



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS PARA UN
RECIPIENTE ESFÉRICO SUJETO A
PRESIÓN QUE CONTIENE
HIDROCARBUROS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A:

JORGE EDUARDO MACIEL FRANCO



MÉXICO, D. F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Antonio Valiente Barderas

VOCAL: Profesor: Reynaldo Sandoval González

SECRETARIO: Profesor: Ramón Edgar Domínguez Betancourt

1er. SUPLENTE: Profesor: José Agustín Texta Mena

2º SUPLENTE: Profesor: Manuel Miguel López Ramos

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: INTERNATIONAL FIRE
SAFETY CONSULTING DE MÉXICO S.A. DE C.V.

ASESOR DEL TEMA: I.Q. RAMÓN EDGAR DOMÍNGUEZ BETANCOURT

SUSTENTANTE: JORGE EDUARDO MACIEL FRANCO

AGRADECIMIENTOS

Ahora que estoy en un momento crucial e importante en mi vida no puedo dejar de lado todo el apoyo que he recibido de aquella persona que siempre ha sido un pilar fundamental en mi vida, que me ha enseñado el camino para ser una mejor persona, que me ha exigido ser un mejor individuo y que me ha dado toda la libertad de ser yo mismo. Simplemente no hay palabras para poder agradecerte todo tu sacrificio, apoyo y amor que siempre me has brindado, gracias madre por ser y estar siempre.

Sin lugar a duda el tener una hermana a la cual he admirado desde pequeño, que siempre se ha destacado en todo lo que hace y que logra todo aquello que se propone, ha generado en mi un instinto de superación y de lucha por los sueños, gracias por ser un excelente ejemplo a seguir.

Quiero agradecer muy especialmente a mi padre que gracias a él soy la persona que se presenta ante ustedes hoy día.

Laura, tu eres el vivo ejemplo de la nobleza, el amor y la dedicación que un ser humano puede sentir y hacer sentir a las personas que lo rodean, gracias por estar a mi lado y jamás darte por vencida.

No es posible pasar por alto a personas que han marcado mi vida en diversos momentos y que se han vuelto fundamentales para mí. Su amistad es lo más valioso que me pueden dar, siempre me han apoyado en momentos difíciles, hemos reído de muchas situaciones y hemos llorado en muchas otras, gracias por ser realmente mis amigos. Gracias Paola Morales, Lorena Sotelo, Sebastien Fernández, Gandhi Cancino, Emanuel Calles, Jaime Zurita, Luis Mazatán y Jesús Ramos.

Finalmente quiero agradecer a las personas que me han apoyado para lograr una superación profesional. Ing. Ramón Domínguez gracias por compartir todos sus conocimientos y experiencias conmigo. Ing. Raúl Sánchez gracias por la exigencia y paciencia que ha tenido conmigo. Ing. Jaime Andrés Moncada gracias por creer en mí y darme la oportunidad de superarme. Edmundo Talancón gracias por ser un excelente colaborador y amigo. Isabel Guía gracias por tu amistad incondicional.

Tabla de contenido

1. Resumen	5
2. Introducción	9
3. Propiedades Físicas y Químicas del Gas LP	12
4. Principios de la Protección Contra Incendios.....	15
4.1 La química del fuego	15
4.2 Protección y combate de incendios.....	23
4.3 Transferencia de calor	28
4.4 El agua.....	34
4.5 Hidráulica	35
5. Principios de Diseño de Recipientes Sujetos a Presión	44
6. Normatividad	49
7. Diseño de la Protección Contra Incendios	61
7.1. Bases de diseño	61
7.2. Selección y distribución de boquillas	63
7.3. Nodos y simulación hidráulica	81
7.4. Resultados de la simulación hidráulica	92
7.5. Sistema de activación	96
8. Conclusiones.....	101
9. Bibliografía	103
10. ANEXOS	104
10.1. ANEXO A HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS L. P.	105
10.2. ANEXO B HOJA DE ESPECIFICACIONES DE LAS BOQUILLAS DE ASPERSIÓN.....	118
10.3. ANEXO C DATOS INICIALES PARA LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA	129
10.4. ANEXO D RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA	141

1. Resumen

La protección contra incendios es un camino que todavía está muy inhóspito en nuestro país, lo que se ve reflejado en la normatividad nacional, en la que únicamente se encuentra la NOM-002-STPS-2000, así como las normas emitidas particularmente por Petróleos Mexicanos (PEMEX). Ya con la inclusión de requerimientos cada vez más estrictos por parte de las compañías aseguradoras, este tema comienza a cobrar una mayor relevancia dentro de nuestra sociedad.

La protección contra incendios tiene varios objetivos:

- Enfriamiento de superficies expuestas a la radiación proveniente de un incendio.
- Control del incendio para evitar su propagación.
- Supresión o extinción del incendio.

En lo que se refiere a los recipientes sujetos a presión, específicamente las esferas de almacenamiento, es importante mencionar que en caso de alguna emergencia no se produciría un incendio directamente en el recipiente sino que se requiere una fuga del producto contenido para generar un incendio; éste puede ser un incendio tipo jet o la fuga puede generar un derrame dentro del dique de contención el cual puede producir un incendio. Es por ello que el objetivo de la protección contra incendios se enfoca a la protección de los recipientes contra la radiación generada en caso de que se incendie alguno o algunos de los equipos cercanos. Lo anterior, mediante el uso de sistemas de aspersión diseñados para el enfriamiento de dichos recipientes. Para el diseño de estos sistemas existen normativas tanto nacionales como internacionales, entre las cuales se encuentran la NRF-015-PEMEX-2008 y la norma 15 *Standard para Sistemas Fijos de Aspersión de Agua para Protección Contra Incendios, edición 2007* emitida por la National Fire

Protection Association (NFPA), que establecen los requerimientos mínimos para el diseño de los mismos.

Para el desarrollo de la ingeniería conceptual de este diseño se utilizaron la norma NFPA 15 edición 2007, junto con la publicación API 2030 edición 1998, de donde obtuvimos las siguientes bases del diseño:

- Densidad de aplicación: 10.2 L/min/m² (0.25 gpm/pie²).
- Presión de diseño en la boquilla más remota: 2.1 kg/cm² (30 lb/pulg²).
- Distancia vertical máxima entre boquillas: 3.7 m (12 pies).
- Distancia horizontal máxima entre boquillas: tal que los patrones de descarga se toquen entre sí.
- La superficie por debajo del ecuador no se considera cubierta por escurrimiento, es necesario protegerla con boquillas de aspersion.
- Material de la tubería y accesorios: acero inoxidable ASTM A 312 tipo 304.

Una vez establecidos los criterios de diseño se selecciona un modelo de boquilla para así comenzar la distribución de ellas sobre los anillos. Se seleccionaron dos (2) modelos de boquillas de dos (2) ángulos distintos: para la cobertura del hemisferio superior la boquilla tiene un ángulo de descarga de 180° y un factor K de 7.2 (modelo E, número VK-817), para el hemisferio inferior las boquillas tienen un ángulo de descarga de 140° y un factor K de 5.6 (modelo E, número VK-815).

La distribución consiste en 8 anillos separados entre sí por no más de 3.7 m medidos sobre la superficie del recipiente. Cada anillo posee un número determinado de boquillas que fue establecido de acuerdo al acomodo de las mismas para poder dar una cobertura total.

Finalmente se realizaron las corridas hidráulicas a través de un software especializado en redes y sistemas contra incendios llamado "The Sprinkler Program 2001". Con este programa se realizan simulaciones para predecir el comportamiento del agua en tuberías y optimizar los diámetros del sistema sin aumentar la presión requerida y sin disminuir el caudal de salida de cada una de las boquillas. A continuación se muestra la tabla de resumen hidráulico, la cual se obtiene al finalizar las simulaciones.

Planta	Almacenamiento de Gas L.P.
Equipo	Tanque esférico de almacenamiento de Gas L.P.
Bases de diseño	
Marca de boquilla	Viking
Modelo de boquilla	E vk-815 ; E vk-817
Ángulo de cobertura	140° ; 180°
Presión de diseño	30 psi (206.8 kPa)
Factor K de diseño	5.6 ; 7.2
Densidad de diseño	0.25 gpm/pie ² (10.2 (L/min)/m ²)
Requerimientos del sistema con base en simulación hidráulica	
Caudal requerido	3,712.23 gpm (14,052.32 L/min)
Presión en punto de conexión	80.85 psi (557.44 kPa)
Resultados de simulación hidráulica	
Nodo más remoto	2.9 ; 2.11
Densidad en el nodo más remoto	0.30 gpm/pie ² (12.2 (L/min)/m ²)
Presión en el nodo más remoto	30 psi (206.8 kPa)
Caudal en el nodo más remoto	39.44 gpm (149.3 L/min)
Características por anillo (Número y modelo de boquillas)	
Anillo 1	3 boquillas E vk-817
Anillo 2	9 boquillas E vk-817
Anillo 3	13 boquillas E vk-817
Anillo 4	14 boquillas E vk-817
Anillo 5	20 boquillas E vk-815
Anillo 6	18 boquillas E vk-815

Anillo 7	12 boquillas E vk-815
Anillo 8	8 boquillas E vk-815
Total de boquillas	97

El sistema de activación utilizará una válvula de diluvio de 10 pulgadas, la cual deberá estar a no menos de 15 m y detrás de un muro o columna para proteger el sistema y al operador en caso de que se requiera la activación manual local.

El sistema quedó dividido en dos secciones: el hemisferio superior y el inferior, por lo cual se requieren dos alimentaciones A y B. Cada una de ellas con una válvula de compuerta que se utilizará para cortar la alimentación de agua en caso de que alguna de las secciones requiera mantenimiento y no se quede totalmente desprotegida la esfera.

2. Introducción

El simple hecho de tener almacenados productos inflamables o combustibles, en cualquier estado, representa un alto riesgo tanto para las personas que laboran dentro del centro de trabajo como para los habitantes de las zonas circunvecinas. Es especialmente peligroso el caso de productos que en condiciones normales se encuentran en estado gaseoso pero que por cuestiones de proceso o comerciales se licuan (pasar a estado líquido). En caso de una emergencia, específicamente un incendio, elevan su temperatura lo que puede llevarlos súbitamente a estado gaseoso provocando una expansión y por tanto un incremento en la presión que podría provocar una explosión. Adicionalmente, se debe considerar también la posibilidad de que, debido a la temperatura, exista una deformación y un debilitamiento en la estructura del recipiente que contiene el producto lo cual, aunado a lo comentado anteriormente, puede derivar en una explosión. Si el producto es inflamable, este accidente se verá como una enorme bola de fuego.

En los registros de accidentes industriales, a nivel mundial, existen muchos casos como el mencionado anteriormente, pero han quedado en la memoria de todo mexicano de aproximadamente 30 años de edad dos palabras: "San Juanico". El día 19 de Noviembre de 1984, en las instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) de San Juan Ixhuatepec, Tlalnepantla, Estado de México, ocurrió uno de los peores accidentes registrados con Gas Licuado de Petróleo, el cual involucró 4 esferas y 15 cilindros de almacenamiento. El accidente fue ocasionado, de acuerdo con versiones oficiales, por la falla y fuga en una tubería de 20 cm de diámetro en una línea de alimentación proveniente de tres refinerías aproximadamente a las 5:30 am. La fuga continuó durante aproximadamente 10 minutos generando una nube inflamable de aproximadamente 200 por 150 m. Esta nube encontró una fuente de

ignición a 100 m de la fuga, formando una enorme bola de fuego que envolvió al centro de trabajo y a las viviendas aledañas. Alrededor de las 5:45 am, una de las esferas de almacenamiento estalló en forma de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), debido a que estuvo expuesta a la radiación. La explosión de la primer esfera fue de aproximadamente 300 m de diámetro por 500 m de altura. A este evento le siguió una serie de explosiones de 3 esferas más y 15 cilindros, dejando 600 personas fallecidas y aproximadamente 2,000 heridos.

Si bien es cierto que catástrofes como la de San Juanico podrían ser evitadas mediante procedimientos de mantenimiento preventivo, de condiciones de operación más adecuada, etc., también es posible que, en caso de que se presenten, se puedan aminorar las consecuencias instalando los sistemas de seguridad de acuerdo con las operaciones que se llevan a cabo.

Con el objetivo de evitar que se presenten nuevamente situaciones como las sucedidas en 1984 en el Estado de México con recipientes sujetos a presión, se recomienda que se instalen sistemas de aspersion para proveer un enfriamiento al recipiente y al producto contenido. Con ello se evitará el debilitamiento de la estructura del recipiente y que el producto eleve su temperatura lo que a su vez aumentaría la presión interna al grado de sobre pasar la presión de vapor; lo anterior, puede hacer que el líquido pase a estado gaseoso, incremente considerablemente la presión interna del recipiente y aumente la probabilidad de falla mecánica y de explosión. Es debido a estos riesgos que diversas instituciones y asociaciones a nivel internacional, como la National Fire Protection Association (NFPA), Factory Mutual Global (FM global), American Petroleum Institute (API), The Institute of Petroleum

(IP), entre otros, buscan técnicas de protección contra incendios para proteger la vida y las edificaciones. Los resultados obtenidos por estas instituciones son publicados en códigos, normas, prácticas recomendadas, publicaciones, etc.

La protección contra incendios para recipientes sujetos a presión es un tema muy delicado dentro de la ingeniería de incendios dedicada a la industria química y petroquímica. Representa también un enorme reto ya que todos los recipientes sujetos a presión deben ser protegidos en la totalidad de su superficie. Para responder a este reto, la experiencia internacional indica que la densidad de aplicación de agua mínima debe ser de 10.2 (L/min)/m^2 (0.25 gpm/pie^2), provista a través de boquillas abiertas dispuestas de manera tal que los patrones de descarga se toquen entre sí, que la presión mínima de descarga en la boquilla hidráulicamente más remota debe ser de 2.1 kg/cm^2 (30 psi) y que la distancia entre anillos no puede ser mayor a 3.7 m.

Con lo anterior como fundamento, el diseño de un sistema de protección contra incendios para recipientes esféricos sujetos a presión y conteniendo hidrocarburos debe incluir la distribución de las boquillas para dar cobertura adecuada a la superficie posiblemente expuesta, así como también requiere llevar a cabo los cálculos hidráulicos de manera que se pueda dimensionar el sistema tanto en tuberías como válvulas. Finalmente, es necesario resaltar la importancia de todos los accesorios que se utilicen y destacar la condición indispensable de que las bases de diseño estén de acuerdo a especificaciones y normas de carácter internacional. Con ello se podrá garantizar el correcto funcionamiento y desempeño del sistema para dar cobertura y cumplimiento del objetivo de diseño.

