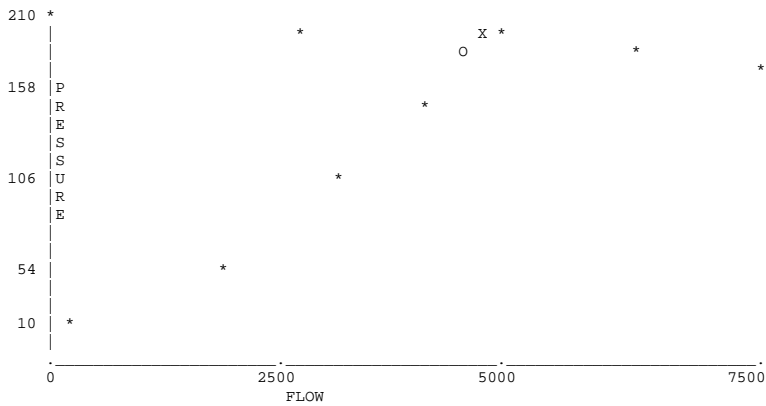
```

ESFERA E-01 HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS PAGE 2 OF 2

```

=====
: 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. : (M.) : (US GPM) :
=====
: 619 : 48.90 : 86.758 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 620 : 48.64 : 85.823 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 621 : 48.62 : 85.751 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 622 : 48.60 : 85.690 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 623 : 48.47 : 85.233 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 624 : 48.46 : 85.202 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 625 : 48.45 : 85.178 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 626 : 48.41 : 85.037 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 627 : 48.41 : 85.030 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 628 : 48.40 : 85.010 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 629 : 54.31 : 106.997 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 630 : 54.31 : 107.022 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 631 : 54.31 : 107.030 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 632 : 54.36 : 107.205 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 633 : 54.37 : 107.234 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 634 : 54.48 : 107.683 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 635 : 52.74 : 100.920 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 636 : 51.34 : 95.634 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 637 : 50.32 : 91.878 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 638 : 49.47 : 88.802 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 639 : 48.89 : 86.714 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 640 : 48.53 : 85.454 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 641 : 48.30 : 84.642 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 642 : 48.20 : 84.301 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 643 : 48.18 : 84.223 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 644 : 54.06 : 106.023 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 645 : 54.08 : 106.119 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 646 : 54.17 : 106.448 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
=====

```



O REQUIRED PRESURE

FLOW = 4555.51  
 PRESSURE = 185.40

X OPERATING POINT

FLOW = 4724.08  
 PRESSURE = 194.20

STATIC HEAD

PRESSURE = 10.16

## SIMULACIÓN DEL ÁREA E-01 (2 hidrantes-monitor)

DESIGN PROGRAM FOR SPRINKLER SYSTEMS  
by  
MUNICIPAL HYDRAULICS LTD, VANCOUVER CANADA

COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA  
DESIGNER : GRUPO DE PROCESO  
CLIENT : PMX-RNAL  
PROJECT : RED CONTRAINCENDIO  
JOB NO. : ESFERA E-01 HM 750 Y 500

PLEN=M  
PDIAM=IN  
FLOW=GPM  
ELEV=M  
PRESSURE=PSI  
FDESPT

P 100 001 300 544.68 -15.250 9SE 3GV 1CV 5TT  
P 101 300 301 145.6 -15.250 1SE 2HE 1TT  
P 102 301 302 24.6 -10.136 1GV 1TT  
P 103 302 303 91.92 -10.136 1SE 1TT  
P 104 303 304 35.77 -10.136 2SE 1TT  
P 105 304 305 30.28 -10.136 1TT  
P 106 305 306 18.2 -10.136 1TT  
P 107 306 300 60.2 -10.136 1TT  
P 108 306 307 16.17 -10.136 1TT 1SE  
P 109 307 302 43.1 -10.136 1TT  
P 111 308 309 10 -10.136 1TT 2HE  
P 112 309 316 20.72 -8.071 2SE  
P 113 304 314 47.23 -8.071 1SE 3GV 1TT  
P 114 308 314 26.24 -8.071 1TT 2HE  
P 115 305 234 2 -6.065 1TT 1GV  
P 123 314 315 29.42 -8.060 2HE 1TT  
P 124 315 600 2 -6.065 1SE  
P 125 316 330 8.7 -1.939 1TT  
P 126 316 317 8.84 -6.065 1TT  
P 127 330 601 1 -1.939 1TT  
P 128 601 602 2 -1.939  
P 129 602 603 2 -1.939  
P 130 603 604 2 -1.939  
P 131 604 330 1 -1.939 1TT  
P 132 317 634 1 -6.065 1TT  
P 133 634 329 1 -6.065 1TT  
PS 132 134 329 633 136 632 328 137 328 631 139 630 327 140 327 629  
PS 132 141 628 326 142 326 627 144 626 325 145 325 625 148 324 623  
PS 132 149 324 622 152 620 323 153 323 619 155 618 322 156 322 617  
PS 132 159 615 321 160 321 614 163 612 320 164 320 611 166 610 319  
PS 132 167 319 609 170 607 318 171 318 606  
P 135 633 632 2 -6.065  
PS 135 138 631 630 143 627 626 146 624 625 147 624 623 150 622 621  
PS 135 151 621 620 154 619 618 157 617 616 158 616 615 161 614 613  
PS 135 162 613 612 165 611 610 168 609 608 169 608 607 172 606 605  
P 173 605 317 1 -6.065 1TT  
P 174 329 646 5 -1.939 1TT  
PS 174 175 328 645 176 327 644 177 326 643 178 325 642 179 324 641  
PS 174 180 323 640 181 322 639 182 321 638 183 320 637 184 319 636  
PS 174 185 318 635  
P 190 303 235 2.5 -6.065 1TT 1GV  
N 234 22 750 75  
N 235 20 500 50  
N 600 43.44 1412 141  
R 300 16  
R 301 16  
R 302 16  
R 303 18  
R 304 18  
R 305 20  
R 306 20  
R 307 20  
R 308 21  
R 309 21

R 314 21  
R 315 41  
R 316 22.68  
R 317 31.84  
R 318 31.84  
RS 318 319 TO 329  
R 330 22.68  
S 601 22.68 47 5.25  
SS 601 602 TO 604  
S 605 26.84 47 5.25  
SS 605 606 TO 634  
S 635 26.84 47 5.25  
SS 635 636 TO 646  
I 001 20 0 210 5000 193 7500 168

HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

```

=====
: COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA :PAGE 1 OF 4 :
: DESIGNER : GRUPO DE PROCESO :
: CLIENT : FX-RNAL :
: PROJECT : RED CONTRAINCENDIO :
: JOB NO. : ESFERA E-01 HM 750 Y 500 :
=====
: PIPE : PIPE : FLOW : PIPE DIAMETER: PIPE/PTG : TOTAL :HEAD LOSS:HEAD LOSS : STATIC : TOTAL :ROUGH: WATER :
: NO. : NODES : (US GPM): (IN) (IN) : # (M.) : (M.) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : COEFF: (FT/SEC):
=====
:100 : 1 300 : 5096.30 : 16.00 : CSAM 544.7 : 827.3 : 0.0211 : 17.449 : -5.683 : 11.766 : 120 : 8.131 :
: : : : 16 15.25 : 9SE 110.9 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 3GV 8.1 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 1CV 28.9 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 5TT 134.8 : : : : : : : : : :
:101 : 300 301 : 2603.29 : 16.00 : CSAM 145.6 : 198.0 : 0.00608 : 1.204 : 0.000 : 1.204 : 120 : 4.154 :
: : : : 16 15.25 : 1SE 12.3 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 2HE 13.1 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 : 1TT 27.0 : : : : : : : : : :
:102 : 301 302 : 2603.29 : 10.14 : CSAM 24.6 : 41.4 : 0.0562 : 2.323 : 0.000 : 2.323 : 120 : 10.351 :
: : : : 10 10.14 : 1GV 1.5 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:103 : 302 303 : 1982.05 : 10.14 : CSAM 91.9 : 113.9 : 0.0339 : 3.861 : 2.841 : 6.702 : 120 : 7.881 :
: : : : 10 10.14 : 1SE 6.7 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:104 : 303 304 : 1436.39 : 10.14 : CSAM 35.8 : 64.4 : 0.0187 : 1.203 : 0.000 : 1.203 : 120 : 5.711 :
: : : : 10 10.14 : 2SE 13.4 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:105 : 305 304 : 2320.01 : 10.14 : CSAM 30.3 : 45.5 : 0.0454 : 2.066 : -2.841 : -0.776 : 120 : 9.225 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:106 : 306 305 : 3113.45 : 10.14 : CSAM 18.2 : 33.4 : 0.0782 : 2.616 : 0.000 : 2.616 : 120 : 12.379 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:107 : 300 306 : 2492.72 : 10.14 : CSAM 60.2 : 75.4 : 0.0518 : 3.909 : 5.683 : 9.592 : 120 : 9.909 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:108 : 307 306 : 621.23 : 10.14 : CSAM 16.2 : 38.1 : 0.00396 : 0.151 : 0.000 : 0.151 : 120 : 2.470 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 1SE 6.7 : : : : : : : : : :
:109 : 302 307 : 621.23 : 10.14 : CSAM 43.1 : 58.3 : 0.00396 : 0.231 : 5.683 : 5.913 : 120 : 2.470 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:111 : 308 309 : 2342.39 : 10.14 : CSAM 10.0 : 31.9 : 0.0462 : 1.476 : 0.000 : 1.476 : 120 : 9.314 :
: : : : 10 10.14 : 1TT 15.2 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 : 2HE 6.7 : : : : : : : : : :
:112 : 309 316 : 2342.39 : 8.07 : CSAM 20.7 : 31.7 : 0.140 : 4.440 : 2.387 : 6.827 : 120 : 14.689 :
: : : : 8 8.07 : 2SE 11.0 : : : : : : : : : :
:113 : 304 314 : 3756.40 : 8.07 : CSAM 47.2 : 67.0 : 0.336 : 22.523 : 4.262 : 26.785 : 120 : 23.556 :
: : : : 8 8.07 : 1SE 5.5 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 3GV 3.7 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 1TT 10.7 : : : : : : : : : :
:114 : 314 308 : 2342.39 : 8.07 : CSAM 26.2 : 42.4 : 0.140 : 5.940 : 0.000 : 5.940 : 120 : 14.689 :
: : : : 8 8.07 : 1TT 10.7 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 2HE 5.5 : : : : : : : : : :
:115 : 305 234 : 793.61 : 6.07 : CSAM 2.0 : 12.1 : 0.0759 : 0.915 : 2.841 : 3.757 : 120 : 8.811 :
: : : : 6 6.07 : 1TT 9.1 : : : : : : : : : :
: : : : 6 6.07 : 1GV 0.9 : : : : : : : : : :
:123 : 314 315 : 1414.01 : 8.06 : CSAM 29.4 : 45.6 : 0.0554 : 2.524 : 28.414 : 30.938 : 120 : 8.892 :
: : : : 8 8.07 : 2HE 5.5 : : : : : : : : : :
: : : : 8 8.07 : 1TT 10.7 : : : : : : : : : :
=====

```

ESFERA E-01			HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS								PAGE 2 OF 4		
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	ACTUAL (IN)	CODE #	PIPE/FTG	TOTAL LENGTH (M.)	PER M. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	STATIC HEAD LOSS (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF	WATER VELOCITY (FT/SEC)
124	315 600	1414.01	6.07	6.07	CSAM	2.0	6.3	0.221	1.387	3.466	4.853	120	15.703
			6.07	6.07	LSE	4.3							
125	316 330	211.96	2.07	1.94	CSAM	8.7	10.9	1.701	18.593	0.000	18.593	120	23.030
			2.07	2.07	LTT	2.2							
126	316 317	2130.43	6.07	6.07	CSAM	8.8	18.0	0.473	8.500	13.013	21.514	120	23.659
			6.07	6.07	LTT	9.1							
127	330 601	105.98	2.07	1.94	CSAM	1.0	3.2	0.471	1.523	0.000	1.523	120	11.515
			2.07	2.07	LTT	2.2							
128	601 602	52.96	1.94	1.94	CSAM	2.0	2.0	0.130	0.261	0.000	0.261	120	5.754
129	603 602	0.000004	1.94	1.94	CSAM	2.0	2.0	0.117E-13	0.234E-13	0.000	0.234E-13	120	0.518E-6
130	604 603	52.96	1.94	1.94	CSAM	2.0	2.0	0.130	0.261	0.000	0.261	120	5.754
131	330 604	105.98	2.07	1.94	CSAM	1.0	3.2	0.471	1.523	0.000	1.523	120	11.515
			2.07	2.07	LTT	2.2							
132	317 634	487.79	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0308	0.313	-7.103	-6.791	120	5.417
			6.07	6.07	LTT	9.1							
133	634 329	433.39	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0248	0.251	7.103	7.355	120	4.813
			6.07	6.07	LTT	9.1							
134	329 633	379.29	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0193	0.196	-7.103	-6.907	120	4.212
			6.07	6.07	LTT	9.1							
135	633 632	325.00	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0145	0.0291	0.000	0.0291	120	3.609
136	632 328	270.71	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0104	0.105	7.103	7.209	120	3.006
			6.07	6.07	LTT	9.1							
137	328 631	216.70	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00686	0.0696	-7.103	-7.034	120	2.407
			6.07	6.07	LTT	9.1							
138	631 630	162.46	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.00402	0.00805	0.000	0.00805	120	1.804
139	630 327	108.22	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00190	0.0192	7.103	7.123	120	1.202
			6.07	6.07	LTT	9.1							
140	327 629	54.23	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.000528	0.00535	-7.103	-7.098	120	0.602
			6.07	6.07	LTT	9.1							
141	326 628	48.34	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.000426	0.00433	-7.103	-7.099	120	0.537
			6.07	6.07	LTT	9.1							
142	627 326	96.46	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00153	0.0155	7.103	7.119	120	1.071
			6.07	6.07	LTT	9.1							
143	626 627	144.80	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.00325	0.00650	0.000	0.00650	120	1.608
144	325 626	193.15	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00555	0.0562	-7.103	-7.047	120	2.145
			6.07	6.07	LTT	9.1							
145	625 325	241.29	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.00837	0.0849	7.103	7.188	120	2.680
			6.07	6.07	LTT	9.1							
146	624 625	289.67	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0117	0.0235	0.000	0.0235	120	3.217
147	623 624	338.07	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0156	0.0313	0.000	0.0313	120	3.754
148	324 623	386.47	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0200	0.203	-7.103	-6.900	120	4.292
			6.07	6.07	LTT	9.1							
149	622 324	434.71	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0249	0.253	7.103	7.356	120	4.828
			6.07	6.07	LTT	9.1							
150	621 622	483.24	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0303	0.0606	0.000	0.0606	120	5.367
151	620 621	531.79	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0362	0.0724	0.000	0.0724	120	5.906
152	323 620	580.36	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0425	0.431	-7.103	-6.672	120	6.445
			6.07	6.07	LTT	9.1							
153	619 323	628.83	6.07	6.07	CSAM	1.0	10.1	0.0493	0.501	7.103	7.604	120	6.983
			6.07	6.07	LTT	9.1							
154	618 619	677.66	6.07	6.07	CSAM	2.0	2.0	0.0567	0.113	0.000	0.113	120	7.526



ESFERA E-01 HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS PAGE 3 OF 4