3. Propiedades Físicas y Químicas del Gas LP

El Gas Licuado del Petróleo es una mezcla de hidrocarburos que en condiciones normales de presión y temperatura (0°C y 1 atm) se encuentra en estado gaseoso. Es la mezcla de dos (2) compuestos básicos que de igual manera se encuentran en estado gaseoso y que se encuentran, aproximadamente, en las siguientes proporciones: Propano (C_3H_8) en un 60 % y Butano (C_4H_{10}) en un 40 %. La mezcla de gases Propano y Butano es incolora, insabora e inodora, por lo cual se agrega algún hidrocarburo como odorizante en una concentración en el aire no mayor a 1/5 del límite bajo de inflamabilidad, para facilitar la detección por parte de los seres humanos en caso de una fuga. Se pueden utilizar diversos compuestos para este fin, los más usados son hidrocarburos que poseen azufre (S) en su composición, como por ejemplo los mercaptanos. Dos de los compuestos más empleados son el etil-mercaptano, que ha sido probado con efectividad con una relación de 0.45 kg (1.0 lb) por cada 37.9 m³ (10,000 gal); y el tetrahidrotiofeno (C_4H_8S), que también ha sido utilizado con efectividad en una relación de 2.9 kg (6.4 lb) por cada 37.9 m³ (10,00 gal). Esta mezcla de gases es fácilmente compresible ya que en estado líquido es como se maneja de manera comercial para su venta al público.

De acuerdo con la norma NFPA 58, *Código de Gas L.P.*, edición 2008, punto 3.3.36, el gas licuado de petróleo es *"cualquier sustancia que tenga una presión de vapor NO mayor a la permitida para el Propano Comercial, ya que es el compuesto predominante y se encuentra conformado por: propano, propileno, butano (puede ser también isobutano) y butilenos"*. Lo anterior implica que la composición del Gas LP puede llegar a ser tal que se tenga propano puro, y es por ello que se indica su presión de vapor como propiedad limitante para determinar si se denomina Gas LP.

Propiedades físicas y químicas del Gas LP (HDS PEMEX)

Peso molecular (g/mol)	49.7
Temperatura de ebullición @ 1atm (°C)	-32.5
Temperatura de fusión (°C)	-167.9
Temperatura de autoignición (°C)	540
Densidad del gas (aire=1) @ 15.5°C	2.01 (dos veces más pesado que el aire)
Densidad del líquido @ 15.5 °C	0.540
Relación de expansión (líquido a gas @ 1 atm)	La relación es de 1 a 242
Solubilidad en agua @ 20°C	Aproximadamente 0.0079 % en peso
Presión de vapor @ 21.1 °C	4500 mmHg

Propiedades físicas y químicas aproximadas (NFPA 58, tabla B.1.2 (b))

Propiedad		Propano comercial	Butano comercial
Presión de vapor (kPa, presión absoluta)	20 °C	1,000	220
	40 °C	1,570	360
	45 °C	1,760	385
	55 °C	2,170	580
Gravedad específica		0.504	0.582
Punto de ebullición °C (@ 1 atm)		-42	-9
Peso por m ³ en kg		504	582
Calor específico (líquido) kJ/Kg @ 15.56°C		1.464	1.276
m ³ /L de líquido @ 15.56°C		0.271	0.235
m ³ /kg de líquido @ 15.56°C		0.539	0.410
Gravedad específica del vapor (aire=1) @ 15.56 °C		1.50	2.01
Temperatura de ignición en aire en °C		493 - 549	482 - 538
Temperatura máx. de flama en aire en °C		1,980	2,008

Propiedad		Propano comercial	Butano comercial
Límites de inflamabilidad, % de vapor en mezcla gas-aire	Bajo	2.15	1.55
	Alto	9.60	8.60
Calor latente de vaporización, en el punto de ebullición	kJ/kg	428	388
	kJ/L	216	226
Calor total después de la vaporización	kJ/m ³	92,430	121,280
	kJ/kg	49,920	49,140
	kJ/L	25,140	28,100

4. Principios de la Protección Contra Incendios

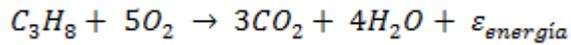
4.1 La química del fuego

Para poder hablar acerca de la protección contra incendios es importante comenzar hablando del fuego, que en sí, es el fenómeno al cual debemos enfocarnos en los estudios sobre los que se basa la protección contra incendios.

El fuego simplemente es una reacción química. Es la manifestación de la energía liberada en una reacción de combustión en forma de calor y luz. Dependiendo de cuál sea la naturaleza de los componentes de dicha reacción, será la cantidad de energía liberada, la velocidad de liberación de la misma, la temperatura máxima de flama, etc.

La primera definición científica del fuego la elaboró ¹Lavoisier en el siglo XVIII y establecía que el fuego era simplemente una reacción química en donde el elemento oxidante es el oxígeno. Posteriormente se encontró que durante dicha reacción se lleva a cabo una transferencia electrónica desde un donador (combustible) hacia el aceptor (comburente), durante el tiempo de esta reacción de transferencia se libera una alta cantidad de energía, por lo que se considera altamente exergónica y tiene una alta velocidad de reacción. En muchos de los casos se puede relacionar la reacción de combustión con una reacción de oxidación de una sustancia (combustible) por el oxígeno contenido en el aire. A continuación se muestra la reacción de combustión u oxidación del propano.

¹ Antoine-Laurent de Lavoisier (1743 – 1794), químico francés, considerado como “El padre de la química”, conocido por sus aportaciones en el estudio de la composición del aire, del agua y la combustión utilizando el oxígeno como comburente.



Los componentes mínimos necesarios para que pueda existir una reacción de combustión se representan y explican a través del conocido *Triángulo del Fuego*, el cual en una versión más moderna, completa y científica se convierte en un *Tetraedro del Fuego*. En el primero, tal como se muestra en la figura 1a, se tienen los tres (3) lados del triángulo que corresponden a los componentes básicos que son el combustible (sólido, líquido o gaseoso), el comburente (generalmente oxígeno) y energía (calor o fuente de ignición).

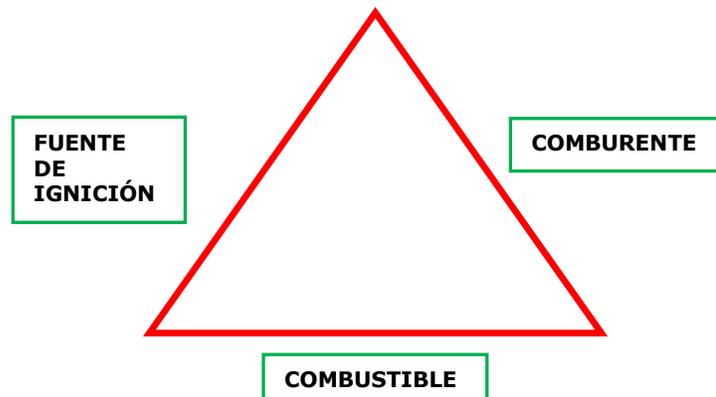


Fig. 1a. Triángulo del fuego

Eso es visto desde un enfoque más simplista e incluso antiguo, hoy día se maneja el tetraedro (figura 1b), dentro del cual se adiciona un componente más, la reacción en cadena (mecanismo de reacción), es decir, para que exista fuego auto-sostenido, debe existir una reacción en cadena que siga las etapas de las reacciones químicas: iniciación, reacción en cadena y reacción de terminación. De una manera sencilla y siguiendo las etapas antes mencionadas, tenemos que la reacción de combustión requiere una energía inicial (fuente de ignición) para poder dar paso a la reacción de iniciación; posteriormente, si las condiciones son las adecuadas en cuanto a la concentración de combustible y comburente, la reacción continúa

hasta que alguno de los dos compuestos se agote, impidiendo así la reacción en cadena, llegando entonces a la reacción de terminación y por tanto, a la extinción del fuego.

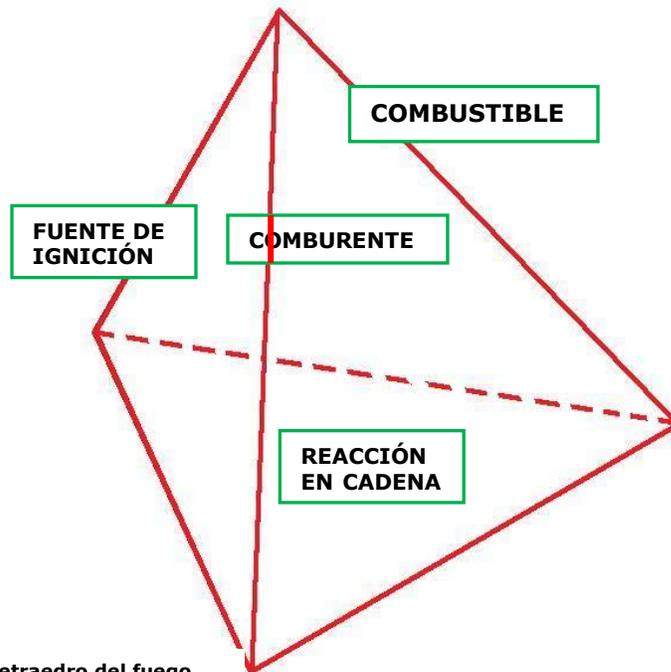


Fig. 1b. Tetraedro del fuego

Las fuentes de ignición son todas aquellas fuentes que proporcionan la energía suficiente para iniciar la reacción de combustión (energía de activación). Pueden dividirse en cuatro (4) grupos dependiendo de su origen:

- A. **Energía química**, es una forma de energía almacenada en las estructuras de toda la materia. En algunas ocasiones, dicha energía se libera en forma de calor (reacciones exotérmicas) al momento en que dos o más sustancias reaccionan entre sí; si durante la reacción la velocidad de disipación es menor a la cantidad de energía producida por la reacción, entonces existirá un incremento en la temperatura. Dicho incremento puede ser

peligroso si se cumple con alguna de las siguientes situaciones: la presencia de un combustible cercano al recipiente donde se lleva a cabo la reacción y no se encuentra aislado; si alguno de los reactivos o productos es combustible o inflamable y la temperatura de la mezcla se eleva lo suficiente hasta alcanzar la temperatura de autignición.

B. **Energía eléctrica**, para esta energía se pueden presentar cinco (5) fuentes de ignición principales:

- a. Resistencias a través de circuitos eléctricos sobrecargados o de calidad deficiente;
- b. Arcos voltaicos, cuando se encuentran conexiones como fusibles o interruptores en mal estado, provocando que la energía eléctrica salte de manera continua o intermitente, generando así calor;
- c. Chispas, las cuales son una descarga de energía eléctrica única, a diferencia del arco voltaico;
- d. Electricidad estática, la cual se puede generar cuando un líquido o gas es transportado en tuberías que no se conecten debidamente a tierra para disipar la acumulación de dicha energía. Esta energía no tiene suficiente poder calórico como para provocar que se enciendan sólidos como papel o madera, pero sí para gases inflamables o polvos;
- e. Rayos, son descargas de energía acumulada en las nubes que es dirigida a la superficie terrestre. La energía que poseen los rayos es muy elevada y aunque no es muy común pueden llegar a provocar accidentes muy graves por incendio.

C. **Energía mecánica**, puede ser transformada en calor cuando:

- a. Existe contacto de dos superficies sólidas, lo que a su vez puede ser:
 - i. Por impacto (golpes de un martillo sobre alguna superficie metálica);
 - ii. Por fricción constante (frenos de un auto);
- b. La energía mecánica también se puede convertir en calor por medio de la compresión, tal como se ve en los motores que operan bajo el sistema de ²Rudolf Diesel. En este sistema el motor alimenta con una mezcla de combustible-aire que se comprime, provocando una acumulación de energía hasta el punto en que se genera suficiente calor para encender la mezcla.

D. **Energía nuclear**, la cual se obtiene a través de la fisión nuclear de átomos de algunos isótopos; la división de estos núcleos genera una enorme liberación de energía en forma de calor, que incluso es miles de veces mayor a la energía obtenida en reacciones químicas.

El comburente, este componente es fundamental para la combustión y puede ser cualquier agente oxidante, regularmente es el oxígeno del aire (el cual se encuentra en un 21% de O₂ en el aire). Sin embargo, no es el único ya que hay agentes oxidantes muy fuertes como el cloro (Cl₂), los hipocloritos (ClO⁻), permanganatos (MnO₄⁻), nitrato de sodio (NaNO₃) y el clorato de potasio (KClO₃). Como un buen ejemplo de lo anterior, tenemos la pólvora negra, la cual es una mezcla de carbono y azufre (combustible) con nitrato de potasio (oxidante o comburente). Esta reacción química al recibir energía de una fuente

² Rudolf Cristian Karl Diesel (1858 – 1913), ingeniero alemán que desarrolló el motor de combustible de alto rendimiento que lleva su nombre, "*motor Diesel*".

de ignición, una mecha encendida, libera una gran cantidad de energía a una velocidad muy elevada, provocando así lo que conocemos como *explosión*.

El combustible se puede presentar en cualquier estado de la materia, es decir, sólido, líquido y/o gas. Es importante mencionar que los sólidos y líquidos NO se queman, lo que realmente produce fuego son los vapores liberados por acción de la elevada temperatura que produce la evaporación de diversas sustancias inflamables y/o combustibles; lo cual, bajo ciertas condiciones de concentración entre los vapores y el agente oxidante (regularmente O₂ del aire), genera una atmósfera inflamable. A estas condiciones de concentración (dada en % en volumen) se les llama *límites alto y bajo de inflamabilidad*.

Hay diferentes propiedades físicas de las sustancias combustibles que son fundamentales para determinar si son combustibles o no. Específicamente para los líquidos la normativa nacional, a través de la NOM-002-STPS-2000, establece una diferencia entre líquidos combustibles e inflamables y adicionalmente existe una ³clasificación más completa dada por la National Fire Protection Association (NFPA). Las propiedades antes mencionadas son las siguientes:

- **La presión de vapor**, es la presión ejercida por las moléculas de una sustancia en forma de vapor que se encuentra en equilibrio con el líquido, es decir, la cantidad de moléculas que se liberan o evaporan es igual a la cantidad de moléculas que reingresan a formar parte del líquido;

³ NFPA 30, Código de líquidos combustibles e inflamables, edición 2008.

- **Punto de ebullición**, es la temperatura a la cual la presión de vapor es igual a la presión atmosférica, es decir, cuando se eleva la temperatura de un líquido, su presión de vapor se va acercando cada vez más al valor de la presión atmosférica, cuando la temperatura se eleva lo suficiente para igualar ambos valores, entonces se alcanza la temperatura o punto de ebullición;
- **Punto de inflamación (flash point)**, es la temperatura más baja a la cual un material combustible o inflamable libera vapores;
- **Temperatura de ignición**, es la temperatura mínima a la cual un material combustible desprende suficientes vapores para iniciar y sostener una combustión.