```

=====
:PIPE: PIPE : FLOW :PIPE DIAMETER: PIPE/FTG : TOTAL :HEAD LOSS:HEAD LOSS : STATIC : TOTAL :ROUGH: WATER :
:NO. : NODES : (US GPM): (IN) (IN) : # (M.) : (M.) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : (PSI) :COEFF:(FT/SEC):
=====
:155 : 322 618 : 726.53 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.0645 : 0.654 : -7.103 : -6.449 : 120 : 8.068 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:156 : 617 322 : 775.35 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.0727 : 0.738 : 7.103 : 7.841 : 120 : 8.610 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:157 : 616 617 : 824.61 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.0815 : 0.163 : 0.000 : 0.163 : 120 : 9.158 :
:158 : 615 616 : 873.91 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.0908 : 0.182 : 0.000 : 0.182 : 120 : 9.705 :
:159 : 321 615 : 923.26 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.100 : 1.019 : -7.103 : -6.084 : 120 : 10.253 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:160 : 614 321 : 972.67 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.111 : 1.123 : 7.103 : 8.226 : 120 : 10.802 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:161 : 613 614 : 1022.62 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.121 : 0.243 : 0.000 : 0.243 : 120 : 11.356 :
:162 : 612 613 : 1072.63 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.133 : 0.265 : 0.000 : 0.265 : 120 : 11.912 :
:163 : 320 612 : 1122.72 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.144 : 1.464 : -7.103 : -5.639 : 120 : 12.468 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:164 : 611 320 : 1172.98 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.157 : 1.588 : 7.103 : 8.691 : 120 : 13.026 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:165 : 610 611 : 1223.90 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.169 : 0.339 : 0.000 : 0.339 : 120 : 13.592 :
:166 : 319 610 : 1274.91 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.183 : 1.853 : -7.103 : -5.251 : 120 : 14.158 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:167 : 609 319 : 1326.18 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.196 : 1.993 : 7.103 : 9.097 : 120 : 14.728 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:168 : 608 609 : 1378.22 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.211 : 0.422 : 0.000 : 0.422 : 120 : 15.306 :
:169 : 607 608 : 1430.38 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.226 : 0.452 : 0.000 : 0.452 : 120 : 15.885 :
:170 : 318 607 : 1482.65 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.242 : 2.450 : -7.103 : -4.653 : 120 : 16.465 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:171 : 606 318 : 1535.32 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.258 : 2.614 : 7.103 : 9.717 : 120 : 17.050 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:172 : 605 606 : 1588.91 : 6 6.07 : CSAM 2.0 : 2.0 : 0.275 : 0.549 : 0.000 : 0.549 : 120 : 17.645 :
:173 : 317 605 : 1642.64 : 6 6.07 : CSAM 1.0 : 10.1 : 0.292 : 2.962 : -7.103 : -4.141 : 120 : 18.242 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
:174 : 329 646 : 54.09 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.136 : 0.981 : -7.103 : -6.123 : 120 : 5.877 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:175 : 328 645 : 54.01 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.135 : 0.978 : -7.103 : -6.125 : 120 : 5.868 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:176 : 327 644 : 53.99 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.135 : 0.977 : -7.103 : -6.126 : 120 : 5.866 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:177 : 326 643 : 48.12 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.109 : 0.790 : -7.103 : -6.314 : 120 : 5.228 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:178 : 325 642 : 48.14 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.109 : 0.790 : -7.103 : -6.313 : 120 : 5.230 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:179 : 324 641 : 48.24 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.110 : 0.793 : -7.103 : -6.310 : 120 : 5.241 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:180 : 323 640 : 48.47 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.111 : 0.800 : -7.103 : -6.303 : 120 : 5.266 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:181 : 322 639 : 48.82 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.112 : 0.811 : -7.103 : -6.292 : 120 : 5.305 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:182 : 321 638 : 49.41 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.115 : 0.829 : -7.103 : -6.274 : 120 : 5.368 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:183 : 320 637 : 50.26 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.118 : 0.856 : -7.103 : -6.248 : 120 : 5.460 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:184 : 319 636 : 51.27 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.123 : 0.888 : -7.103 : -6.215 : 120 : 5.571 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
=====

```

ESFERA E-01 HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS PAGE 4 OF 4

```

=====
:PIPE: PIPE : FLOW :PIPE DIAMETER: PIPE/FTG : TOTAL :HEAD LOSS:HEAD LOSS : STATIC : TOTAL :ROUGH: WATER :
:NO. : NODES : (US GPM): (IN) (IN) : # (M.) : (M.) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : (PSI) :COEFF:(FT/SEC):
=====
:185 : 318 635 : 52.67 : 2 1.94 : CSAM 5.0 : 7.2 : 0.129 : 0.934 : -7.103 : -6.170 : 120 : 5.723 :
: : : : : 2 2.07 : ITT 2.2 : : : : : : : : : : :
:190 : 303 235 : 546.31 : 6 6.07 : CSAM 2.5 : 12.6 : 0.0379 : 0.476 : 2.841 : 3.318 : 120 : 6.060 :
: : : : : 6 6.07 : ITT 9.1 : : : : : : : : : : :
: : : : : 6 6.07 : IGV 0.9 : : : : : : : : : : :
=====

```

HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS

```

=====
: COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA :PAGE 1 OF 2 :
: DESIGNER : GRUPO DE PROCESO : :
: CLIENT : PX-RNAL : :
: PROJECT : RED CONTRAINCENDIO : :
: JOB NO. : ESFERA E-01 HM 750 Y 500 : :
=====
: 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 :
: : : : : : : : : (M.) : (US GPM) :
=====
: : : : : : : : : : : :
:N234 : 793.61 : 158.685 : : : : 1 : 5096.30 : 188.353 : 20.000 : :
:N235 : 546.31 : 161.414 : : : : : : : : 20.000 : 750.00 :
: : : : 300 : : 174.581 : : : : : 16.000 : :
: : : : 301 : : 173.377 : : : : : 16.000 : :
: : : : 302 : : 171.054 : : : : : 16.000 : :
: : : : 303 : : 164.352 : : : : : 18.000 : :
: : : : 304 : : 163.149 : : : : : 18.000 : :
: : : : 305 : : 162.373 : : : : : 20.000 : :
: : : : 306 : : 164.989 : : : : : 20.000 : :
: : : : 307 : : 165.140 : : : : : 20.000 : :
: : : : 308 : : 130.424 : : : : : 21.000 : :
: : : : 309 : : 128.949 : : : : : 21.000 : :
: : : : 314 : : 136.364 : : : : : 21.000 : :
: : : : 315 : : 105.426 : : : : : 41.000 : :
: : : : 316 : : 122.122 : : : : : 22.680 : :
: : : : 317 : : 100.608 : : : : : 31.840 : :
: : : : 318 : : 94.482 : : : : : 31.840 : :
: : : : 319 : : 89.165 : : : : : 31.840 : :
: : : : 320 : : 85.386 : : : : : 31.840 : :
: : : : 321 : : 82.291 : : : : : 31.840 : :
: : : : 322 : : 80.189 : : : : : 31.840 : :
: : : : 323 : : 78.921 : : : : : 31.840 : :
: : : : 324 : : 78.104 : : : : : 31.840 : :
: : : : 325 : : 77.761 : : : : : 31.840 : :
: : : : 326 : : 77.683 : : : : : 31.840 : :
: : : : 327 : : 99.617 : : : : : 31.840 : :
: : : : 328 : : 99.714 : : : : : 31.840 : :
: : : : 329 : : 100.044 : : : : : 31.840 : :
: : : : 330 : : 103.528 : : : : : 22.680 : :
:N600 : 1414.01 : 100.573 : : : : : : : 43.440 : 1412.00 :
: 601 : 53.02 : 102.005 : : : : : : : 22.680 : 47.00 :
: 602 : 52.96 : 101.744 : : : : : : : 22.680 : 47.00 :
: 603 : 52.96 : 101.744 : : : : : : : 22.680 : 47.00 :
: 604 : 53.02 : 102.005 : : : : : : : 22.680 : 47.00 :
: 605 : 53.73 : 104.749 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 606 : 53.59 : 104.200 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 607 : 52.27 : 99.135 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 608 : 52.15 : 98.683 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 609 : 52.04 : 98.261 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 610 : 51.01 : 94.416 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 611 : 50.92 : 94.077 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 612 : 50.09 : 91.025 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 613 : 50.02 : 90.760 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 614 : 49.95 : 90.517 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 615 : 49.35 : 88.375 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 616 : 49.30 : 88.193 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 617 : 49.26 : 88.030 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
=====

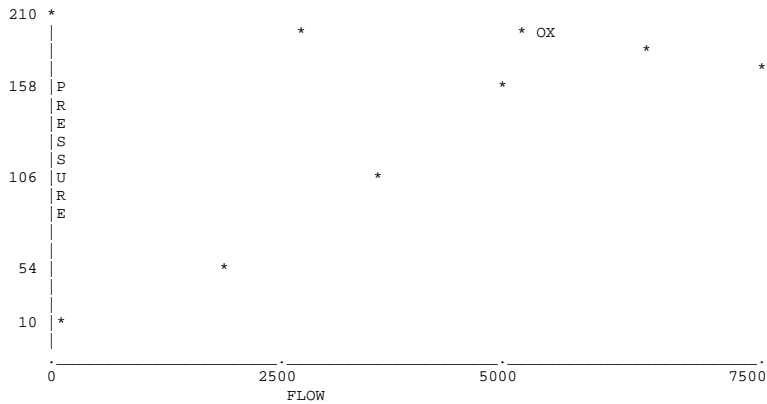
```

ESFERA E-01 HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS PAGE 2 OF 2

```

=====
: 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. : (M.) : (US GPM) :
=====
: 618 : 48.87 : 86.639 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 619 : 48.83 : 86.525 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 620 : 48.57 : 85.593 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 621 : 48.55 : 85.521 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 622 : 48.53 : 85.460 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 623 : 48.40 : 85.005 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 624 : 48.39 : 84.973 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 625 : 48.39 : 84.950 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 626 : 48.35 : 84.809 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 627 : 48.35 : 84.802 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 628 : 48.34 : 84.782 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 629 : 54.23 : 106.715 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 630 : 54.24 : 106.739 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 631 : 54.24 : 106.747 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 632 : 54.29 : 106.922 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 633 : 54.29 : 106.951 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 634 : 54.41 : 107.399 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 635 : 52.67 : 100.652 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 636 : 51.27 : 95.380 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 637 : 50.26 : 91.633 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 638 : 49.41 : 88.565 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 639 : 48.82 : 86.481 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 640 : 48.47 : 85.224 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 641 : 48.24 : 84.414 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 642 : 48.14 : 84.075 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 643 : 48.12 : 83.997 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 644 : 53.99 : 105.743 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 645 : 54.01 : 105.839 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
: 646 : 54.09 : 106.167 : : : : : : : 26.840 : 47.00 :
=====

```



O REQUIRED PRESURE

FLOW = 5096.30  
 PRESSURE = 188.35

X OPERATING POINT

FLOW = 5160.07  
 PRESSURE = 192.30

STATIC HEAD

PRESSURE = 10.16

# RUTEO DEL ÁREA E-02/E-03

# SIMULACIÓN DEL ÁREA E-02/E-03

## SIMULACIÓN DEL ÁREA E-02/03

DESIGN PROGRAM FOR SPRINKLER SYSTEMS  
by  
MUNICIPAL HYDRAULICS LTD, VANCOUVER CANADA

COPYRIGHT (C) 1988 MUNICIPAL HYDRAULICS LTD

COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA  
DESIGNER : GRUPO DE PROCESO  
CLIENT : PX-RNAL  
PROJECT : RED CONTRAINCENDIO  
JOB NO. : ESFERA E-02/E-03

PLEN=M  
PDIAM=IN  
FLOW=GPM  
ELEV=M  
PRESSURE=PSI  
FDESPT

P 100 001 300 544.68 -15.250 10SE 3GV 1CV 4TT  
P 101 300 301 446 -15.250 4HE 3GV  
P 102 301 302 165.24 -12.090 2GV 7SE  
P 103 302 303 620 -12.090 2SE 2GV 1TT  
P 104 303 304 43 -12.090 3GV 1TT  
P 105 304 305 76 -12.090 1TT  
P 106 305 302 154 -12.090 1GV 1TT  
P 107 303 306 15.18 -12.090 1GV 1TT  
P 108 306 307 41.8 -10.136 1TT  
P 110 307 308 153.82 -10.136 3SE 1TT  
P 111 308 63 2.5 -6.065 1TT 1GV  
P 112 308 309 6 -10.136 1TT  
P 113 309 306 73.57 -10.136 1TT  
P 114 309 310 42 -10.136 2SE 3GV 4HE 1TT  
P 115 310 311 2.8 -10.136 1TT  
P 116 311 312 3.7 -10.136 2SE  
P 117 312 314 22 -6.065 1TT 4SE 2HE  
P 118 314 315 8.20 -4.026 2SE 1TT 2HE  
P 119 315 316 15.59 -3.068 1TT 2SE 1GV  
P 120 305 105 2.5 -6.065 1TT 1GV  
P 121 314 320 9.55 -8.061 2SE  
P 122 320 646 22.86 -4.026 1SE  
P 123 320 645 29.86 -4.026 1SE  
P 124 311 324 36.73 -6.065 1SE  
P 126 316 319 2 -3.068 1TT  
P 127 316 317 2 -3.068 1TT  
P 128 317 318 2 -3.068 1TT  
P 129 318 644 2 -1.939 1TT  
P 130 317 643 2 -1.939 1TT  
P 131 319 642 2 -1.939 1TT  
P 132 321 322 5.75 -6.065 1TT  
P 133 321 323 6.6 -3.068 1TT  
P 134 323 601 1.2 -3.068 1TT  
P 135 601 600 2.35 -3.068  
P 136 600 603 2.35 -3.068  
P 137 603 602 2.35 -3.068  
P 138 602 323 1.2 -3.068 1TT  
P 140 322 609 1.22 -6.065 1TT  
P 141 609 610 2.44 -6.065  
PS 141 142 610 611 143 611 612 144 612 613 145 613 614 146 614 615 147 615 61  
PS 141 148 616 617 149 617 618 150 618 619 151 619 620 152 604 605 153 605 60  
PS 141 154 606 607 155 607 608  
P 156 608 322 1.22 -6.065 1TT  
P 125 310 321 35.5 -6.065 1TT  
P 157 324 325 5.75 -6.065 1TT  
P 158 324 326 6.6 -3.068 1TT  
P 159 326 621 1.2 -3.068 1TT  
P 160 621 622 2.35 -3.068  
P 161 622 623 2.35 -3.068  
P 162 623 624 2.35 -3.068  
P 163 624 326 1.2 -3.068 1TT

---

P 164 325 625 1.22 -6.065 1TT  
P 165 625 626 2.44 -6.065  
PS 165 166 626 627 167 627 628 168 628 629 169 629 630 170 630 631 171 631 63  
PS 165 172 632 633 173 633 634 174 634 635 175 635 636 176 637 638 177 638 63  
PS 165 178 639 640 179 640 641  
P 180 641 325 1.22 -6.065 1TT  
R 300 16  
R 301 16  
R 302 12  
R 303 10  
R 304 10  
R 305 10  
R 306 10  
R 307 10  
R 308 11  
R 309 11  
R 310 10  
R 311 10  
R 312 10  
R 314 10  
R 315 10  
R 316 14  
R 317 14  
R 318 14  
R 319 14  
R 320 10  
R 321 13  
R 322 18.75  
R 323 13  
R 324 13  
R 325 18.75  
R 326 13  
N 105 12 500 50  
N 63 12 500 50  
N 646 27.93 600 60  
N 645 27.93 600 60  
S 600 12 32 3.6  
SS 600 601 TO 603  
S 604 18.75 32 3.6  
SS 604 605 TO 620  
S 621 13 32 3.6  
SS 621 622 TO 624  
S 625 18.75 32 3.6  
SS 625 626 TO 641  
S 644 12 32 3.6  
S 643 12 32 3.6  
S 642 12 32 3.6  
I 001 20 0 210 5000 193 7500 168

HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS

```

=====
: COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA :PAGE 1 OF 4 :
: DESIGNER : GRUPO DE PROCESO :
: CLIENT : PX-RNAL :
: PROJECT : RED CONTRAINCENDIO :
: JOB NO. : ESFERA E-02/E-03 :
=====
: PIPE DIAMETER: PIPE/FTG : TOTAL HEAD LOSS:HEAD LOSS : STATIC : TOTAL :ROUGH: WATER :
:PIPE: PIPE : FLOW : NOM ACTUAL: CODE LENGTH : LENGTH : PER M. :OVER PIPE :HEAD LOSS:HEAD LOSS :NESS :VELOCITY:
:NO. : NODES : (US GPM): (IN) (IN) : # (M.) : (M.) : (PSI) : (PSI) : (PSI) : (PSI) :COEFF:(FT/SEC):
=====
:100 : 1 300 : 4209.12 : 16.00 : CSAM 544.7 : 812.7 : 0.0148 : 12.031 : -5.683 : 6.349 : 120 : 6.717 :
: : : : 16 15.25 :10SE 123.2 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 :3GV 8.1 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 :1CV 28.9 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 :4TT 107.8 : : : : : : : : : :
:101 : 300 301 : 4209.12 : 16.00 : CSAM 446.0 : 480.3 : 0.0148 : 7.110 : 0.000 : 7.110 : 120 : 6.717 :
: : : : 16 15.25 :4HE 26.2 : : : : : : : : : :
: : : : 16 15.25 :3GV 8.1 : : : : : : : : : :
:102 : 301 302 : 4209.12 : 12.00 : CSAM 165.2 : 228.8 : 0.0580 : 13.258 : -5.683 : 7.575 : 120 : 11.763 :
: : : : 12 12.00 :2GV 3.8 : : : : : : : : : :
: : : : 12 12.00 :7SE 59.7 : : : : : : : : : :
:103 : 302 303 : 1620.85 : 12.00 : CSAM 620.0 : 659.8 : 0.00990 : 6.532 : -2.841 : 3.690 : 120 : 4.530 :
: : : : 12 12.00 :2SE 17.1 : : : : : : : : : :
: : : : 12 12.00 :2GV 3.8 : : : : : : : : : :
: : : : 12 12.00 :1TT 19.0 : : : : : : : : : :
:104 : 304 303 : 2017.10 : 12.00 : CSAM 43.0 : 67.7 : 0.0148 : 1.004 : 0.000 : 1.004 : 120 : 5.637 :
: : : : 12 12.00 :3GV 5.7 : : : : : : : : : :
: : : : 12 12.00 :1TT 19.0 : : : : : : : : : :
:105 : 305 304 : 2017.10 : 12.00 : CSAM 76.0 : 95.0 : 0.0148 : 1.409 : 0.000 : 1.409 : 120 : 5.637 :
: : : : 12 12.00 :1TT 19.0 : : : : : : : : : :
:106 : 302 305 : 2588.27 : 12.00 : CSAM 154.0 : 174.9 : 0.0236 : 4.118 : -2.841 : 1.277 : 120 : 7.233 :
: : : : 12 12.00 :1GV 1.9 : : : : : : : : : :
: : : : 12 12.00 :1TT 19.0 : : : : : : : : : :
:107 : 303 306 : 3637.95 : 12.00 : CSAM 15.2 : 36.0 : 0.0442 : 1.594 : 0.000 : 1.594 : 120 : 10.167 :
: : : : 12 12.00 :1GV 1.9 : : : : : : : : : :
: : : : 12 12.00 :1TT 19.0 : : : : : : : : : :
:108 : 306 307 : 1316.49 : 10.14 : CSAM 41.8 : 57.0 : 0.0159 : 0.907 : 0.000 : 0.907 : 120 : 5.235 :
: : : : 10 10.14 :1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:110 : 307 308 : 1316.49 : 10.14 : CSAM 153.8 : 189.2 : 0.0159 : 3.006 : 1.421 : 4.427 : 120 : 5.235 :
: : : : 10 10.14 :3SE 20.1 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 :1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:111 : 308 63 : 556.99 : 6.07 : CSAM 2.5 : 12.6 : 0.0394 : 0.495 : 1.421 : 1.916 : 120 : 6.186 :
: : : : 6 6.07 :1TT 9.1 : : : : : : : : : :
: : : : 6 6.07 :1GV 0.9 : : : : : : : : : :
:112 : 308 309 : 759.50 : 10.14 : CSAM 6.0 : 21.2 : 0.00574 : 0.122 : 0.000 : 0.122 : 120 : 3.020 :
: : : : 10 10.14 :1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:113 : 306 309 : 2321.46 : 10.14 : CSAM 73.6 : 88.8 : 0.0454 : 4.035 : 1.421 : 5.456 : 120 : 9.230 :
: : : : 10 10.14 :1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:114 : 309 310 : 3080.96 : 10.14 : CSAM 42.0 : 88.6 : 0.0767 : 6.802 : -1.421 : 5.381 : 120 : 12.250 :
: : : : 10 10.14 :2SE 13.4 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 :3GV 4.6 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 :4HE 13.4 : : : : : : : : : :
: : : : 10 10.14 :1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:115 : 310 311 : 2207.19 : 10.14 : CSAM 2.8 : 18.0 : 0.0414 : 0.746 : 0.000 : 0.746 : 120 : 8.776 :
: : : : 10 10.14 :1TT 15.2 : : : : : : : : : :
:116 : 311 312 : 1335.57 : 10.14 : CSAM 3.7 : 17.1 : 0.0163 : 0.279 : 0.000 : 0.279 : 120 : 5.310 :
: : : : 10 10.14 :2SE 13.4 : : : : : : : : : :
=====

```



ESFERA E-02/		HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 2 OF 4	
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	ACTUAL (IN)	CODE #	PIPE/FTG LENGTH (M.)	TOTAL LENGTH (M.)	HEAD LOSS PER M. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	HEAD LOSS STATIC (PSI)	HEAD LOSS TOTAL (PSI)	ROUGHNESS COEFF.	WATER VELOCITY (FT/SEC)
:117:	312 314	: 1335.57	: 6	6.07	: CSAM	22.0	52.5	: 0.199	: 10.447	: 0.000	: 10.447	: 120	: 14.832
:	:	:	: 6	6.07	: LTT	9.1	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	: 6	6.07	: 4SE	17.1	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	: 6	6.07	: 2HE	4.3	:	:	:	:	:	:	:
:118:	314 315	: 124.40	: 4	4.03	: CSAM	8.2	22.8	: 0.0181	: 0.412	: 0.000	: 0.412	: 120	: 3.135
:	:	:	: 4	4.03	: 2SE	6.1	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	: 4	4.03	: LTT	6.1	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	: 4	4.03	: 2HE	2.4	:	:	:	:	:	:	:
:119:	315 316	: 124.40	: 3	3.07	: CSAM	15.6	24.7	: 0.0679	: 1.678	: 5.683	: 7.361	: 120	: 5.399
:	:	:	: 3	3.07	: LTT	4.6	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	: 3	3.07	: 2SE	4.3	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	: 3	3.07	: LGV	0.3	:	:	:	:	:	:	:
:120:	305 105	: 571.17	: 6	6.07	: CSAM	2.5	12.6	: 0.0413	: 0.519	: 2.841	: 3.360	: 120	: 6.343
:	:	:	: 6	6.07	: LTT	9.1	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	: 6	6.07	: LGV	0.9	:	:	:	:	:	:	:
:121:	314 320	: 1211.17	: 8	8.06	: CSAM	9.6	20.5	: 0.0416	: 0.853	: 0.000	: 0.853	: 120	: 7.614
:	:	:	: 8	8.07	: 2SE	11.0	:	:	:	:	:	:	:
:122:	320 646	: 608.81	: 4	4.03	: CSAM	22.9	25.9	: 0.342	: 8.858	: 25.473	: 34.331	: 120	: 15.344
:	:	:	: 4	4.03	: LSE	3.0	:	:	:	:	:	:	:
:123:	320 645	: 602.35	: 4	4.03	: CSAM	29.9	32.9	: 0.335	: 11.031	: 25.473	: 36.504	: 120	: 15.181
:	:	:	: 4	4.03	: LSE	3.0	:	:	:	:	:	:	:
:124:	311 324	: 871.62	: 6	6.07	: CSAM	36.7	41.0	: 0.0903	: 3.703	: 4.262	: 7.965	: 120	: 9.680
:	:	:	: 6	6.07	: LSE	4.3	:	:	:	:	:	:	:
:125:	310 321	: 873.77	: 6	6.07	: CSAM	35.5	44.6	: 0.0907	: 4.051	: 4.262	: 8.313	: 120	: 9.703
:	:	:	: 6	6.07	: LTT	9.1	:	:	:	:	:	:	:
:126:	316 319	: 41.49	: 3	3.07	: CSAM	2.0	6.6	: 0.00888	: 0.0584	: 0.000	: 0.0584	: 120	: 1.800
:	:	:	: 3	3.07	: LTT	4.6	:	:	:	:	:	:	:
:127:	316 317	: 82.92	: 3	3.07	: CSAM	2.0	6.6	: 0.0320	: 0.210	: 0.000	: 0.210	: 120	: 3.599
:	:	:	: 3	3.07	: LTT	4.6	:	:	:	:	:	:	:
:128:	317 318	: 41.45	: 3	3.07	: CSAM	2.0	6.6	: 0.00887	: 0.0583	: 0.000	: 0.0583	: 120	: 1.799
:	:	:	: 3	3.07	: LTT	4.6	:	:	:	:	:	:	:
:129:	318 644	: 41.45	: 2	2.07	: CSAM	2.0	4.2	: 0.0828	: 0.351	: -2.841	: -2.491	: 120	: 4.504
:	:	:	: 2	2.07	: LTT	2.2	:	:	:	:	:	:	:
:130:	317 643	: 41.46	: 2	2.07	: CSAM	2.0	4.2	: 0.0829	: 0.351	: -2.841	: -2.491	: 120	: 4.505
:	:	:	: 2	2.07	: LTT	2.2	:	:	:	:	:	:	:
:131:	319 642	: 41.49	: 2	2.07	: CSAM	2.0	4.2	: 0.0830	: 0.351	: -2.841	: -2.490	: 120	: 4.508
:	:	:	: 2	2.07	: LTT	2.2	:	:	:	:	:	:	:
:132:	321 322	: 702.69	: 6	6.07	: CSAM	5.8	14.9	: 0.0606	: 0.903	: 8.169	: 9.072	: 120	: 7.804
:	:	:	: 6	6.07	: LTT	9.1	:	:	:	:	:	:	:
:133:	321 323	: 171.08	: 3	3.07	: CSAM	6.6	11.2	: 0.122	: 1.368	: 0.000	: 1.368	: 120	: 7.425
:	:	:	: 3	3.07	: LTT	4.6	:	:	:	:	:	:	:
:134:	323 601	: 85.54	: 3	3.07	: CSAM	1.2	5.8	: 0.0339	: 0.196	: -1.421	: -1.225	: 120	: 3.712
:	:	:	: 3	3.07	: LTT	4.6	:	:	:	:	:	:	:
:135:	601 600	: 42.77	: 3	3.07	: CSAM	2.3	2.3	: 0.00939	: 0.0221	: 0.000	: 0.0221	: 120	: 1.856
:136:	603 600	: 0.000002	: 3	3.07	: CSAM	2.3	2.3	: 0.292E-15	: 0.686E-15	: 0.000	: 0.686E-15	: 120	: 0.942E-7
:137:	602 603	: 42.77	: 3	3.07	: CSAM	2.3	2.3	: 0.00939	: 0.0221	: 0.000	: 0.0221	: 120	: 1.856
:138:	323 602	: 85.54	: 3	3.07	: CSAM	1.2	5.8	: 0.0339	: 0.196	: -1.421	: -1.225	: 120	: 3.712
:	:	:	: 3	3.07	: LTT	4.6	:	:	:	:	:	:	:
:140:	322 609	: 495.76	: 6	6.07	: CSAM	1.2	10.4	: 0.0318	: 0.329	: 0.000	: 0.329	: 120	: 5.506
:	:	:	: 6	6.07	: LTT	9.1	:	:	:	:	:	:	:
:141:	609 610	: 454.42	: 6	6.07	: CSAM	2.4	2.4	: 0.0270	: 0.0660	: 0.000	: 0.0660	: 120	: 5.046
:142:	610 611	: 413.08	: 6	6.07	: CSAM	2.4	2.4	: 0.0227	: 0.0553	: 0.000	: 0.0553	: 120	: 4.587

ESFERA E-02/		HYDRAULIC CALCULATIONS -- PIPE CHARACTERISTICS										PAGE 3 OF 4		
PIPE NO.	PIPE NODES	FLOW (US GPM)	PIPE DIAMETER NOM (IN)	ACTUAL (IN)	CODE #	PIPE/FTG	TOTAL LENGTH (M.)	TOTAL LENGTH (M.)	HEAD LOSS PER M. (PSI)	HEAD LOSS OVER PIPE (PSI)	HEAD LOSS STATIC (PSI)	TOTAL HEAD LOSS (PSI)	ROUGHNESS COEFF. (FT/SEC)	WATER VELOCITY (FT/SEC)
:143	: 611 612	: 371.76	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0186	: 0.0455	: 0.000	: 0.0455	: 120	: 4.128		
:144	: 612 613	: 330.44	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0150	: 0.0366	: 0.000	: 0.0366	: 120	: 3.670		
:145	: 613 614	: 289.12	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0117	: 0.0286	: 0.000	: 0.0286	: 120	: 3.211		
:146	: 614 615	: 247.81	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00880	: 0.0215	: 0.000	: 0.0215	: 120	: 2.752		
:147	: 615 616	: 206.51	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00628	: 0.0153	: 0.000	: 0.0153	: 120	: 2.293		
:148	: 616 617	: 165.20	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00415	: 0.0101	: 0.000	: 0.0101	: 120	: 1.835		
:149	: 617 618	: 123.90	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00244	: 0.00595	: 0.000	: 0.00595	: 120	: 1.376		
:150	: 618 619	: 82.60	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00115	: 0.00281	: 0.000	: 0.00281	: 120	: 0.917		
:151	: 619 620	: 41.30	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.000319	: 0.000778	: 0.000	: 0.000778	: 120	: 0.459		
:152	: 605 604	: 41.38	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.000320	: 0.000780	: 0.000	: 0.000780	: 120	: 0.460		
:153	: 606 605	: 82.77	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00115	: 0.00282	: 0.000	: 0.00282	: 120	: 0.919		
:154	: 607 606	: 124.15	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00245	: 0.00597	: 0.000	: 0.00597	: 120	: 1.379		
:155	: 608 607	: 165.54	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00417	: 0.0102	: 0.000	: 0.0102	: 120	: 1.838		
:156	: 322 608	: 206.92	: 6.07	: CSAM	: 1.2	: 10.4	: 0.00630	: 0.0653	: 0.000	: 0.0653	: 120	: 2.298		
:	:	:	: 6	: LTT	: 9.1	:	:	:	:	:	:	:		
:157	: 324 325	: 701.63	: 6.07	: CSAM	: 5.8	: 14.9	: 0.0604	: 0.900	: 8.169	: 9.069	: 120	: 7.792		
:	:	:	: 6	: LTT	: 9.1	:	:	:	:	:	:	:		
:158	: 324 326	: 169.99	: 3.07	: CSAM	: 6.6	: 11.2	: 0.121	: 1.351	: 0.000	: 1.351	: 120	: 7.377		
:	:	:	: 3	: LTT	: 4.6	:	:	:	:	:	:	:		
:159	: 326 621	: 84.99	: 3.07	: CSAM	: 1.2	: 5.8	: 0.0335	: 0.193	: 0.000	: 0.193	: 120	: 3.689		
:	:	:	: 3	: LTT	: 4.6	:	:	:	:	:	:	:		
:160	: 621 622	: 42.50	: 3.07	: CSAM	: 2.3	: 2.3	: 0.00928	: 0.0218	: 0.000	: 0.0218	: 120	: 1.844		
:161	: 623 622	: 0.000001	: 3.07	: CSAM	: 2.3	: 2.3	: 0.140E-15	: 0.329E-15	: 0.000	: 0.329E-15	: 120	: 0.634E-7		
:162	: 624 623	: 42.50	: 3.07	: CSAM	: 2.3	: 2.3	: 0.00928	: 0.0218	: 0.000	: 0.0218	: 120	: 1.844		
:163	: 326 624	: 84.99	: 3.07	: CSAM	: 1.2	: 5.8	: 0.0335	: 0.193	: 0.000	: 0.193	: 120	: 3.689		
:	:	:	: 3	: LTT	: 4.6	:	:	:	:	:	:	:		
:164	: 325 625	: 495.02	: 6.07	: CSAM	: 1.2	: 10.4	: 0.0317	: 0.328	: 0.000	: 0.328	: 120	: 5.497		
:	:	:	: 6	: LTT	: 9.1	:	:	:	:	:	:	:		
:165	: 625 626	: 453.74	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0270	: 0.0658	: 0.000	: 0.0658	: 120	: 5.039		
:166	: 626 627	: 412.46	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0226	: 0.0551	: 0.000	: 0.0551	: 120	: 4.581		
:167	: 627 628	: 371.20	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0186	: 0.0454	: 0.000	: 0.0454	: 120	: 4.122		
:168	: 628 629	: 329.94	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0149	: 0.0365	: 0.000	: 0.0365	: 120	: 3.664		
:169	: 629 630	: 288.69	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.0117	: 0.0285	: 0.000	: 0.0285	: 120	: 3.206		
:170	: 630 631	: 247.44	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00877	: 0.0214	: 0.000	: 0.0214	: 120	: 2.748		
:171	: 631 632	: 206.20	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00626	: 0.0153	: 0.000	: 0.0153	: 120	: 2.290		
:172	: 632 633	: 164.96	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00414	: 0.0101	: 0.000	: 0.0101	: 120	: 1.832		
:173	: 633 634	: 123.72	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00243	: 0.00593	: 0.000	: 0.00593	: 120	: 1.374		
:174	: 634 635	: 82.48	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00115	: 0.00280	: 0.000	: 0.00280	: 120	: 0.916		
:175	: 635 636	: 41.24	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.000318	: 0.000775	: 0.000	: 0.000775	: 120	: 0.458		
:176	: 638 637	: 41.32	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.000319	: 0.000778	: 0.000	: 0.000778	: 120	: 0.459		
:177	: 639 638	: 82.64	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00115	: 0.00281	: 0.000	: 0.00281	: 120	: 0.918		
:178	: 640 639	: 123.97	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00244	: 0.00595	: 0.000	: 0.00595	: 120	: 1.377		
:179	: 641 640	: 165.29	: 6.07	: CSAM	: 2.4	: 2.4	: 0.00416	: 0.0101	: 0.000	: 0.0101	: 120	: 1.836		
:180	: 325 641	: 206.61	: 6.07	: CSAM	: 1.2	: 10.4	: 0.00628	: 0.0651	: 0.000	: 0.0651	: 120	: 2.295		
:	:	:	: 6	: LTT	: 9.1	:	:	:	:	:	:	:		

HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS

```

=====
: COMPANY : UNAM-FACULTAD DE QUIMICA :PAGE 1 OF 2 :
: DESIGNER : GRUPO DE PROCESO : :
: CLIENT : PX-RNAL : :
: PROJECT : RED CONTRAINCENDIO : :
: JOB NO. : ESFERA E-02/E-03 : :
=====
: 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 :
: : : : : : : : : (M.) : (US GPM) :
=====
: : : : : : : : : : : :
:N 63 : 556.99 : 153.205 : : : : 1 : 4209.10 : 190.773 : 20.000 : :
:N105 : 571.17 : 161.102 : : : : : : : : : :
: : : : 300 : : 180.424 : : : : : : : :
: : : : 301 : : 173.314 : : : : : : : :
: : : : 302 : : 165.739 : : : : : : : :
: : : : 303 : : 162.049 : : : : : : : :
: : : : 304 : : 163.053 : : : : : : : :
: : : : 305 : : 164.462 : : : : : : : :
: : : : 306 : : 160.454 : : : : : : : :
: : : : 307 : : 159.548 : : : : : : : :
: : : : 308 : : 155.121 : : : : : : : :
: : : : 309 : : 154.999 : : : : : : : :
: : : : 310 : : 149.618 : : : : : : : :
: : : : 311 : : 148.871 : : : : : : : :
: : : : 312 : : 148.592 : : : : : : : :
: : : : 314 : : 138.145 : : : : : : : :
: : : : 315 : : 137.733 : : : : : : : :
: : : : 316 : : 130.372 : : : : : : : :
: : : : 317 : : 130.161 : : : : : : : :
: : : : 318 : : 130.103 : : : : : : : :
: : : : 319 : : 130.313 : : : : : : : :
: : : : 320 : : 137.292 : : : : : : : :
: : : : 321 : : 141.305 : : : : : : : :
: : : : 322 : : 132.234 : : : : : : : :
: : : : 323 : : 139.938 : : : : : : : :
: : : : 324 : : 140.906 : : : : : : : :
: : : : 325 : : 131.837 : : : : : : : :
: : : : 326 : : 139.555 : : : : : : : :
: 600 : 42.77 : 105.141 : : : : : : : : : :
: 601 : 42.77 : 105.163 : : : : : : : : : :
: 602 : 42.77 : 105.163 : : : : : : : : : :
: 603 : 42.77 : 105.141 : : : : : : : : : :
: 604 : 41.38 : 102.149 : : : : : : : : : :
: 605 : 41.38 : 102.149 : : : : : : : : : :
: 606 : 41.38 : 102.152 : : : : : : : : : :
: 607 : 41.39 : 102.158 : : : : : : : : : :
: 608 : 41.39 : 102.168 : : : : : : : : : :
: 609 : 41.35 : 101.904 : : : : : : : : : :
: 610 : 41.34 : 101.838 : : : : : : : : : :
: 611 : 41.33 : 101.783 : : : : : : : : : :
: 612 : 41.32 : 101.738 : : : : : : : : : :
: 613 : 41.31 : 101.701 : : : : : : : : : :
: 614 : 41.31 : 101.672 : : : : : : : : : :
: 615 : 41.31 : 101.651 : : : : : : : : : :
: 616 : 41.30 : 101.636 : : : : : : : : : :
: 617 : 41.30 : 101.626 : : : : : : : : : :
: 618 : 41.30 : 101.620 : : : : : : : : : :
=====