Una vez definidos estos conceptos se puede entonces establecer la clasificación de los líquidos en combustibles e inflamables:

Clasificación de la NOM-002-STPS-2000.

- **Líquido inflamable**.- Es el líquido que tiene una temperatura de inflamación menor de 37.8 °C.
- **Líquido combustible**.- Es el líquido que tiene una temperatura de inflamación igual o mayor de 37.8 °C.

Clasificación de NFPA 30.

- **Líquido inflamable**, es cualquier líquido que cumpla con las siguientes propiedades:
 - Líquidos clase IA – punto de inflamación menor a 22.8 °C y punto de ebullición menor a 37.8 °C.
 - Líquidos clase IB – punto de inflamación menor a 22.8 °C y punto de ebullición mayor a 37.8 °C.
 - Líquidos clase IC – punto de inflamación de o arriba de 22.8 °C pero menor a 37.8 °C.

- **Líquido combustible**, es cualquier líquido que cumpla con las siguientes propiedades.
 - Líquido clase II – punto de inflamación de o arriba de 37.8 °C pero menor a 60 °C.
 - Líquido clase III – punto de inflamación de o arriba de 60 °C.
 - Líquido clase IIIA – punto de inflamación de o arriba de 60 °C pero menor a 93 °C.
 - Líquido clase IIIB – punto de inflamación mayor a 93 °C.

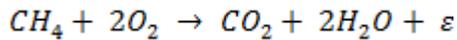
La reacción en cadena (mecanismo de reacción).- Es la secuencia de pasos elementales o reacciones elementales que lleva a la formación de un producto. Es gracias a ésta que se lleva a cabo la combustión. Tiene 3 etapas principales que son:

a) La reacción de iniciación, que en este caso es la ignición de los vapores del combustible;

b) Las reacciones de propagación, que son la serie de reacciones de oxidación intermedias donde se forman subproductos o productos que serán nuevamente oxidados antes de llegar al producto final de la combustión;

c) La reacción de terminación, que es aquella en la cual se realiza el último intercambio electrónico y da lugar al producto final de la combustión, no hay reacciones posteriores a ella, es el punto en el cual se termina la combustión, es decir, se extingue el fuego por falta de alguno de los reactivos (reactivo limitante). Para poder ejemplificar lo anterior, a continuación se presenta la reacción de combustión (completa) de una molécula de metano (válida únicamente para combustibles orgánicos):

Reacción total de combustión:

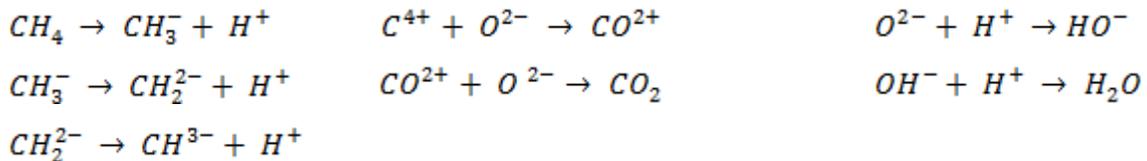


Donde ε es la energía liberada

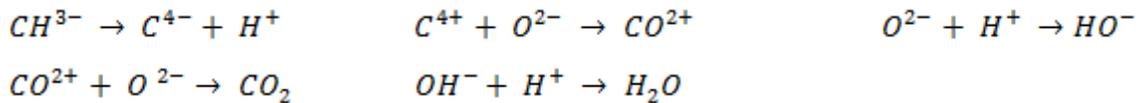
Reacción de iniciación:



Reacciones de propagación:



Reacción de terminación:



4.2 Protección y combate de incendios

Una vez que se han establecido y se han definido los componentes mínimos necesarios para que una reacción de combustión se lleve a cabo, se pueden establecer ahora metodologías muy generales y básicas para el combate del fuego, que van íntimamente ligadas con los componentes que dan origen al fuego, es decir, para cada uno de los componentes anteriormente explicados existe un método de combate, protección o extinción.

COMPONENTE	MÉTODO DE COMBATE
Combustible	Eliminación del combustible
Comburente	Sofocamiento del incendio
Reacción en cadena	Bloqueo de la reacción en cadena
Fuente de ignición	Enfriamiento, aislamiento

La **eliminación del combustible** es un concepto que es tan básico y sencillo como suena, supongamos que se presenta una fuga de algún gas combustible a través de una tubería, la primera acción a tomar deberá ser el cerrado de todas las válvulas que alimentan dicho gas al incendio. Otra manera de impedir la generación de vapores por parte del combustible es a través del enfriamiento, esto solamente aplica para combustibles sólidos ó líquidos, ya que debemos recordar que lo que se quema son los vapores liberados por las sustancias o materiales sólidos ó líquidos por efecto de la temperatura. Si por medio de agua o algún otro método se puede bajar la temperatura del material combustible, se evitará la emisión de vapores combustibles que alimenten la combustión, llevando así a la extinción del fuego.

Como se mencionó anteriormente, existen valores de concentración de vapores del combustible con el aire que determinan si la mezcla es inflamable o no. Esos valores son los límites alto y bajo de inflamabilidad (LAI y LBI ó UEL y LEL respectivamente, por su siglas en Español e Inglés), esto es, para el caso del ⁴Gas Licuado de Petróleo sus límites son de 1.8 y 9.3 %; es decir, en concentraciones menores a 1.8 % en volumen y mayores a 9.3% la mezcla no es inflamable, ya sea porque es muy pobre o muy rica en cantidad de combustible. En este caso estos límites pueden ser rebasados por la disminución del gas (cerrado de válvulas).

Otra forma evitar la generación de vapores inflamables es a través de ⁵sustancias que al mezclarse con agua, forman una espuma que debe ser vertida sobre la superficie del combustible y sirve como barrera entre el líquido y la atmósfera, evitando así la liberación de más

⁴ Hoja de datos de seguridad de PEMEX Gas y Petroquímica Básica. Ver anexo A

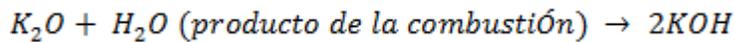
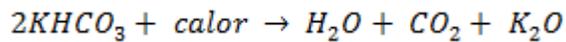
⁵ Concentrados de espuma contra incendios.

vapores combustibles, disminuyendo su concentración por debajo del LBI y extinguiendo así el incendio. Esto es aplicable únicamente a incendios bidimensionales.

La **eliminación del comburente o sofocamiento** se puede lograr a través de la dilución del comburente; sin embargo, no hay que olvidar que el comburente u oxidante más común en incendios es el oxígeno del aire, el cual se encuentra en una concentración promedio aproximada de 21 %. Así mismo, debemos tener en cuenta que para que exista una combustión la concentración mínima de oxígeno debe ser del 12% (vol). Se puede alimentar la atmósfera inflamable con algún gas inerte que diluya o desplace el oxígeno, bajando así la concentración y provocando que el reactivo limitante en la reacción de combustión sea el oxígeno. Algunos gases inertes que pueden cumplir esta función son el CO_2 , N_2 , He, etc.

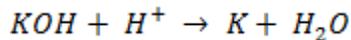
El **bloqueo de la reacción en cadena** consiste en la utilización de determinadas sustancias no inflamables que al entrar en contacto con el fuego, se vaporizan y descomponen para formar moléculas más pequeñas que reaccionan con los radicales libres resultantes de la combustión (H^+ y OH^- principalmente). Estas sustancias son conocidas como Polvos Químicos Secos y los "Halogenados". Los primeros tienen como elemento principal el sodio (Na) o el potasio (K). Uno de los primeros agentes químicos utilizados fue el bicarbonato de sodio (NaHCO_3); posteriormente se determinó, con base en la experimentación, que el bicarbonato de potasio (KHCO_3) era más efectivo en la supresión de incendios. A continuación se presenta el

⁶mecanismo de reacción de la manera en que actúa el bicarbonato de potasio (KHCO₃) en la extinción de un incendio:

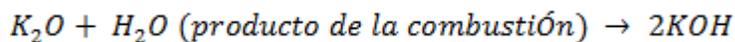
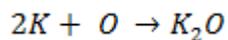


Reacciona con los radicales $KOH + OH^- \rightarrow KO + H_2O$

y



Para la obtención nuevamente del KOH se requiere lo siguiente:



Y el proceso continúa hasta que los radicales H⁺ y OH⁻ se agoten.

Como se puede observar en las reacciones, algunos de los subproductos son el vapor de agua y la liberación de CO₂, los cuales ayudan a su vez al enfriamiento y a la sofocación del incendio.

Dentro de los polvos químicos existe uno que es muy utilizado y que es el fosfato monoamónico. Este agente extintor forma, durante la reacción, una película vítrea de ácido fosfórico sobre la superficie del combustible. Uno de los problemas con este tipo de agentes es su alta corrosividad ya que el fosfato monoamónico es de carácter ácido y por tanto su actividad corrosiva es mayor que los polvos neutros o ligeramente alcalinos.

Las sustancias más utilizadas como agentes extintores son:

- Fosfato monoamónico – NH₄H₂PO₄
- Bicarbonato de sodio – NaHCO₃
- Bicarbonato de potasio – KHCO₃

⁶ TUVE, Richard L., "Principios de la Química de Protección Contra Incendios", Ed. CEPREVEN, 1993, España, página 136.

- Cloruro de potasio – KCl
- Sulfuro de potasio – K₂SO₄

Dentro de este tipo de extinción, como se ha mencionado anteriormente, también se encuentran los *hidrohalocarburos*, compuestos utilizados hoy en día, que son derivados de hidrocarburos. La utilización de hidrocarburos con adiciones de halógenos ha sufrido una transformación en los últimos años, debido a que anteriormente se empleaban los *halocarburos*, en los que se saturaban totalmente los carbonos. Dichas sustancias se consideran ahora prohibidas debido a que destruyen la capa de ozono y son muy difíciles de degradar. Algunos de estos compuestos son:

- Halón 1301 – bromotrifluorometano – CF₃Br
- Halón 1211 – bromoclorodifluorometano – CF₂ClBr
- Halón 2402 – bromotetrafluoroetano – C₂F₄Br₂

La diferencia entre ambos compuestos mencionados, es decir, los *hidrohalocarburos* y los *halocarburos*, consiste en que en los primeros uno o varios átomos de hidrógeno son sustituidos por átomos de algún halógeno que puede ser bromo (Br), cloro (Cl) o flúor (F), sin llegar a una saturación del átomo de carbono; en los segundos, cada átomo de carbono queda totalmente saturado por algún halógeno. Adicionalmente se han utilizado cadenas de carbonos más grandes. Algunos de los compuestos *hidrohalocarburos* más utilizados son:

- FM-200 – heptafluoropropano – C₃HF₇
- HFC-125 – pentafluoroetano – C₂HF₅

El **enfriamiento o aislamiento** de la fuente de ignición se fundamenta principalmente en evitar que el fuego se genere. Como se ha mencionado anteriormente, para que la combustión inicie se requieren tres (3) elementos fundamentales que son el combustible,

el comburente y una fuente de ignición. Este último elemento puede presentarse en forma de calor. Ya se ha establecido que para que una sustancia se incendie debe encontrarse en estado gaseoso o vapor, para lo cual, en el caso de los sólidos y de los líquidos es necesario elevar su temperatura para que comiencen a liberar vapores y llegar entonces hasta su punto de inflamabilidad (flash point). Para evitar esto se puede utilizar el método de enfriamiento, es decir, utilizar alguna sustancia o material que pueda absorber la suficiente cantidad de calor para evitar la liberación de vapores combustibles. El aislamiento funciona de manera muy similar ya que su objetivo es impedir que la temperatura del combustible se eleve.

4.3 Transferencia de calor

Para poder comprender este concepto es necesario adentrarse un poco en los conceptos de calor y sus mecanismos de transmisión. El calor es una manifestación de energía y provoca elevación o disminución de la temperatura de los cuerpos y en este caso, es parte de la energía liberada durante una combustión. La unidad de medida utilizada en el Sistema Internacional es el Joule (J), que se define como el trabajo realizado por una fuerza constante de un (1) Newton (N) en un desplazamiento de un (1) metro en la misma dirección de la fuerza. Para la definición más correcta de calor utilizaremos la de la caloría, que es la cantidad de calor necesaria para elevar un (1) grado centígrado la temperatura de un (1) gramo de agua. Para la conversión al Sistema Internacional tenemos que $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$.

Todas las sustancias tienen propiedades que son específicas y que dependen de su composición y estructura molecular. Como se mencionó anteriormente, el calor es una de las manifestaciones de la energía y para nuestro caso, es parte de la energía liberada durante la

combustión de algún material bajo condiciones de combustión perfecta, a esto se le denomina *Calor de Combustión*. A continuación se presentan algunos ⁷valores de calores de combustión para diferentes materiales combustibles de uso cotidiano:

Sustancia	Calor de combustión
	(J/g)
Alcohol etílico	29,772.8
Aluminio metálico	30,935.8
Benceno	41,933
Carbón de leña	30,051.9
Gasolina	46,752.6
Heptano	48,048.2
Periódico y papel	18,335.9
Fósforo	24,609
Corteza de madera de pino	22,087.7
Madera de roble	16,700.7

Las sustancias, ya sean combustibles o no, tienen una cierta capacidad de absorción de calor la cual varía dependiendo el estado físico de la misma sustancia. Esto es, para poder elevar su temperatura e incluso cambiar de estado (estado sólido a estado líquido y de líquido a gaseoso) se requiere una cierta cantidad de energía.

El *calor de fusión* es la cantidad de calor requerida para poder fundir una cierta masa de alguna sustancia, es decir, para que pase de estado sólido a estado líquido. A continuación se presentan los calores de fusión de varias sustancias:

⁷ TUVE, Richard L., "Principios de la Química de Protección Contra Incendios", Ed. CEPREVEN, 1993, España, tabla 5.1, página 61.

Sustancia	Calor de fusión
	(J/g)
Agua (hielo)	333.2
Acetona	97.8
Benceno	125.8
Dióxido de carbono(sol – gas)	189.4
Alcohol etílico	104.1
Plomo	22.7

El *calor específico*, es la cantidad de calor requerida para elevar un (1) grado centígrado un (1) gramo de agua (definición de caloría). Con base en lo anterior y como punto de partida, el valor del calor específico del agua es 1 cal/g.°C (4.18 J/g.°C). A continuación se muestran valores de calor específico de algunas sustancias conocidas:

Sustancia	Calor específico
	(J/g.°C)
Agua	4.180
Acetona	2.207
Aire	1.003
Cobre metálico	0.380
Vidrio	0.673
Acero	0.472
Aceite lubricante	2.132
Parafina	2.926
Estaño	0.226
Madera	1.756

Tal y como se puede observar el agua tiene una gran capacidad de absorber calor, y es la razón por la cual es la sustancia más utilizada

para el enfriamiento ya que absorbe cuatro (4) veces más calor que el aire.