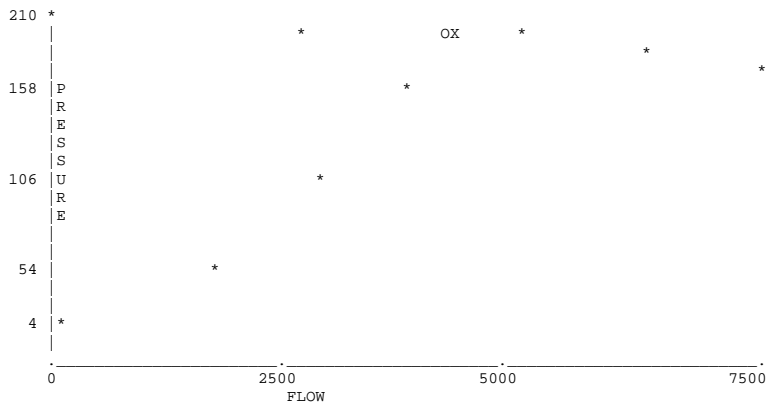
```

ESFERA E-02/ HYDRAULIC CALCULATIONS -- NODE CHARACTERISTICS PAGE 2 OF 2

```

=====
: 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. : (M.) : (US GPM) :
=====
: 619 : 41.30 : 101.617 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 620 : 41.30 : 101.616 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 621 : 42.50 : 102.362 : : : : : : : 13.000 : 32.00 :
: 622 : 42.50 : 102.340 : : : : : : : 13.000 : 32.00 :
: 623 : 42.50 : 102.340 : : : : : : : 13.000 : 32.00 :
: 624 : 42.50 : 102.362 : : : : : : : 13.000 : 32.00 :
: 625 : 41.28 : 101.509 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 626 : 41.27 : 101.443 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 627 : 41.26 : 101.388 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 628 : 41.26 : 101.343 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 629 : 41.25 : 101.306 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 630 : 41.25 : 101.278 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 631 : 41.24 : 101.256 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 632 : 41.24 : 101.241 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 633 : 41.24 : 101.231 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 634 : 41.24 : 101.225 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 635 : 41.24 : 101.222 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 636 : 41.24 : 101.222 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 637 : 41.32 : 101.753 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 638 : 41.32 : 101.753 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 639 : 41.32 : 101.756 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 640 : 41.32 : 101.762 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 641 : 41.32 : 101.772 : : : : : : : 18.750 : 32.00 :
: 642 : 41.49 : 101.804 : : : : : : : 12.000 : 32.00 :
: 643 : 41.46 : 101.652 : : : : : : : 12.000 : 32.00 :
: 644 : 41.45 : 101.594 : : : : : : : 12.000 : 32.00 :
:N645 : 602.36 : 100.789 : : : : : : : 27.930 : 600.00 :