El **calor latente de vaporización**, es la cantidad de energía necesaria para que una sustancia pase de estado líquido a estado gaseoso. Esta propiedad está directamente relacionada con la magnitud de las fuerzas intermoleculares del líquido. Si la atracción molecular del líquido es fuerte, entonces presentará una presión de vapor baja y un calor latente de vaporización alto, es decir, se requiere una mayor cantidad de energía para aumentar el movimiento individual de las moléculas y así liberarlas de la atracción intermolecular y evaporarse. De los conceptos vistos anteriormente (calor específico y calor de fusión) este es el más importante, ya que es el que requiere una mayor cantidad de energía para realizar el cambio de estado. A continuación se muestran valores de calor de vaporización para varias sustancias:

Sustancia	Calor de vaporización (en el punto de ebullición)	
	(BTU/lb)	(kJ/kg)
Agua	971.3	2,255.5
n-Octano (gasolina)	127.6	296.4
Acetona	224.1	520.4
Benceno	169.7	394.2
Nitrógeno (l)	86.0	199.8
Alcohol etílico	367.2	852.7
Plomo (l)	400.7	930.5

Hasta ahora se han estudiado diferentes propiedades de las sustancias que nos dan una idea de cómo se pueden comportar frente a la energía emitida durante un incendio (calor), pero existe otra

propiedad muy importante que se debe de mencionar y que es fundamental para la protección contra incendios y, específicamente, para el enfriamiento de superficies expuestas, nos referimos por supuesto a la **conductividad térmica** de los diferentes materiales. Ésta es la velocidad de conducción del calor a lo largo de una superficie, es decir, es la cantidad de calor conducida por unidad de espesor de material y por grado de temperatura. Esto se expresa a través de un *coeficiente de conductividad térmica K*, a continuación se muestran algunos valores de K para diversos materiales:

Material	Coeficiente de conductividad térmica "K"
	(cal/s·cm·°C) *dividir los valores entre 1,000
Aluminio (metal)	500.0
Ladrillo	1.7
Hormigón armado	4.1
Cobre (metal)	910.0
Vidrio	2.3
Hierro (metal)	150.0
Yeso	1.7
Madera de roble	0.41

Como se puede observar al comparar los valores presentados en la tabla anterior, los materiales metálicos no son los mejores materiales para dejar expuestos en una construcción que pueda presentar un riesgo de incendio. Debido a lo anterior, en muchos códigos de construcción a nivel mundial se recomienda que en estructuras metálicas se tenga un recubrimiento que disminuya la exposición del material a la radiación del incendio, en muchos casos se utilizan estructuras o vigas metálicas cubiertas por concreto.

Para comprender mejor los conceptos anteriores es necesario viajar un poco más a los fundamentos de los fenómenos ocurridos durante un incendio, esto es, tenemos que estudiar los conceptos básicos de la transferencia de calor. Ésta es el transporte de energía, en forma de calor, a través de cualquier material o medio y determina la ignición, combustión y extinción de casi todos los incendios.

Existen tres (3) métodos de transferencia en los materiales: conducción, radiación y convección:

- **Conducción.**- Este fenómeno se lleva a cabo únicamente en los materiales sólidos, ya que para que exista, deben de haber continuidad del material o estar en contacto directo dos o más superficies. La conducción es el flujo de energía desde una región a alta temperatura a una de baja temperatura a lo largo de un material cualquiera. La conducción térmica se explica a través de la Ley de ⁸Fourier:

$$\frac{dQ}{dt} = -K \cdot A \left(\frac{dT}{dx} \right)$$

- **Convección.**- Este método de transferencia de calor sólo se lleva a cabo en gases, vapores y líquidos, es decir, entre un medio fluido circulante y una superficie sólida; por ejemplo, cuando se tiene la superficie de metal a alta temperatura y se enfría a través de una corriente de aire, el calor se transfirió por convección al aire. Para poder explicar este fenómeno se utiliza la Ley de Newton del Enfriamiento:

$$q = h \cdot A(T_p - T_f)$$

⁸ Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768 - 1830), físico y matemático francés conocido por trabajos como las series de Fourier, transformadas de Fourier y su solución a la ecuación de conducción de calor.

Donde:

q es el flujo calorífico

h es el coeficiente de transferencia de calor por convección
(coeficiente de película)

A es el área de la superficie o pared

T_p es la temperatura de la pared o superficie

T_f es la temperatura del fluido

- **Radiación.**- Es la manera en que la energía calorífica se transmite en el vacío en forma de energía electromagnética, tal como lo hace la luz o los rayos X. Para darle un entendimiento más amplio, este fenómeno se puede explicar utilizando la Ley de ⁹Stefan-Boltzmann:

$$q_{\text{emitido}} = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Donde:

q_{emitido} es el flujo calorífico emitido por un cuerpo emisor (cuerpo negro)

σ es la constante de Stefan-Boltzmann (5.669 X 10⁻⁸ W/(m²·K⁴))

A es el área del cuerpo emisor

T es la temperatura absoluta del cuerpo emisor

4.4 El agua

Todos los conceptos planteados y explicados a lo largo de este capítulo, nos conducen a una conclusión, el agua es la mejor sustancia que se puede emplear a nivel mundial para la protección contra incendios de todas nuestras propiedades y bienes. Es importante mencionar que el objetivo primordial de la protección contra incendios en general es salvaguardar y proteger la vida tanto de seres humanos como del resto

⁹ Josef Stefan (1835 - 1893), físico, matemático y poeta esloveno-austríaco. Ludwig Boltzmann (1844 - 1906), físico austríaco dedicado a la mecánica estadística y a conceptos fundamentales de la termodinámica.

de los seres vivos que conviven con nosotros. Como objetivos secundarios se tiene evidentemente el proteger y salvar todos los bienes y propiedades, así como también productos y materias primas para el caso de la industria.

Algunas de las propiedades y cualidades del agua que la hacen la sustancia más utilizada como agente de enfriamiento y extintor en incendios, son:

- Se encuentra en gran cantidad en el planeta, es relativamente barata y de fácil acceso.
- Es un líquido estable a temperatura ambiente.
- Es un fluido incompresible.
- Tiene un relativo amplio rango de temperaturas entre las cuales se encuentra en estado líquido, punto de congelación 0°C y punto de ebullición 100°C (a nivel del mar).
- Es una sustancia que puede absorber una gran cantidad de calor en cualquiera de sus estados, pero la mayor cantidad la absorbe en el cambio de estado de líquido a vapor (2,255.5 kJ/kg).
- El estudio de su transporte (flujo de agua a través de tuberías y orificios) es relativamente sencillo.

4.5 Hidráulica

La utilización del agua como agente enfriador y/o extintor en incendios hace que la parte teórica y mecánica del transporte de la misma a través de tuberías y accesorios, así como el flujo a través de orificios, sea mucho más sencillo que si se tratara de algún otro líquido (fluido). Para poder comprender y estudiar esto, es necesario comenzar por algunas definiciones básicas.

- **Densidad.**- La densidad de un líquido es la relación que existe entre la masa y el volumen que ocupa la misma, se representa con

la literal ρ . Esta propiedad varía con la temperatura. La densidad del agua se utiliza en todos los campos de la ciencia como una densidad de referencia a 1 atm de presión y a 4°C, siendo de 1,000 kg/m³ (1 g/ml), este valor de densidad es el máximo que puede alcanzar el agua.

- **Peso específico.**- Esta propiedad en cualquier sustancia es el resultado de multiplicar la densidad por la aceleración de la gravedad (g), por tanto, el peso específico tiene unidades de kg (fuerza)/m³. El peso específico está representado por la literal ω . Para el caso del agua, su peso específico es de 1,000 kgf/m³ (62.43 lb/pe³).
- **Viscosidad.**- Esta es una medida de la resistencia de cualquier líquido a fluir, las unidades son N·s/m². Esta propiedad se representa por la literal μ . De igual manera, esta propiedad de los líquidos depende de la temperatura, para el caso del agua su viscosidad a 0°C es de 1.793×10^{-5} N·s/m².

Es importante mencionar que las tres (3) propiedades definidas anteriormente son fundamentales para la mecánica de fluidos, ya que éstas definen el comportamiento de un fluido cualquiera en movimiento. Específicamente para la hidráulica que se maneja en la protección contra incendios (flujo de agua a través de tuberías y orificios) se hacen varias consideraciones que consisten en que el agua se encuentra a temperatura ambiente y que durante el flujo, al calcular las pérdidas por fricción, la viscosidad permanece constante.

Existe otra definición que resulta de vital importancia en el flujo de fluidos, la *presión*. Ésta es la fuerza ejercida por unidad de área (N/m²), para el caso de flujo de fluidos, es la fuerza ejercida por un fluido por unidad de área. Como unidades de medida en la protección contra

incendios se utilizan más comúnmente los Pascales (Pa), o también las lbf/pulg² o psi por sus siglas en Inglés (pound per square inch); la presión de descarga de las bombas contra incendios se puede medir en pies o metros, a esto se le conoce comúnmente como *cabeza o carga*.

Entramos ahora al tema del transporte del agua, esto es, el flujo de agua a través de una tubería llena, lo cual nos lleva a mencionar la conservación de la energía y la continuidad del flujo o caudal. Para diseñar un sistema contra incendios que opere de manera óptima, es necesario conocer la cantidad de energía que se va a perder durante el transporte del agua debido a la fricción del agua con la superficie interna de la tubería, a los accesorios y a cambios de trayectoria desde el punto de almacenamiento hasta el área donde se requiera. Para lo anterior, tenemos el Teorema de ¹⁰Bernoulli, el cual representa el balance de energía para flujo de fluidos; la ecuación se plantea a continuación tomando en consideración un punto inicial A y un punto final B.

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{w} + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{P_B}{w} + z_B + h_{AB}$$

Donde tenemos que:

v es la velocidad en m/s (pies/s).

g es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s² o 32.2 pies/s²).

P es la presión en kPa (psi).

z es la altura geométrica por encima del plano de referencia en m (pies).

w es el peso específico del agua, 9.81 kN/m³ (64.4 lbf/pie³)

h_{AB} es la diferencia total de alturas entre los puntos A y B.

¹⁰ Daniel Bernoulli (1700 – 1782), físico, matemático, estadista y médico holandés-suizo que realizó trabajos de gran importancia para la hidráulica.

En la protección contra incendios no se utiliza el teorema de Bernoulli, ya que es un poco complejo y utilizar dicho balance implicaría cálculos demasiado complicados al momento de realizar los balances en una red contra incendios.

Las pérdidas por fricción se generan por el rozamiento de las moléculas de agua que se encuentran en movimiento, contra las paredes de la tubería que se encuentran estáticas. Para realizar los cálculos de pérdidas por fricción en redes de agua contra incendios existen varias fórmulas obtenidas de manera empírica que son mucho más sencillas que el teorema de Bernoulli, como por ejemplo la fórmula de ¹¹Chezy, la fórmula de ¹²Darcy-¹³Weisbach y la de Hazen-Williams. Esta última es, hoy en día, la ecuación empírica más utilizada en la hidráulica de la protección contra incendios, siendo una variante de la primera (fórmula de Chezy). A continuación se presentan de manera muy general las diferentes ecuaciones:

Fórmula de Chezy:

$$v = c\sqrt{rs}$$

Donde:

v = velocidad del flujo

c = coeficiente que refleja la rugosidad de la tubería

r = radio hidráulico interno, igual a diámetro/4

s = pendiente hidráulica, considerada como la pérdida debida a la fricción por unidad de longitud.

¹¹ Antoine de Chezy (1718 – 1798), ingeniero francés con grandes aportaciones al estudio de la hidráulica.

¹² Henry Philibert Gaspard Darcy (1803 – 1858), ingeniero de puentes y caminos francés, colaboró a desarrollar la hidráulica moderna introduciendo el factor de fricción a la fórmula de Chezy.

¹³ Julius Ludwing Weisbach (1806 – 1871) matemático e ingeniero alemán que junto con Darcy introdujeron el concepto de fricción en las ecuaciones de hidráulica.

La ecuación de *Darcy-Weisbach*:

$$h = f \frac{l.v^2}{d.2g}$$

Donde:

h = pérdida de presión debido a la fricción

f = factor de fricción

l = longitud de la tubería

d = diámetro interno de la tubería

v = velocidad del flujo

g = aceleración de la gravedad

El factor de fricción f es difícil de calcular y les correspondió a *Gardner S. Williams* y *Allan Hazen* lograr, en 1905, una versión de la expresión de Chezy que ha sido adoptada para uso general en protección contra incendios.

$$v = Cr^{0.63}s^{0.54}0.001^{-0.04}$$

Donde:

C = es el coeficiente de *Hazen-Williams*, denominado generalmente Factor C.

r = radio hidráulico igual a $d/4$ cuando d está en pies

s = caída de presión debida a la fricción (en pies) dividida por la longitud del tramo de tubería

v = velocidad, en pies por segundo

Sustituyendo el valor de la velocidad y reordenando, la ecuación de

Hazen-Williams queda:

$$p = \frac{4.52}{C^{1.85}d^{4.87}}Q^{1.85}$$

Donde:

p = pérdida por fricción por unidad de longitud [psi/pie]

d = diámetro interno de la tubería [pulgadas]

Q = caudal [gpm]

C = coeficiente de Hazen-Williams (Factor C)

Esta no es más que una fórmula empírica que ha demostrado aproximarse a lo que ocurre cuando el agua limpia fluye a través de tuberías a temperaturas, presiones y flujos turbulentos normalmente experimentados en los sistemas de protección contra incendios.

El Factor C de Hazen-Williams es una medida de la rugosidad de la pared interior de la tubería. Cuanto más elevado es el valor de C, menor es la pérdida por fricción.

El valor normalmente considerado para los cálculos hidráulicos en sistemas nuevos con tuberías de acero al carbón es 120, y para tuberías plásticas de 150. No obstante, las tuberías incrementan su rugosidad interior por diversos factores a medida que transcurre el tiempo, provocando así una mayor caída de presión.

Dentro de la protección contra incendios, tal y como se ha comentado en diversas ocasiones, la mecánica de fluidos es algo básico y empírico. Con base en lo anterior, es factible conocer la presión total de un sistema con respecto a sus dos componentes, la presión normal y la presión de velocidad.

$$P_t = P_n + P_v$$

- La **presión normal** (P_n) es la presión ejercida por un fluido a las paredes de la tubería o del recipiente que lo contenga, cuando este

se encuentra en reposo o en movimiento. Cuando se encuentra en reposo, también se le conoce como *presión estática*, por tanto, cuando el fluido se encuentra en movimiento, se le conoce como *presión residual*.