:N646 : 608.81 : 102.962 : : : : : : : 27.930 : 600.00 :
=====

```



O REQUIRED PRESURE

FLOW = 4209.24  
 PRESSURE = 190.78

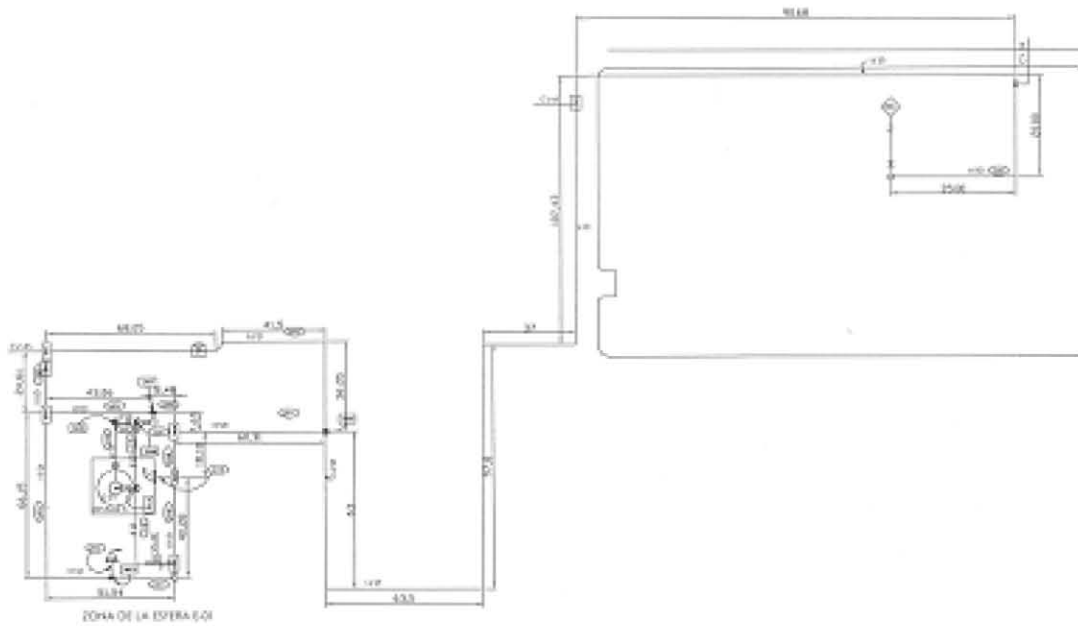
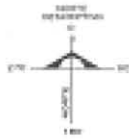
X OPERATING POINT

FLOW = 4317.00  
 PRESSURE = 196.20

STATIC HEAD

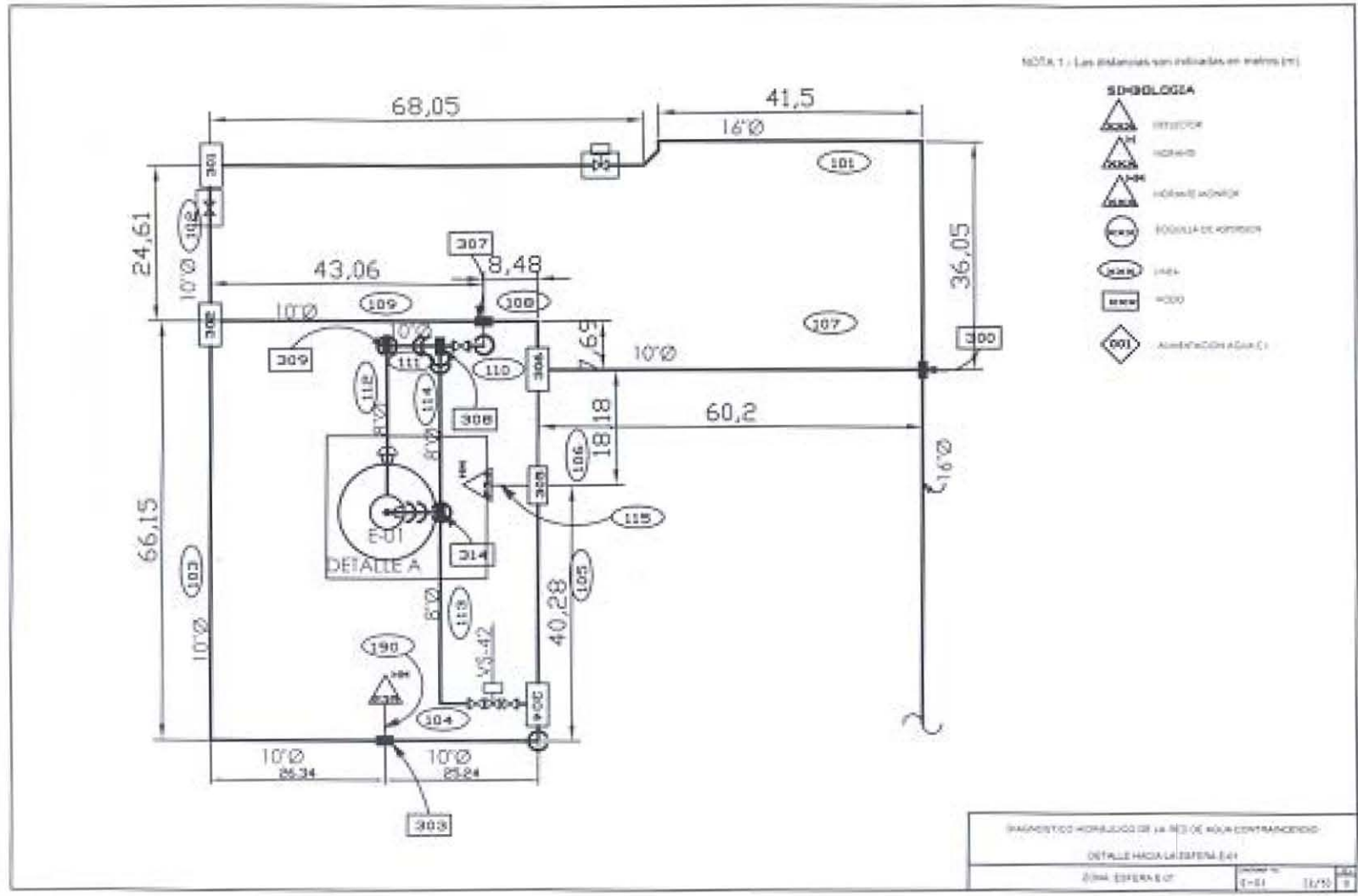
PRESSURE = 3.43

PLANOS  
RUTEO E-01



- LEYENDA
-  HIDRANTE
  -  HIDRANTE MONITOR
  -  BOMBA DE ASPIRACION
  -  LINEA
  -  HCSO
  -  ALIMENTACION REGA S.C.

DIAGNOSTICO HERRAJICO DE LA RED DE AGUA CONTRANCENDIO			
RUTEO DE LA RED CONTRANCENDIO HACIA E-01			
ZONA ESPERA E-01	CACATAMA Av.	NO.	
	E-01	0,75	0

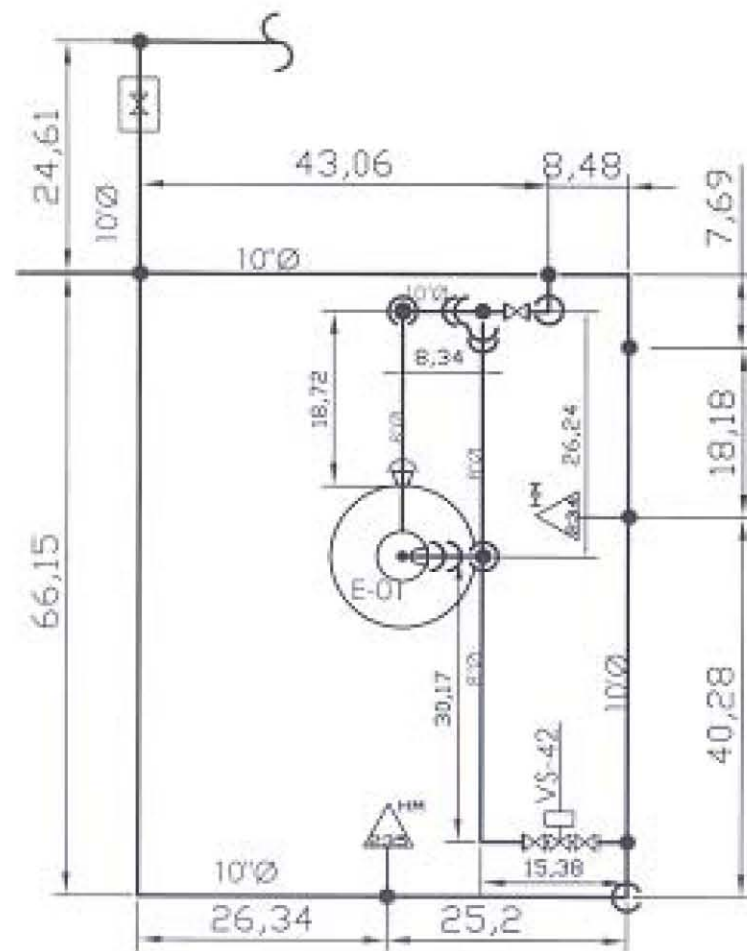


NOTA 1: Las distancias son indicadas en metros (m)

**SIMBOLOGIA**

- VALVULA
- HIDRANTE
- HIDRANTE HONOR
- BOQUILLA DE HONOR
- HAB
- V00
- ARMARIO DE HONOR

ANALISIS HIDRULICO DE LA RED DE AGUA CONTRATADO		
DETALLE HACIA LA ZONA E-41		
ZONA ESPERA E-01	Escala: 1:50	1/10



NOTA 1.- Las distancias son indicadas en metros (m)

**LEGENDA**



DIAGNOSTICO HORARIO DE LA RED DE BOLA CONTINUA EN C

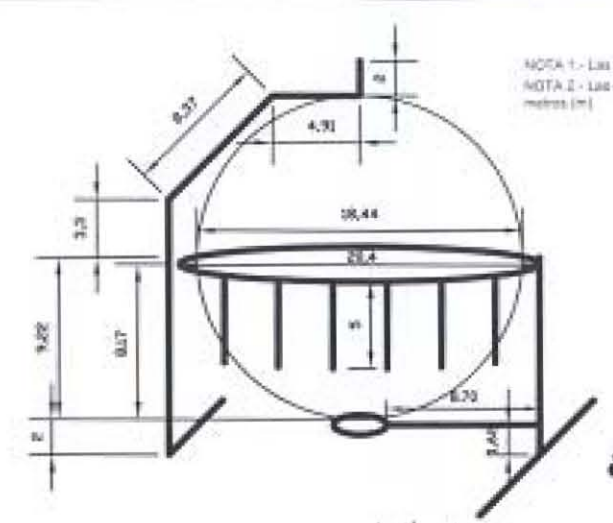
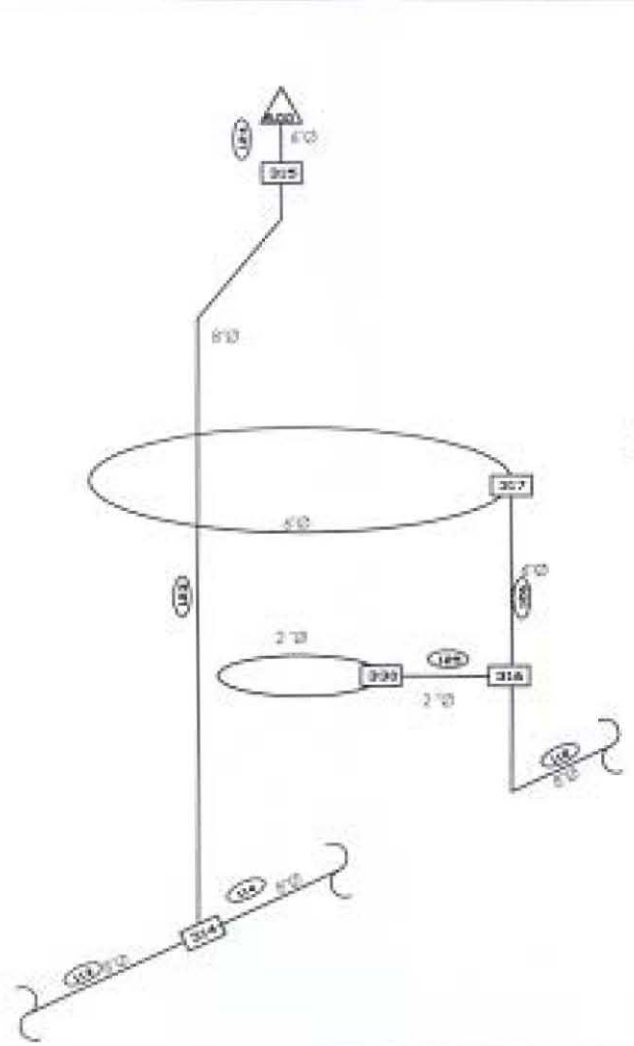
ESTIMAR Y UBICACION DE NECESIDAD HACIA ESTADIA E-01

22M-ESPANA E.C.

1-01 (3/3)

100





NOTA 1.- Las elevaciones son indicadas en metros (m)  
 NOTA 2.- Las distancias entre espesas son indicadas en metros (m)

**LEGENDA**

- ELEVACION
- VERTICE
- VERTICE HORISONTAL
- BOQUILLA DE ADMISION
- VENA
- ACCION
- BOMBEO (CON ALZADO)

Red Contraintegrada

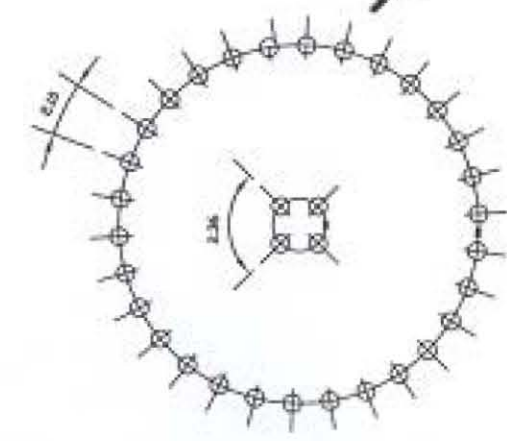
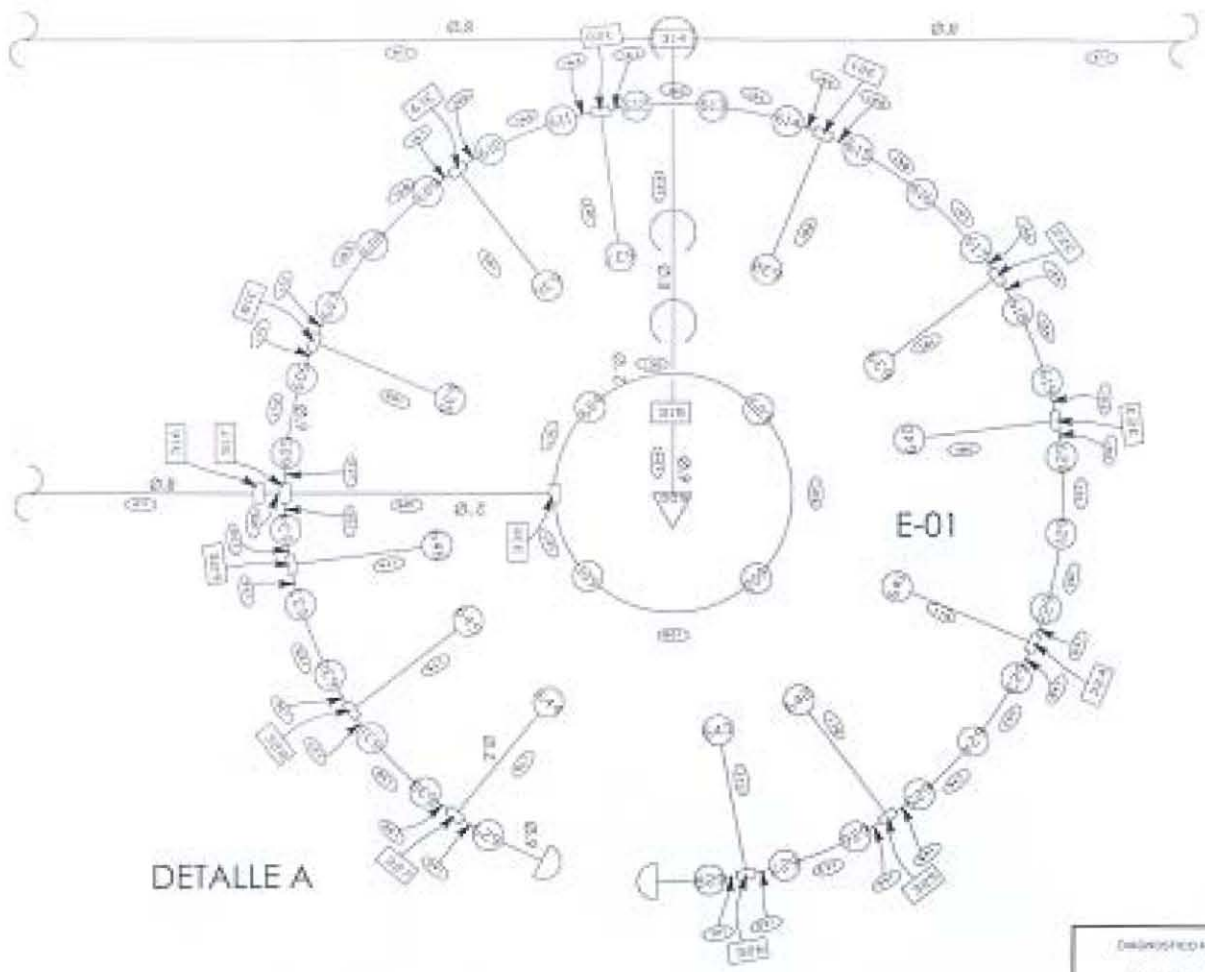


DIAGRAMA HIDRAULICO DE LA RED DE AGUA CONTRAINTegrADA		SITUACIONES Y NUMERO DE BOQUILLAS POR BILLO DE ESPESAMENTO	
ZONA ESPESA E-01	E-01	(4/8)	8



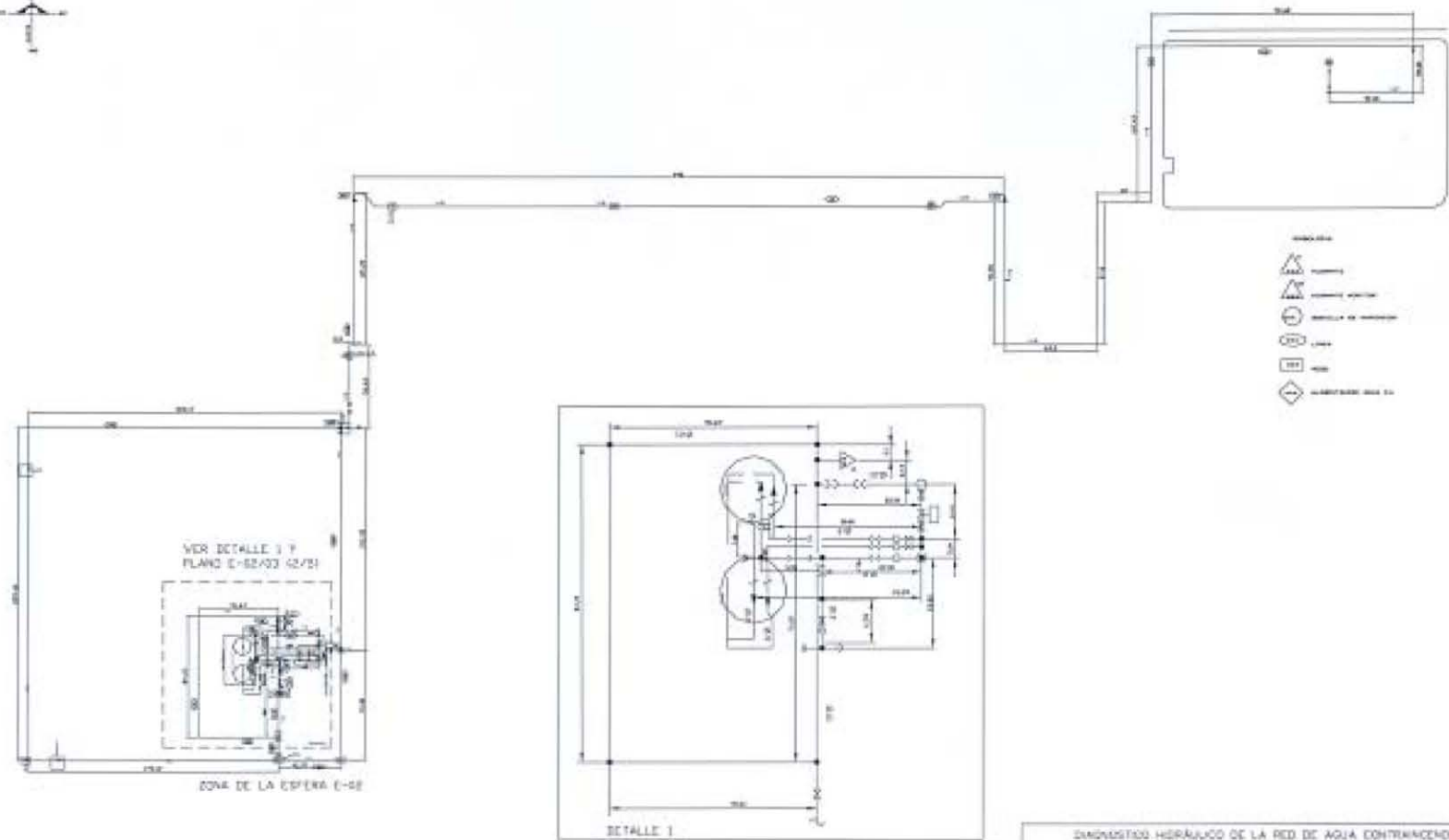
- SIMBOLOGIA**
- RESERVOIR
  - CANAL
  - CANAL INVERTIDO
  - BOMBEO A PRESION
  - VLV
  - VLV
  - ALBERICO (HIDRAC.)

DETALLE A

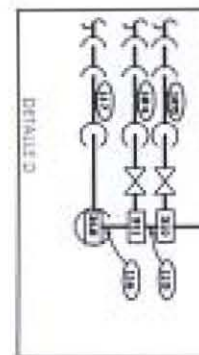
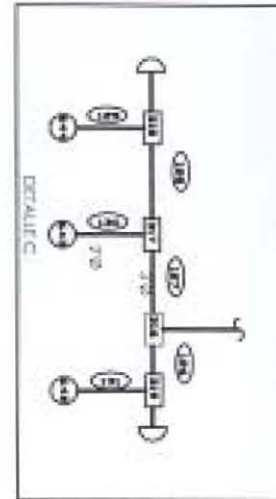
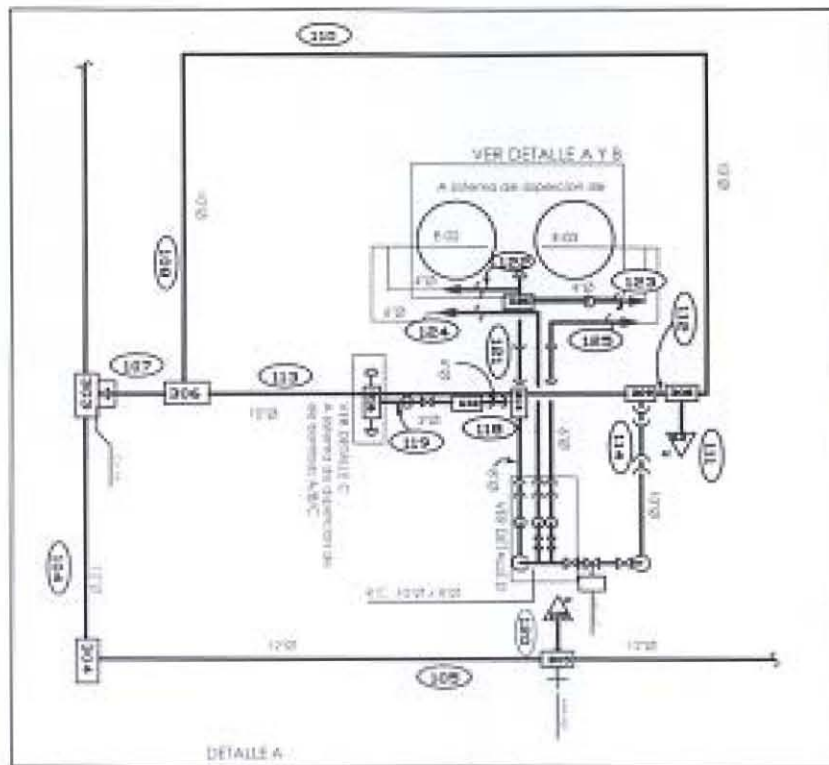
E-01

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE AGUA COMPRESION			
ANEXO DE DISEÑO DE INTERMEDIO SUPERIOR DETALLE A			
ZONA: EMPRESA 01	E-01	01/11	8

PLANOS  
RUTEO E-02/E-03

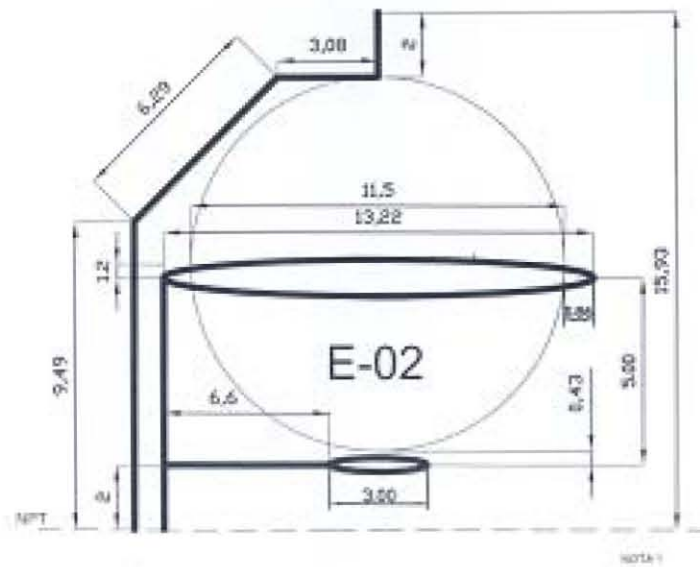


DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE AGUA CONTRANZONDO	
RUTEO DE LA RED CONTRANZONDO ZONA DE LA ESFERA E-02/E-03	
ZONA: ESFERAS E-02/03	DIAGRAMA N°: 001
	E-02/03 (1/31) E



- SIMBOLOGIA**
- DETECTOR
  - HORARE
  - MANTENIMIENTO
  - BOMBAS DE ALIMENTACION
  - PUMPS
  - TANKS
  - VALVES
  - ALERTE DE FUGA

DISEÑO DE LA RED DE AGUA CONTRAFUEGO			
PLANO DE DETALLES			
ZONA ESPERANZA (200)	FECHA	HOJA	TOTAL
	1-11/94	0/11	1



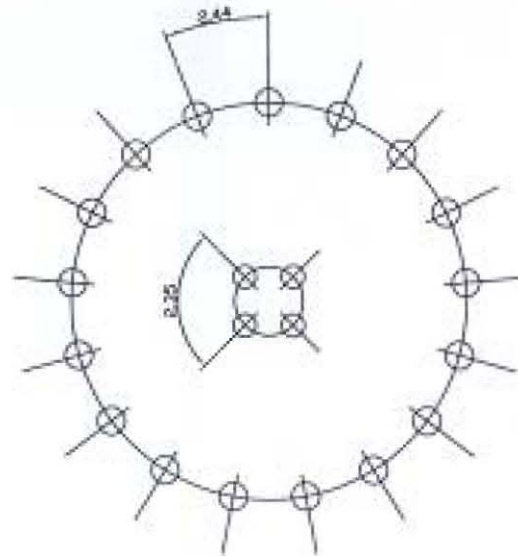
**NOTAS**

NOTA 1: Debido a la simetría, las dimensiones de la esfera E-02, aplican para la esfera E-03.

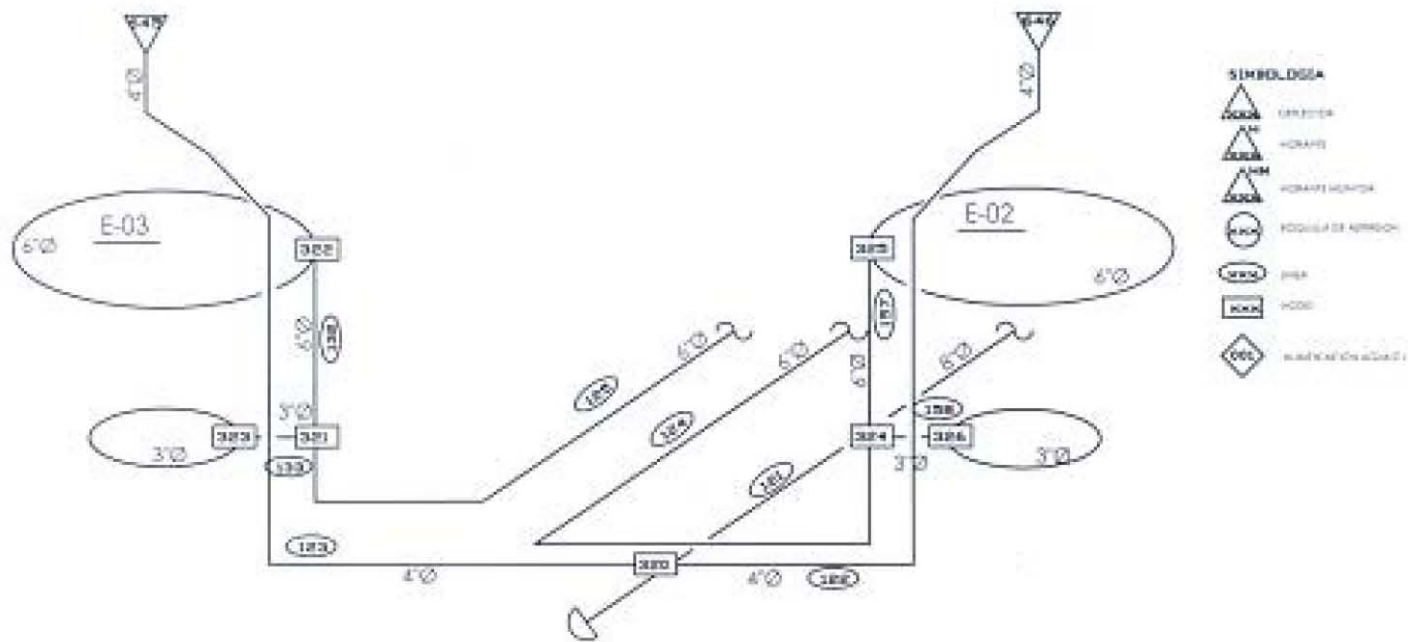
NOTA 2: Las alturas están indicadas en metros (m).

NOTA 3: Las distancias entre espigas están indicadas en metros (m).

 Red Contracando

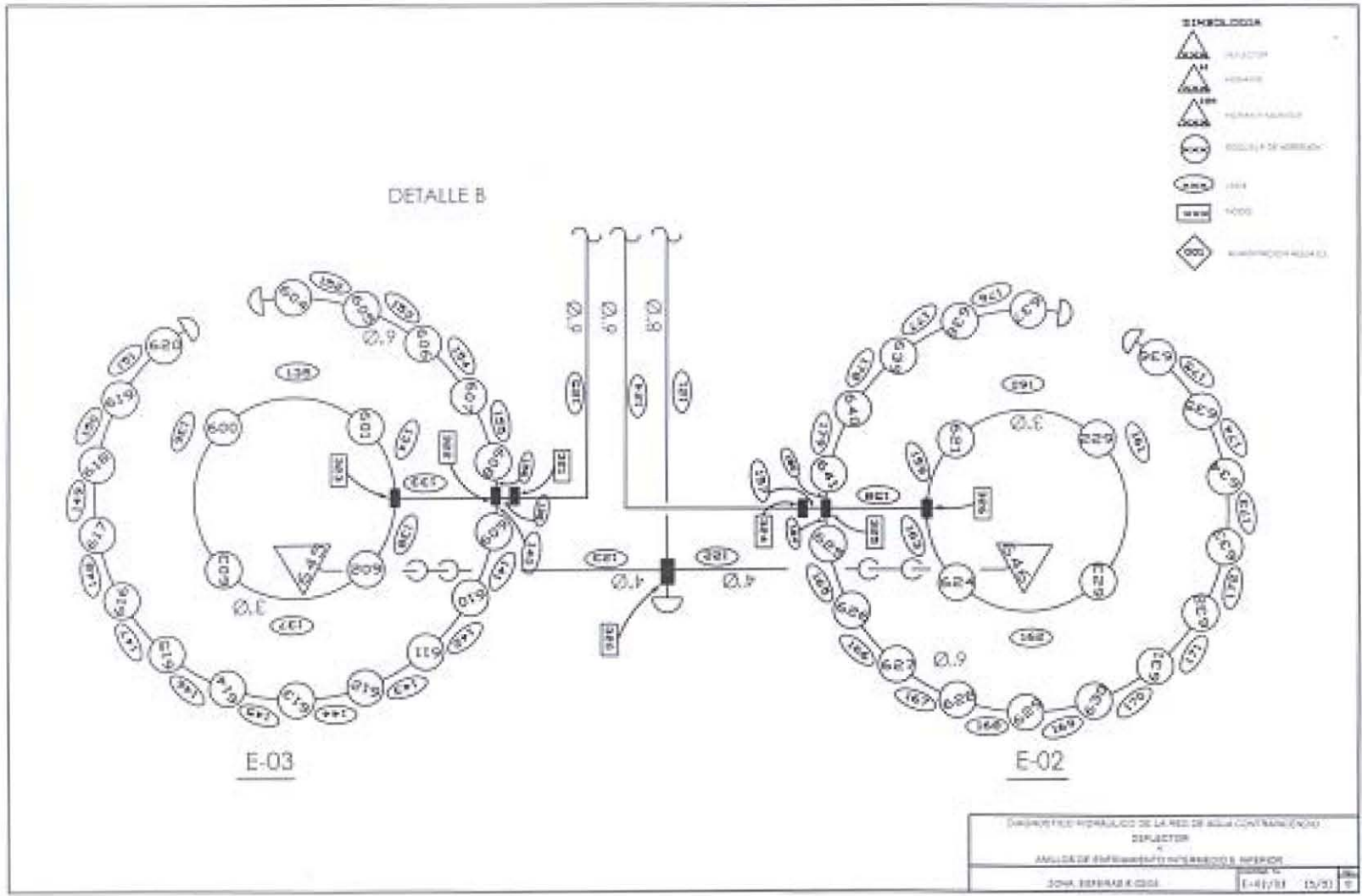


DIBUJOS Y CÁLCULOS DE LA RED DE AGUA CONTRACANDO		
DENOMINACIÓN Y NÚMERO DE BOQUILLA DE LOS ANILLOS DE ENFUNDAMIENTO		
ZONA ESFERA E-002	E-02/23	13/03 2



DETALLE A

DIBUJOS NORMALIZADOS DE LA RED DE AGUA (CONTINUACIÓN)	
ANILLO DE ENTORNO DETALLE A	
ZONA ESPERANZA 0000	0-02/00 14/01 0





## BIBLIOGRAFÍA

- Robert L. Mott, **Mecánica de fluidos aplicada**, Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.
- Juan G. Saldarriaga V, **Hidráulica de tuberías**, Mc Graw Hill México, 1998.
- **DG-GPASI-3600**. Norma para el diseño y construcción de redes de agua contra incendio en centros de trabajo de PEMEX Refinación.
- **DG-GPASI-3610**. Norma de seguridad y contra incendio para tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles de PEMEX Refinación.
- **NRF-015-PEMEX-2003**. Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles.
- **NFPA 15** Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
- **NFPA 20** Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- Especificación de tuberías T9B, Servicio: Almacenamiento, bombeo y distribución de agua contra incendio Rev 7.
- Catálogo 60b spraying systems co. (industrial spray products)