Con base en lo anterior, es posible calcular la presión ejercida por una columna de agua que se encuentra estática, para lo cual es necesario el peso específico del agua y se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{62.43 \text{ lb}}{\text{pie}^3} \times \frac{1 \text{ pie}^2}{144 \text{ pulg}^2} = 0.433 \text{ psi/pie}$$

El cálculo anterior se realizó en sistema inglés debido a que, como se ha mencionado, las unidades de presión más utilizadas en protección contra incendios son las psi. Para el caso del sistema internacional (SI) el factor es de 0.1 (kg/cm²)/m (9.8 kPa/m).

Finalmente tenemos la relación entre la presión (P) y la altura (h), la cual se expresa de la siguiente manera:

$$P = 0.433 \cdot h$$

- La **presión de velocidad** (P_v) es la ejercida por el agua cuando se ejerce sobre ella una presión para generar movimiento. Como bien se supone, ésta depende de la velocidad de flujo. Para poder calcular esta presión es importante recurrir a la ecuación de Torricelli, que expresa la caída libre de una masa de agua desde un estado en reposo, una distancia equivalente a la altura de la columna de agua:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Donde:

v es la velocidad alcanzada en pies/s (m/s),

g es la aceleración de la gravedad (32.2 pies/s² o 9.81 m/s²) y

h es la columna de agua en pies (m).

Despejando la altura, que ahora será altura de velocidad (h_v), tenemos que:

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Sustituyendo esta ecuación en la ecuación obtenida en el punto anterior tenemos que:

$$P_v = 0.433 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Esta ecuación es para el sistema inglés de unidades y la presión por tanto, se obtiene en psi, la ecuación para el SI es:

$$P_v = 9.81 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde la presión se obtiene en kPa, y la velocidad debe estar en m/s.

Con base en estos conceptos básicos de presión, es posible entonces establecer cuáles son las fuentes que proporcionan la energía o fuentes de presión dentro de los sistemas de protección contra incendios, que pueden ser:

a) por acción de la fuerza de gravedad, es decir, cuando existe una diferencia de altura tal que la columna de agua es lo

suficientemente "alta" como para poder generar la presión necesaria para hacer fluir el agua hasta el punto deseado con la presión de descarga requerida;

- b) por el funcionamiento de una bomba, la cual genera una presión de descarga suficiente para cumplir los requerimientos;
- c) a través de presión neumática, donde la presión ejercida por el aire es la mínima requerida por el sistema.

5. Principios de Diseño de Recipientes Sujetos a Presión

Un recipiente, hablando estrictamente desde el punto de vista de ingeniería, no es lo mismo que un tanque. Los recipientes son equipos para el almacenamiento de diferentes sustancias a una presión mayor que la atmosférica, esto es, un *tanque de almacenamiento atmosférico* es aquel que su presión máxima de operación es de 1.5 psi (0.1 kg/cm²). Cuando dichos tanques son verticales y están ubicados sobre una base al nivel de suelo deben estar construidos bajo la especificación API 650; los *recipientes de baja presión* son aquellos para almacenamiento de líquidos o gases en donde la presión máxima de operación está entre 1.5 y 15 psi (entre 0.1 kg/cm² y 1.05 kg/cm²), que de igual manera están diseñados bajo la misma especificación API 650. Finalmente, los *recipientes sujetos a presión* son aquellos destinados al almacenamiento de gases, gases licuados y gases comprimidos a presiones por encima de 15 psi (1.05 kg/cm²). El código bajo el cual se diseñan y se construyen los recipientes sujetos a presión es mucho más específico: ASME sección VIII "*Rules for the Construction of Unfired Pressure Vessels*".

En México el órgano gubernamental encargado de la regulación, control y emisión de normas referentes al manejo y almacenamiento del Gas LP, es la Secretaría de Energía. Con referencia al diseño de un recipiente esférico para almacenamiento de Gas LP dicha secretaría a través de la norma NOM-012/1-SEDG-2003 "*Recipientes a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil. Requisitos generales para el diseño y fabricación*", y fundamentado en el Código ASME, dicta los parámetros y procedimiento de diseño del mismo recipiente.

Para el diseño del recipiente es necesario hacer las siguientes consideraciones:

- De acuerdo con lo establecido en la NFPA 58, edición 2008, *Código de Gas Licuado de Petróleo*, en su tabla 5.2.4.2 *Presión de vapor máxima y presión máxima de trabajo permisible*, la presión máxima de trabajo, considerando una presión de vapor máxima de 1.5 MPag (215 psig) a 37.8 °C, debe ser de 2.2 MPag (312 psig).
- De acuerdo con lo establecido en el punto 7.3.5 de la publicación API 2030 *Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum Industry*, segunda edición 1998, la presión típica de calibración de la válvula de alivio de presión es de 1,725 kPa (250 psig).
- Tomando un recipiente esférico de aproximadamente 14.2 m de diámetro, una capacidad aproximada de agua de 9,480 barriles (1,507.2 m³), y de acuerdo con el punto 4 de la NOM-012/1-SEDG-2003 el recipiente es de tipo A, es decir, *recipientes con capacidad nominal mayor a 5,000 litros, destinados a colocarse a la intemperie en plantas de almacenamiento, estaciones de Gas L.P. para carburación e instalaciones de aprovechamiento*, por tanto, el diseño del recipiente corresponde con esta norma.

Finalmente dentro de la NOM-012/1-SEDG-2003 en el punto 5.1.2.4 se establecen las ecuaciones utilizadas para el cálculo del *espesor mínimo de pared del cuerpo de recipientes esféricos*, las cuales se muestran a continuación:

a) En función del radio interior.-

$$t = \frac{P \cdot R_i}{(2S \cdot E) - 0.2P} ; P = \frac{2S \cdot E \cdot t}{R_i + 0.2t}$$

Donde:

t = espesor de pared

P = presión de diseño

R_i = radio interior

S = esfuerzo máximo permisible del material (factor de seguridad de 3.5)

E = eficiencia de junta soldada (tabla 2 de la NOM-012/1-SEDG-2003)

b) En función del radio exterior.-

$$t = \frac{P \cdot R_e}{(2S \cdot E) + 0.8P} ; P = \frac{2S \cdot E \cdot t}{R_i - 0.8t}$$

Donde:

R_e = radio exterior

Es importante tomar en consideración al momento de diseñar el recipiente todas las cuestiones de unión entre las placas de metal, es decir, la preparación para la soldadura, el tipo de soldadura, el tipo y acabado de juntas y finalmente, las pruebas de todas las soldaduras. También es importante la consideración del relevado de esfuerzos, ya que la norma menciona que este proceso térmico se debe realizar para recipientes que serán utilizados en transporte de Gas L.P.

Finalmente es importante mencionar que todos los recipientes diseñados y construidos bajo las especificaciones de esta norma y que vayan a ser utilizados para el almacenamiento o transporte de Gas L.P. deben ser

sometidos a una prueba hidrostática, la cual consiste en presurizar el recipiente a 1.3 veces la presión de diseño (30% extra), pero sin llegar al 90% del esfuerzo límite de cedencia del material.

A continuación se muestran las tablas contenidas en el punto **11 Figuras y tablas** de la norma:

TABLA 1
ESPECIFICACIONES DE ACEROS PARA RECIPIENTES

		Tipo 1 (SA-285-C)	Tipo 2 (SA-516-70)		Tipo 3 (SA-414-G; SA-465) *			Tipo 4 (SA-612)	
			ESPE SOR Hasta 12,5 mm	ESPE SOR >12,5 a 50 mm	ESPE SOR Hasta 9,5 mm	ESPE SOR >9,5 a 15 mm	ESPE SOR >15 a 20 mm	ESPE SOR Hasta 12,5 mm	ESPE SOR > 12,5 a 25 mm
Tensión	(MPa)	380-515	485-620	485-620	515-655	505-640	485-620	570-725	560-695
Cedencia mín.	(MPa)	205	260	260	260	255	240	345	345
Bong. mín. En 200 mm	(%)	23	17	17	10	10	10	16	16
Bong. mín. En 50 mm	(%)	27	21	21	14	14	14	22	22
Carbono (% máx.)	Col.	0,28	0,27	0,28	0,33	0,33	0,33	0,25	0,25
	Prod.	0,28	0,27	0,28	0,33	0,33	0,33	0,29	0,29
Manganeso (%)	Col.	0,90 máx	0,85-1,20	0,85-1,20	0,85 - 1,35	0,85 - 1,35	0,85 - 1,35	1,00-1,50	1,00-1,50
	Prod.	0,98 máx	0,79-1,30	0,79-1,30	0,79 - 1,35	0,79 - 1,35	0,79 - 1,35	0,92-1,62	0,92-1,62
Fósforo (% máx.)	Col.	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
	Prod.	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Azufre (% máx.)	Col.	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
	Prod.	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035

Silicio (%)	Col.		0,15-0,40	0,15-0,40	0,40 máx	0,40 máx	0,40 máx	0,15-0,50	0,15-0,50
	Prod.		0,13-0,46	0,13-0,46	0,46 máx	0,46 máx	0,46 máx	0,13-0,55	0,13-0,55
Cobre (% máx.)	Col.							0,35	0,35
	Prod.							0,38	0,38
Níquel (% máx.)	Col.							0,25	0,25
	Prod.							0,28	0,28
Cromo (% máx.)	Col.							0,25	0,25
	Prod.							0,29	0,29
Molibdeno (% máx.)	Col.							0,08	0,08
	Prod.							0,09	0,09
Vanadio (% máx.)	Col.							0,08	0,08
	Prod.							0,09	0,09

* Cuando el silicio es mayor que 0,10% en colada, el contenido máximo de carbono debe ser de 0,28%.

TABLA 2
EFICIENCIA DE JUNTA SOLDADA (E) PARA SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO
CON O SIN PROTECCION DE GAS

TIPO DE JUNTA	LIMITACIONES	RADIOGRAFIADO TOTAL (E)	RADIOGRAFIADO POR MUESTREO (E)	SIN RADIOGRAFIADO (E)
A tope con fusión y penetración completa. Se excluyen las juntas hechas con solera de respaldo, cuando éstas quedan de manera permanente.	Ninguna	1,00	0,85	0,70
A tope con soldadura sencilla y solera de respaldo.	Ninguna	0,90	0,80	0,65
A tope con soldadura sencilla y bayoneta.	El espesor máximo de placa para unir la sección cilíndrica de recipientes a cabezas semielipsoidales y toriesféricas debe ser 16 mm y para cabezas semiesféricas, de 10 mm	0,90	0,80	0,65

6. Normatividad

Dentro de la legislación mexicana que se desprende directamente de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, existe una jerarquización que es importante mencionar ya que fundamenta la normatividad que se utiliza a lo largo y ancho del territorio nacional.

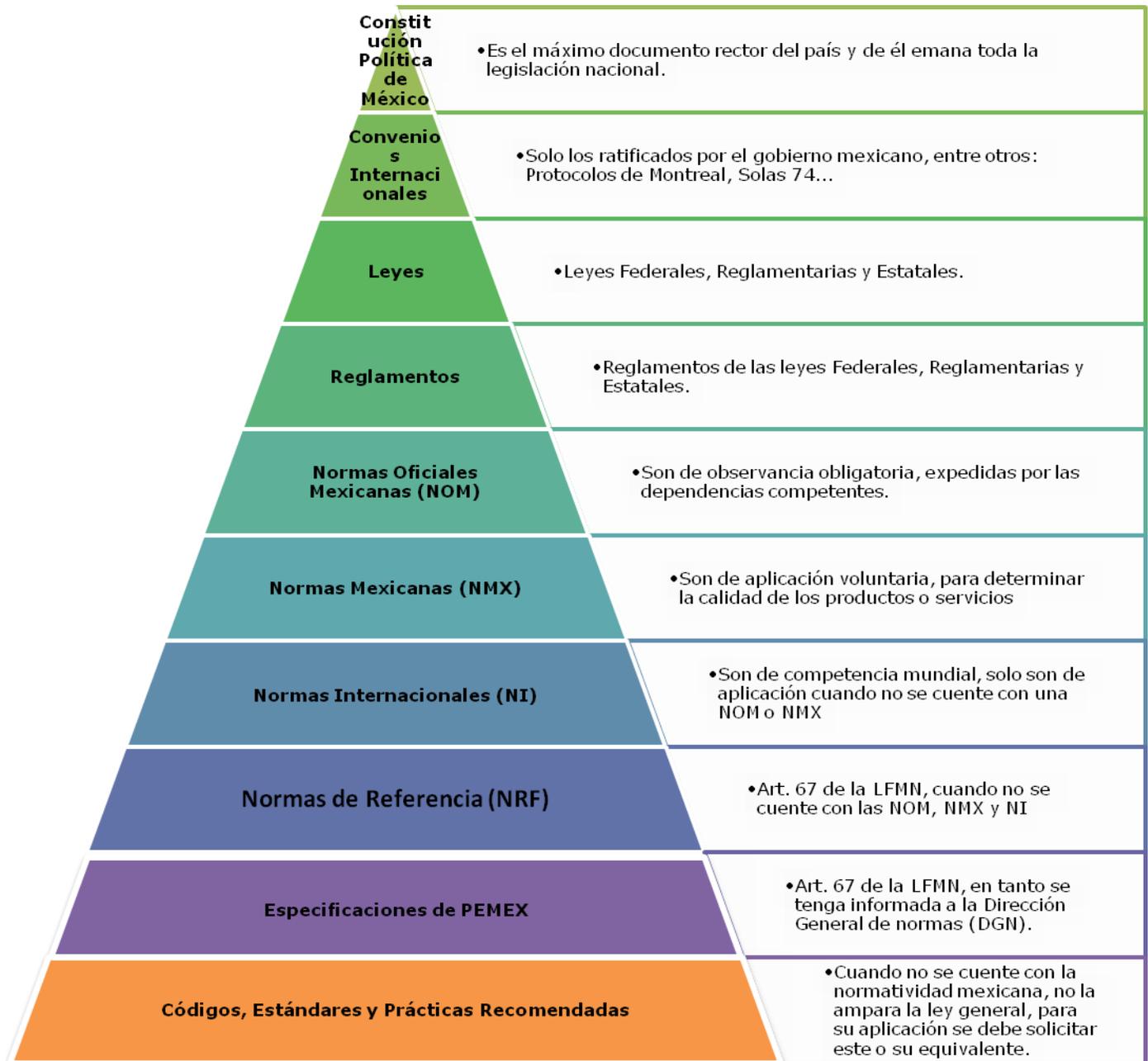


Fig. 2 Jerarquización normativa

Como se muestra en la fig. 2, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) relacionadas con la Seguridad e Higiene Industrial, provienen del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Ambiente de Trabajo, que a su vez se desprende de la Ley Federal del Trabajo. Lo anterior le da a las NOM's un carácter de obligatoriedad en su cumplimiento.

Existen, dentro de la normativa Mexicana, varias normas dedicadas a establecer las bases de diseño, los requisitos mínimos de seguridad de recipientes sujetos a presión, así como los requerimientos mínimos para el combate de incendios en general. Lo anterior a través de varias Normas Oficiales Mexicanas de varios sectores gubernamentales, tales como la Secretaría de Energía (SENER) y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). Todas las normas son emitidas por la Secretaría de Economía.

La entidad federativa encargada de la seguridad y bienestar dentro de los centros de trabajo, es la Secretaría del Trabajo (STPS), la cual cuenta con dos (2) normas que están íntimamente relacionadas con la seguridad y protección contra incendios de recipientes sujetos a presión; estas normas son la NOM-002-STPS-2000 "*Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo*" y la NOM-020-STPS-2002 "*Recipientes sujetos a presión y calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad*".

- NOM-002-STPS-2000 "*Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo*". Dentro de esta norma se establecen, como se expresa en el objetivo de la misma, las condiciones mínimas de seguridad para

la protección de los trabajadores, la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.

El campo de aplicación de la norma es todo el territorio nacional y todos los centros de trabajo.

Dentro del cuerpo de esta norma se establecen las obligaciones que tiene que cumplir el patrón, así como también las obligaciones de los trabajadores, para poder prevenir condiciones y actos inseguros que puedan ocasionar incendios dentro del centro de trabajo.

Es necesario que se elabore un *Programa Específico de Seguridad para la Prevención, Protección y Combate de Incendios*, en cada centro de trabajo.

Así mismo se establecen todos los requisitos de seguridad del centro de trabajo. A continuación se enlistan algunos de dichos requisitos:

- Los requisitos mínimos de ubicación, dimensionamiento y disponibilidad de salidas normales y de emergencia, así como las rutas de evacuación dentro del centro de trabajo.
- Los requisitos mínimos para la selección, ubicación, mantenimiento de todos los equipos y sistemas contra incendios.
- Ya que se realizó la evaluación del grado de riesgo de incendio, se plantean los requisitos para todas las edificaciones dentro del centro de trabajo, de acuerdo con su grado de riesgo de incendio.
- Formación de brigadas.
- Inspección y mantenimiento de los extintores.

La norma cuenta con un Apéndice A en el cual se encuentra una tabla (A1) con los rubros y parámetros a evaluar para la determinación del grado de riesgo de incendios. Los rubros son:

1. Altura de la edificación, en metros.
2. Número total de personas que ocupan el local, incluyendo trabajadores y visitantes.
3. Superficie construida, en metros cuadrados.
4. Inventario de gases inflamables, en litros (en fase líquida).
5. Inventario de líquidos inflamables, en litros.
6. Inventario de líquidos combustibles, en litros.
7. Inventario de sólidos combustibles, en kilogramos.
8. Inventario de materiales pirofóricos y explosivos.

En la parte última de la norma se encuentran las *Guías de Referencia que se mencionan a continuación y cuyo cumplimiento no tiene carácter obligatorio*:

1. Guía de referencia I - Detectores de incendio.
2. Guía de referencia II - Sistemas fijos contra incendio.
3. Guía de referencia III - Brigadas de emergencia.
4. Guía de referencia IV - Extintores contra incendio.

Es importante mencionar que dentro de esta norma y de los estudios que requiere la misma, no se consideran nunca los procesos industriales, tampoco se toman en consideración las actividades riesgosas dentro de los centros de trabajo o las áreas de almacenaje. En realidad, los requerimientos son muy pobres y no son suficientes para realizar un verdadero análisis de riesgos de incendio de cualquier empresa, almacén o planta.

Para concluir, la norma NOM-002-STPS-2000 no es un documento que se pueda utilizar como referencia para establecer criterios de diseño de la protección contra incendios para recipientes sujetos a presión, por tanto, no será utilizada como referencia en el presente trabajo.

- NOM-020-STPS-2002 "*Recipientes sujetos a presión y calderas-funcionamiento-condiciones de seguridad*". Esta norma emitida por la STPS tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y calderas en los centros de trabajo, para la prevención de riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones.

La aplicación de la norma abarca todo el territorio nacional y todos los centros de trabajo en donde funcionen recipientes sujetos a presión interna o externa, calderas o recipientes criogénicos.

Así como en la norma anterior, ésta establece las obligaciones que tienen tanto el patrón como los trabajadores en lo referente a la utilización y manejo de recipientes sujetos a presión.

Dentro del desarrollo de la norma, adicional a las obligaciones tanto del patrón como de los trabajadores, se encuentran en el punto 7 las *Condiciones mínimas de seguridad de los equipos*. A continuación se enlistan los aspectos principales:

- Condiciones físicas y operativas. Se establecen algunas de las condiciones mínimas que requieren las instalaciones de los equipos, tales como la ubicación de los mismos, sistemas de seguridad y tableros de control.

- Condiciones documentales. Aquí se establecen todos los requerimientos documentales para poder tener trabajando el equipo, tales como los procedimientos de operación normal y de emergencia, de mantenimiento y de revisión (en Español y para cada equipo).

Las pruebas que se deben realizar a los equipos también están establecidas en la norma (punto 9), y son las siguientes:

- Prueba de presión.- Estas pruebas consisten en presurizar el equipo para poder detectar fugas o fallas mecánicas en el mismo, y así verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad. Hay tres (3) tipos de pruebas de presión:
 - a. Prueba de presión hidrostática.
 - b. Prueba de presión hidrostática-neumática, se realiza a equipos criogénicos.
 - c. Prueba neumática, se realiza en equipos donde la presión de calibración del dispositivo de seguridad es igual o menor a 10 kg/cm².
- Exámenes no destructivos.- Se deben realizar a los equipos y su procedimiento debe estar fundamentado en normas mexicanas en caso de existir, en su defecto se podrán realizar con base en códigos o normas extranjeras aplicables. Los exámenes son de manera general son los siguientes:
 - a. Volumétricos:
 - 1) Ultrasonido industrial.
 - 2) Radiografía industrial.
 - 3) Radiografía con neutrones (radiografía neutrónica).
 - 4) Emisión acústica.
 - b. Superficiales:

- 1) Líquidos penetrantes.
 - 2) Electromagnetismo (corrientes de Eddy).
 - 3) Partículas magnéticas.
- c. De fuga:
- 1) Por variación de presión.
 - 2) Espectrómetro de masas.
 - 3) Por burbujas.
- Expediente de integridad mecánica.- Para esto el patrón debe contar con sistemas de administración de la seguridad y documentos, ya que a través de este expediente se puede demostrar que se han realizado las inspecciones, mantenimiento, los planes de emergencia, procedimientos de operación, etc.
 - Prueba de funcionamiento.- Es necesario realizar pruebas de los dispositivos de seguridad de todos los equipos en presencia de una UV o de la autoridad del trabajo, para verificar la correcta calibración del dispositivo en el mismo equipo o en un banco de pruebas.

Es importante mencionar que la legislación mexicana es muy clara con respecto a la existencia de normas o códigos de publicación nacional, es decir, en las propias normas se aclara que se deberán utilizar éstas, los códigos y reglamentos vigentes nacionales, pero que en caso de no existir, se puede hacer referencia a normas y códigos internacionales que apliquen y estén vigentes. Bajo este concepto y sabiendo que en la rama de la seguridad industrial, específicamente la protección contra incendios no existen en México normas lo suficientemente amplias, claras y adecuadas para realizar tanto los análisis de riesgos de incendios, como las inspecciones, pruebas y diseños de los sistemas contra incendios, es necesario utilizar como base las normas, códigos y

prácticas recomendadas a nivel internacional tales como las emitidas por la National Fire Protection Association (NFPA), Factory Mutual Global (FM global), American Petroleum Institute (API), The Institute of Petroleum (IP), entre otros.

Específicamente en México debido a la cercanía con los Estados Unidos e incluso por cuestiones de las compañías de seguros, la normativa más recurrida es la publicada por la NFPA. Esta asociación tiene más de 150 códigos y normas entre las que destacan la NFPA 11 para espumas de baja, mediana y alta expansión, la NFPA 13 para rociadores automáticos, la NFPA 20 para sistemas de bombeo contra incendios, entre otras. Para el caso de plantas de producción, almacenamiento, transporte y uso de Gas LP, la NFPA posee dos (2) normas que son la NFPA 58 *Código de Gas L.P.* y la NFPA 59 *Código para Plantas de Gas L.P.*, que establecen los requerimientos mínimos para el almacenamiento, transporte y uso de Gas LP. Adicionalmente, es necesaria la utilización de la NFPA 15 *Standard para Sistemas Fijos de Aspersión de Agua para Protección Contra Incendios*, ya que en ella se plantean los conceptos básicos de las bases de diseño, requerimientos de materiales y accesorios para los sistemas de aspersión.

Las normas, códigos, guías y prácticas recomendadas por la NFPA son elaboradas mediante un consenso aprobado por la *American National Standard Institute* (ANSI). Durante ese proceso se conjuntan voluntarios con diversos puntos de vista e intereses con el fin de elaborar documentos que realmente tengan como objetivo la protección contra incendios. Todos los documentos editados por la NFPA se someten a revisión cada tres (3) años, a fin de incluir tecnologías y/o procedimientos nuevos así como eliminar cualquier punto que pueda ser considerado como obsoleto o requiera alguna modificación o adecuación.

- *NFPA 15 Standard para Sistemas Fijos de Aspersión de Agua para Protección Contra Incendios, edición 2007.* Esta norma está constituida por capítulos dentro de los cuales se establecen los fundamentos básicos o mínimos que se requieren para la protección de equipos, áreas o estructuras utilizando sistemas fijos de aspersión de agua. De los muchos conceptos que se establecen hay algunos que es importante resaltar ya que van relacionados con el objetivo del presente documento:

I. Objetivos de diseño del sistema:

- a. Extinción de fuego.
- b. Control.
- c. Protección a exposiciones.
- d. Prevención.

II. Los componentes fundamentales de estos sistemas son:

- a. Boquillas de aspersión.
- b. Tuberías.
- c. Accesorios (codos, T's, etc.).
- d. Uniones de tuberías y accesorios.
- e. Soportes de tuberías.
- f. Válvulas.
- g. Manómetros.
- h. Filtros.
- i. Conexiones para bomberos.
- j. Alarmas.
- k. Sistemas de detección.

- III. Para los casos de protección a exposición se considera que los equipos a proteger se encuentran en un área en donde el incendio no es en el equipo mismo, sino en algún otro cercano o debido a un derrame y puedan ser afectados por el calor generado por el incendio, para lo cual se diseñan e instalan sistemas de aspersión que enfrían las superficies expuestas. En este caso los equipos y densidades son los siguientes:
- a. Recipientes, que son equipos sujetos a presión, en este caso se debe proteger toda la superficie del recipiente con agua de enfriamiento, no se permite que el enfriamiento o la protección se realice por escurrimiento del agua, la densidad mínima de aplicación es 10.2 (L/min)m^2 (0.25 gpm/pie^2). La ubicación de las boquillas debe ser tal que los patrones de descarga se toquen entre sí.
 - b. Estructuras y equipos diversos como tuberías, conduits, charolas, etc. La protección para estos equipos debe ser de acuerdo con la configuración funcionalidad que tengan. Las densidades de aplicación van desde los 4.1 (L/min)m^2 (0.10 gpm/pie^2) para estructuras metálicas horizontales hasta los 10.2 (L/min)m^2 (0.25 gpm/pie^2) en el caso de estructuras metálicas verticales y racks de tuberías.
- IV. La presión de diseño para las boquillas de sistemas ubicados en exteriores debe ser no menor a 1.4 bar (20 psi). Cuando se utilicen boquillas que tengan un orificio igual o menor a 9.5 mm ($3/8$ de pulgada), la presión mínima de diseño deberá ser de 2 bar (30 psi).

- V. Los materiales de tuberías que se permite utilizar que sean más probables debido a su precio y manejo para la instalación son el acero inoxidable ASTM A312 y el acero al carbón ASTM A53 galvanizado por inmersión en caliente. Los accesorios deben cumplir con la especificación ASTM A182 para acero inoxidable y ASTM A234 para acero al carbón.
- VI. El factor C para algunos materiales en tuberías nuevas es de acuerdo a la siguiente tabla:

Material de tubería	Factor C (Hazen-Williams)
Hierro dúctil	100
Acero galvanizado	120
Plásticos listados	150
Acero inoxidable	150

- VII. El diámetro mínimo permitido es de 25 mm (1 pulg) para acero y acero galvanizado, y de 19 mm (3/4 pulg) para cobre y acero inoxidable.
- *NFPA 58 Código de Gas L.P., edición 2008.* En este código se especifican todas las medidas mínimas para el manejo de gas licuado de petróleo en recipientes durante su almacenamiento y su transporte. Así mismo, se establecen las condiciones mínimas que deben guardar los recipientes que se utilicen para el almacenamiento de este producto.

Algunas de las propiedades que se han mencionado a lo largo de este documento han sido extraídas de este código. También es importante mencionar que muchas de las propiedades así como de

las condiciones establecidas en el código están basadas en otras normatividades de los Estados Unidos de Norteamérica, tales como U.S. Department of Transportation (DOT), Interstate Commerce Commission (ICC), Compressed Gas Association (CGA), etc.

Este código no contempla el almacenamiento de gas L.P. en recipientes sujetos a presión, pero aún así se pueden tomar algunos parámetros como base para el manejo de este producto en instalaciones de almacenamiento, ya que no sólo se trata de tener una esfera de almacenamiento sino que implica también tener tuberías y bombas para su transporte.

- *NFPA 59 Código para Plantas de Gas L.P., edición 2008.* Este código especifica las medidas mínimas y condiciones de diseño, construcción, localización, instalación, operación y mantenimiento para plantas refrigeradas y no refrigeradas de servicio de gas. Esto significa que este código es aplicable hasta el punto de la planta en donde comienza el servicio al público. Así mismo, en caso de haber algunas plantas que posean una capacidad igual o menor a 4,000 gal (15.14 m³) deberán estar de acuerdo con *NFPA 58 Código de Gas L.P.*

7. Diseño de la Protección Contra Incendios

La protección contra incendios para recipientes sujetos a presión tiene dos objetivos en su diseño. El primero consiste esencialmente en evitar que el producto almacenado, en este caso Gas L.P., eleve su temperatura debido a la exposición al fuego proveniente de algún otro equipo o derrame cercano que se encuentre incendiándose. Si éste fuera el caso, podría elevar su temperatura al grado de comenzar a generar vapores y aumentar la presión interna del recipiente debido a que en la sección de la esfera en donde se encuentra el producto en estado gaseoso no puede absorber la misma cantidad de calor que un líquido. El segundo objetivo consiste en enfriar la superficie metálica de la esfera ya que el metal absorbe rápidamente el calor lo que eleva su temperatura y genera la posibilidad de que se ocasione una falla mecánica del recipiente, lo cual aunado al aumento de presión interna, puede derivar en una catástrofe.

Es importante mencionar que todos los accesorios que se utilicen para la conformación de los sistemas de aspersión deben ser listados y/o aprobados por algún laboratorio autorizado para su uso en sistemas de agua contra incendios. En nuestro caso, el listado más utilizado es el elaborado por Underwriter Laboratories (UL), que elabora un directorio para equipos y accesorios para protección contra incendios.

7.1. Bases de diseño

La protección contra incendios para recipientes esféricos sujetos a presión debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NFPA 15 junto con conceptos extraídos de la publicación API 2030 *Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum Industry*, segunda edición, 1998. Esta publicación, en su punto 7.3.5 hace referencia a la protección contra incendios específicamente de

recipientes esféricos que contienen Gas L.P. y establece como base de diseño la utilización de una o varias boquillas abiertas en la parte superior de la esfera, así como un sistema de distribución de agua. El objetivo de lo anterior es crear una película de agua sobre la superficie de la esfera para que sea ésta la que absorba el calor recibido, lo cual es conocido como "gorro chino".

Adicionalmente, para las áreas de la esfera en donde la película de agua no pueda mojar debidamente la superficie, como las uniones con las bases (patas), uniones con las escaleras, bridas o entradas hombre, se recomienda utilizar boquillas de aspersión o monitores que se enfoquen en dichas áreas. Estos sistemas han probado no ser muy eficientes en la distribución de agua sobre la superficie de la esfera, ya que no se puede garantizar que se tenga la densidad de aplicación mínima requerida en toda la esfera, por lo cual no es recomendable utilizarlos. Esta publicación establece que adicionalmente al caudal calculado para los sistemas de aspersión se debe agregar un flujo de entre 1,000 L/min a 2,000 L/min (250 gpm a 500 gpm) para complementar la protección mediante mangueras o monitores.

Es importante mencionar que el programa de simulación hidráulica empleado utiliza los valores en el sistema inglés, por lo que en la mayoría de las unidades de medida se usarán ambos sistemas métricos y en algunos casos únicamente el sistema inglés. A continuación se presentan los conceptos mínimos requeridos:

Bases de diseño para un recipiente esférico (10,000 bbls):

- Diámetro de la esfera: 14.2 m (46.58 pies)
- Superficie: $Sup = 4 * \pi * r^2 = \pi * d^2 = 633.5 \text{ m}^2 (6,816.3 \text{ pies}^2)$

- Densidad de aplicación de agua (NFPA 15, punto 7.4.2.1): **10.2 (L/min)/m² (0.25 gpm/pie²)**
- Presión de diseño: 2 bares (30 psi) para poder cubrir las posibles pérdidas de agua por la acción del viento.
- Al caudal total se requiere adicionar un flujo de entre **1,000 L/min a 2,000 L/min (250 gpm a 500 gpm)** para mangueras o monitores.

Con base en lo anterior se calcula el caudal total mínimo teórico para la esfera:

$$Q_{Tt} = Sup * densidad = 633.5 * 10.2 = \mathbf{6,461.7 \text{ L/min (1,704.08 gpm)}}$$

$$\mathbf{6,461.7 \text{ L/min (1,704.08 gpm) + 1,000 L/min (250 gpm) = 7,461.7 L/min (1,954.08 gpm)}}$$

Una vez establecidos los criterios básicos del diseño del sistema, se procede a la selección de las boquillas y su distribución para poder dar una cobertura total a la superficie de la esfera.

7.2. Selección y distribución de boquillas

Se seleccionaron dos (2) modelos de boquillas de la marca ¹⁴VIKING debido a que se requieren dos (2) ángulos distintos para la protección de la superficie, lo anterior conforme a lo establecido en la NFPA 15, punto 7.4.2.2, que indica que la distancia máxima de separación entre boquillas en superficies inclinadas o verticales debe ser de 3.7 m (12 pies). En el polo superior de la esfera (la mitad sobre el ecuador de la esfera) se permite que exista cobertura por escurrimiento, por lo que se seleccionó una boquilla con un ángulo de descarga de 180° y un factor K de 7.2 (modelo E, número VK-817). Con respecto al polo inferior (la

¹⁴ The Viking Corporation.

mitad por debajo del ecuador de la esfera) no se permite la cobertura por escurrimiento, NFPA 15, punto 7.4.2.4, por lo que los patrones de descarga de las boquillas deben traslaparse o cuando menos tocarse entre sí, esto será lo que determine el espaciamiento entre anillos y boquillas. Las boquillas seleccionadas para esta sección tienen un patrón de descarga de 140° y un factor K de 5.6 (modelo E, número VK-815). Este modelo de boquilla tiene dos (2) opciones de materiales latón y niquelado, debido al riesgo de corrosión tanto por la humedad de muchas zonas del país como por las sustancias químicas dentro de las áreas de proceso. Es por ello que se recomienda evaluar dicho riesgo en cada caso para elegir el material más adecuado. Ver hoja de información técnica de las boquillas en el Anexo B.

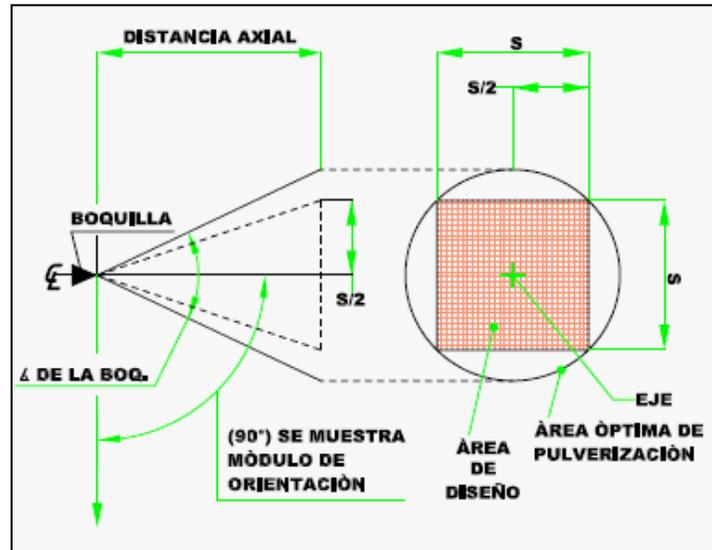
La distribución de las boquillas a lo largo de la superficie debe hacerse por separado, tomando cada modelo de boquilla de manera individual.

Hemisferio superior

De acuerdo con lo establecido en la NFPA 15, punto 7.4.2.2, la distancia máxima de separación entre boquillas en superficies inclinadas o verticales es de 3.7 m (12 pies).

- Boquilla: modelo E, VK-817.
- Ángulo de descarga de la boquilla: 180°
- Factor K de la boquilla: 7.2
- Distancia máxima entre anillos: 3.7 m (12 pies)
- Distancia radial entre boquillas: seleccionada de acuerdo a la distribución de cada anillo, pero menor a 3.7 m (12 pies).
- Distancia axial (distancia entre la boquilla y la superficie de la esfera): 0.6 m (1.97 pies)

A continuación se muestra un diagrama que representa el patrón de descarga de las boquillas y se definen los conceptos para su distribución.



Es importante mencionar que la ubicación de los anillos no es la misma que la ubicación de las boquillas con respecto a la superficie de la esfera, es decir, es necesario hacer correcciones y consideraciones para ello. Los factores que se deben tomar en cuenta son:

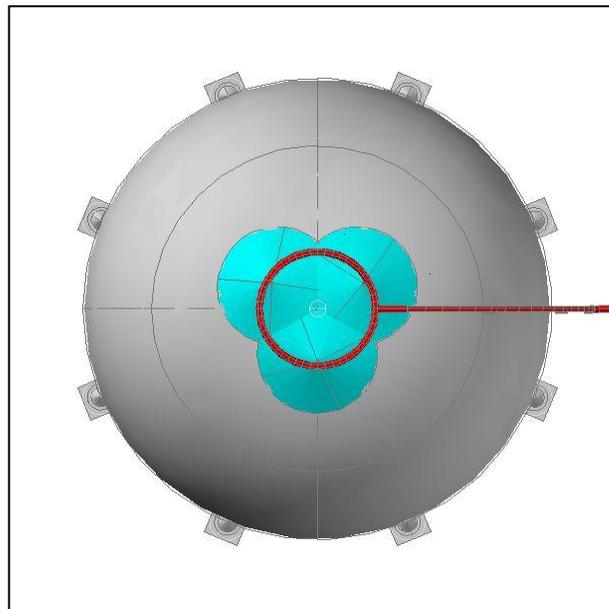
- a) tamaño de la boquilla;
- b) tamaño del nipple o conexión de la boquilla con el anillo de alimentación;
- c) diámetro del anillo de alimentación.

La información anterior se plasma en un dibujo en AutoCad en 3D que muestra la ubicación de los anillos a una distancia óptima entre sí. Para calcular el número de boquillas por anillo, es necesario conocer el perímetro del mismo, dividirlo entre la distancia máxima entre boquillas (3.7 m) y se aproxima al número entero superior. Por ejemplo:

El anillo 2 tiene un perímetro aproximado de 31.42 m (103.1 pies).

$$\#boquillas = \frac{31.42}{3.7} = \mathbf{8.49} \rightarrow \text{se aproxima a } \mathbf{9}$$

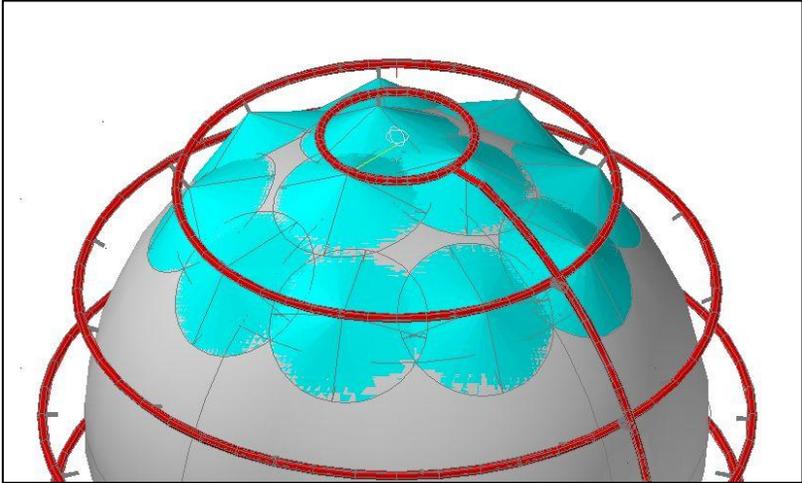
La distribución de boquillas sobre los anillos debe cumplir con los requerimientos mencionados anteriormente y se debe verificar que los patrones de descarga se toquen entre sí (con los patrones de boquillas del mismo anillo). Con ello se verifica que el número de boquillas por anillo calculado sea correcto, como se muestra a continuación:



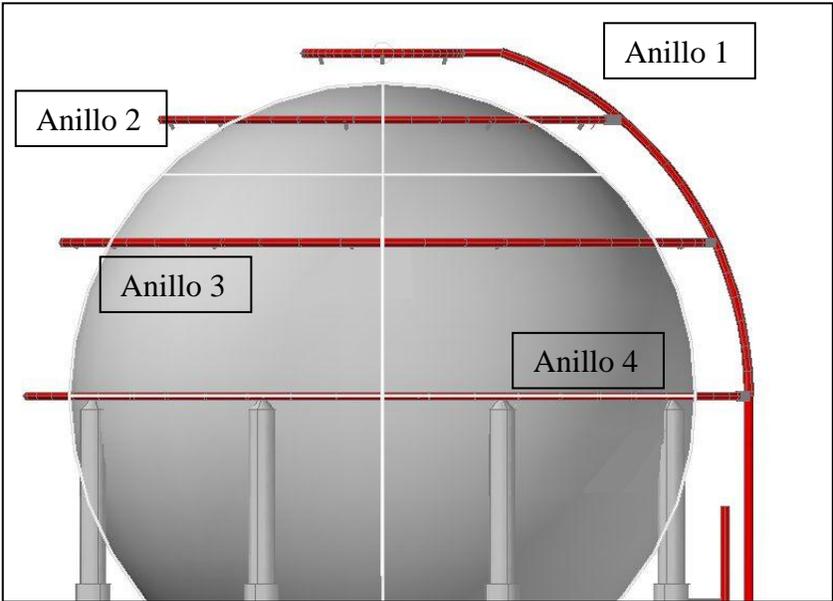
Como se puede observar, los patrones de descarga de las tres (3) boquillas del anillo 1 o superior se tocan entre sí y no dejan superficie expuesta.

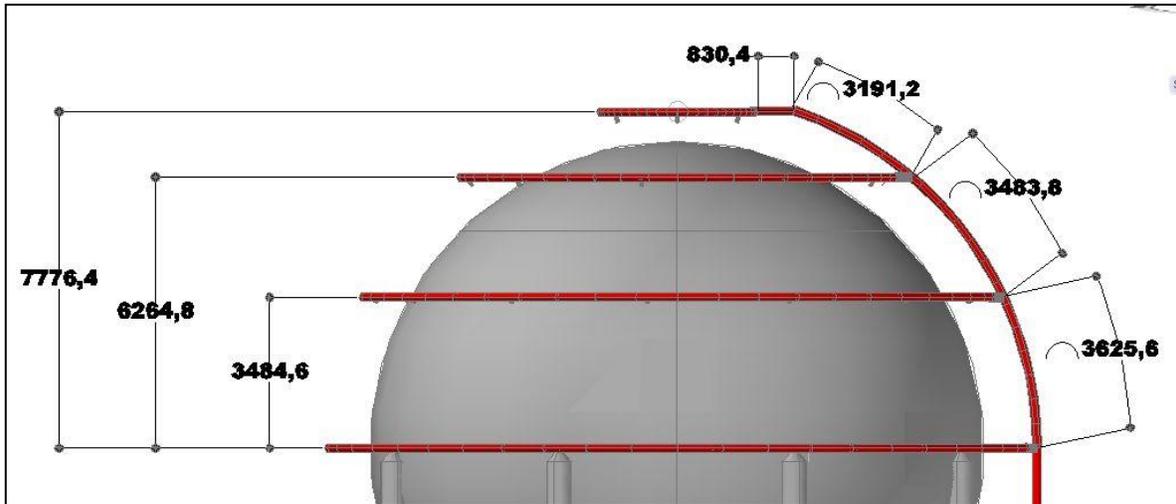
Para la ubicación del segundo anillo se toma como distancia inicial máxima la de 3.7 m (12 pies) y se distribuyen los anillos en el hemisferio superior, en caso de que no queden perfectamente distribuidos se reconsidera la distancia entre ellos. Es importante que los patrones de descarga estén siempre en contacto uno con otro. Este

proceso de distribución es muy relevante y se lleva a cabo en su mayoría con la ayuda de un modelo 3D. Igualmente se ubican todos los anillos y se verifica su cobertura y distribución tal como se muestra a continuación.



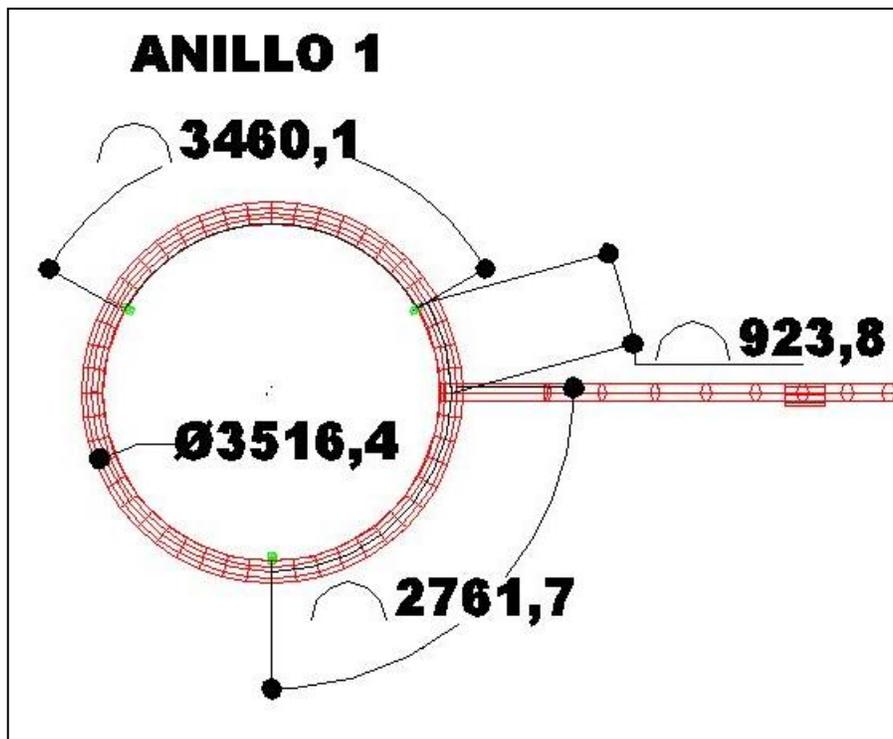
La distribución de los anillos para el hemisferio superior queda conformada por cuatro (4) anillos ubicados de la siguiente manera:

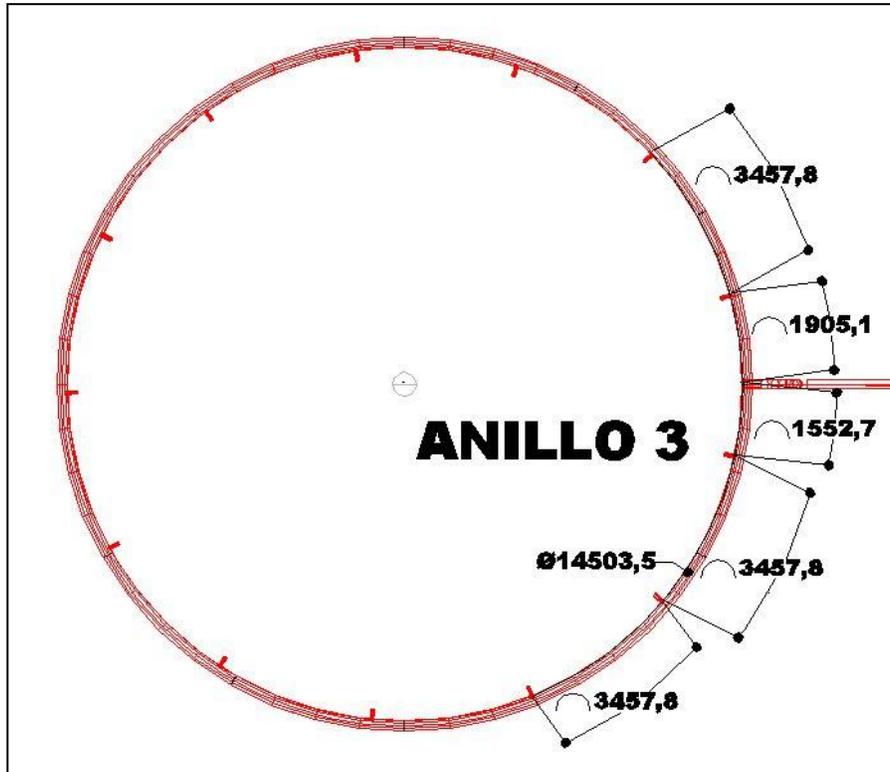
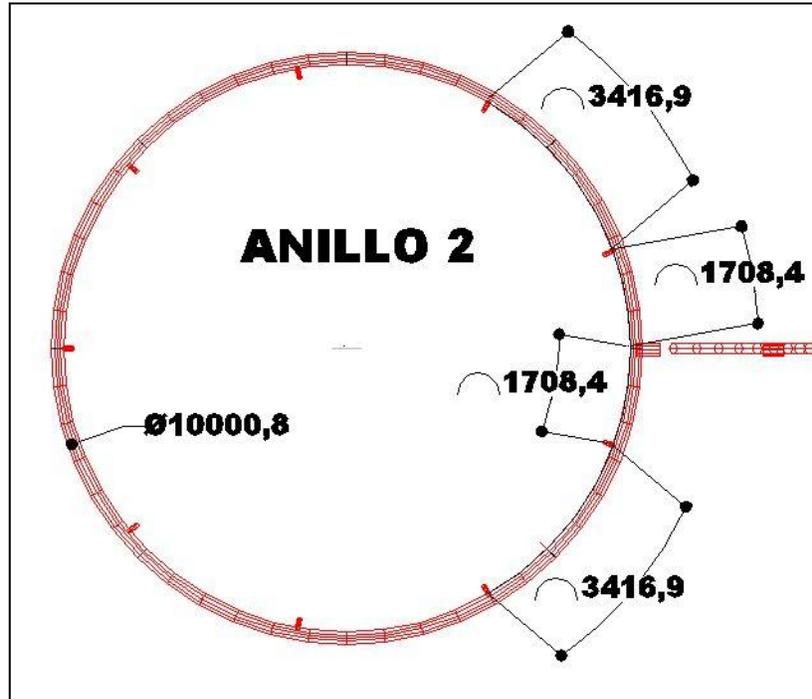


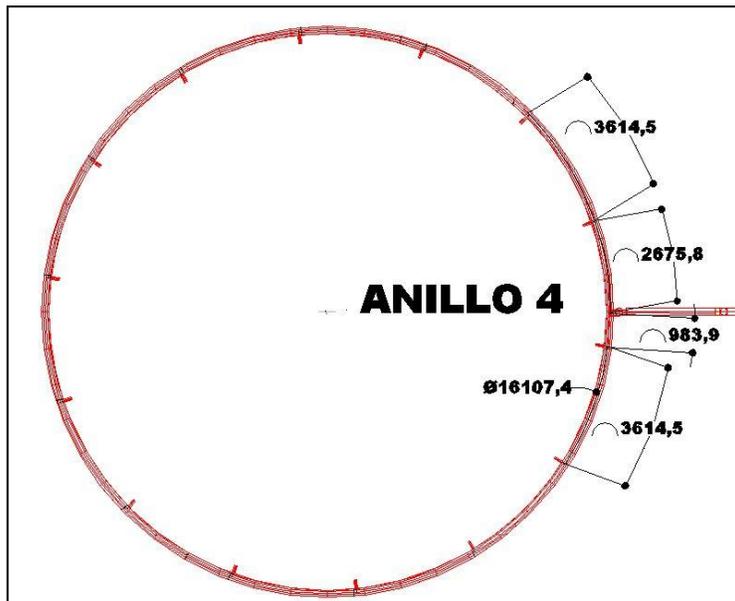


Debido a la configuración del programa para generar el modelo, las dimensiones de las imágenes están en milímetros.

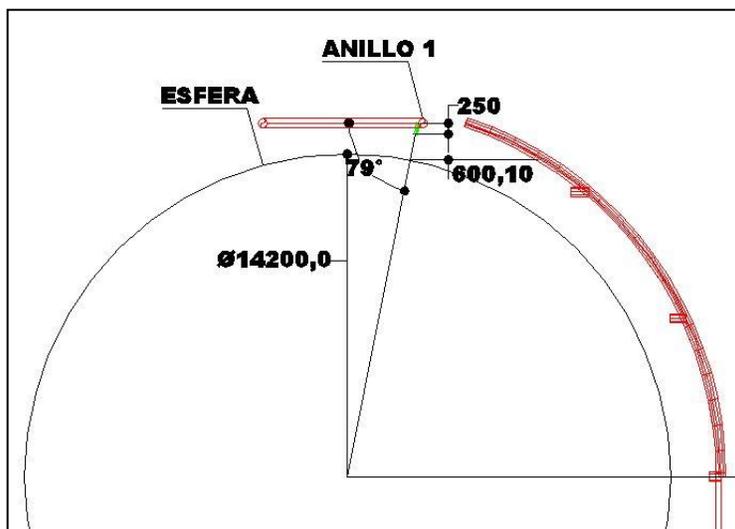
La distribución de boquillas en cada uno de los primeros cuatro (4) anillos es como se muestra a continuación:

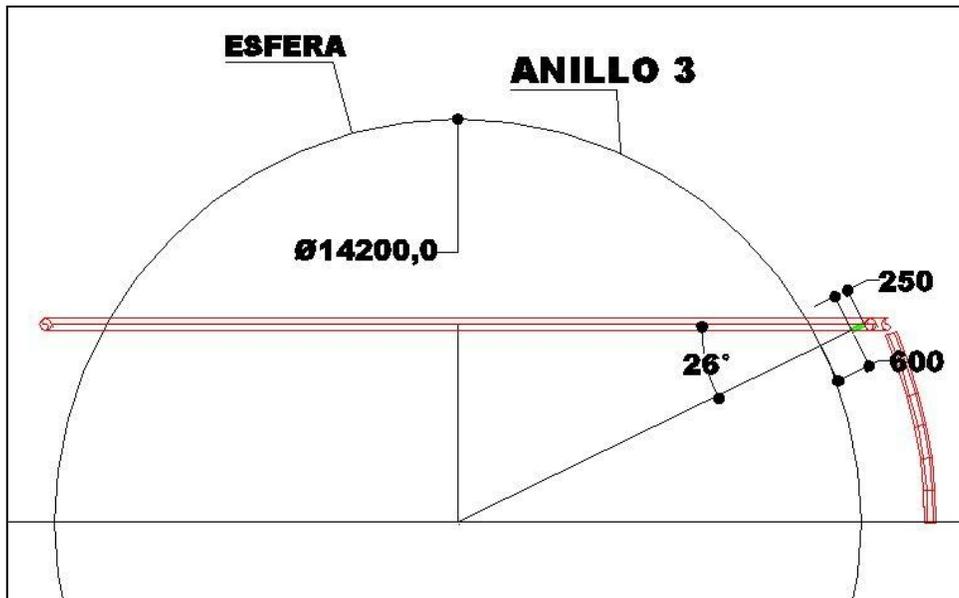
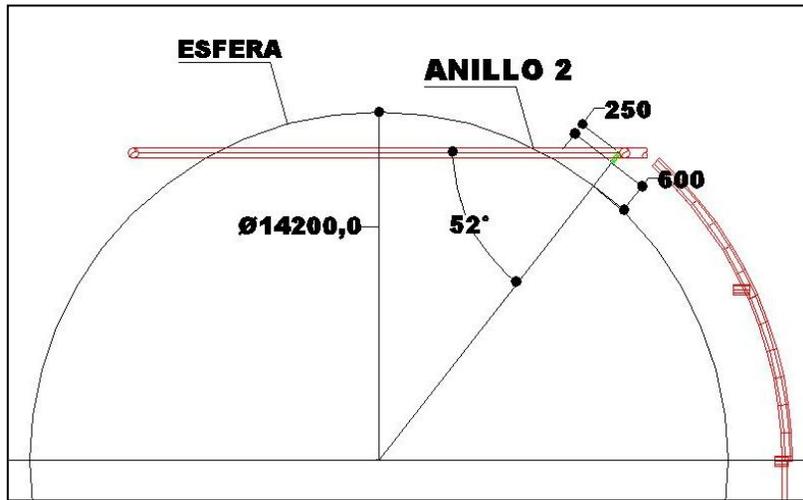


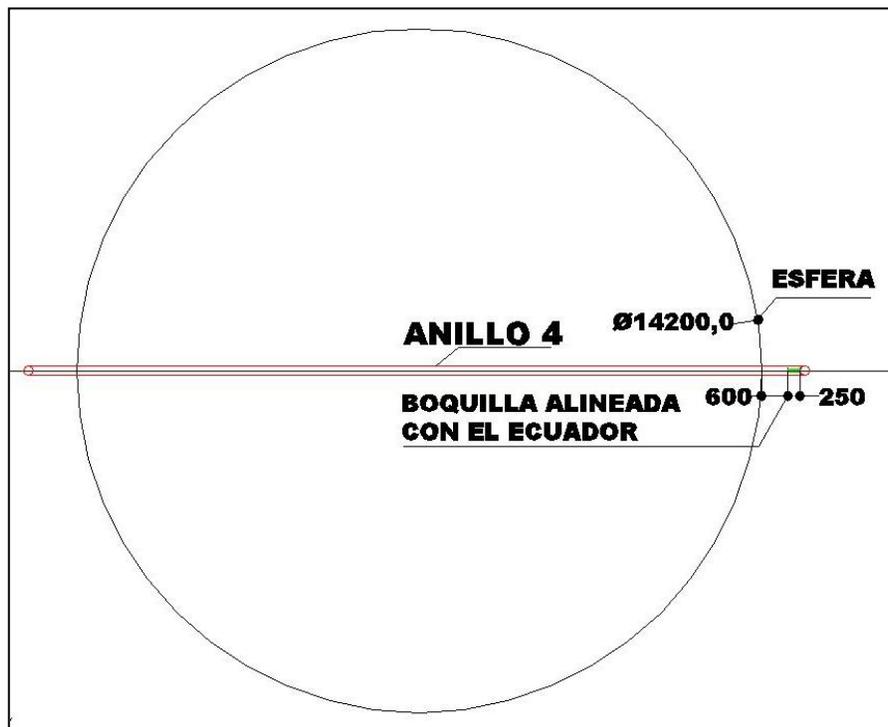




Para que el diseño del sistema de aspersion sea realmente efectivo es necesario orientar las boquillas de manera tal que el deflector esté de manera paralela a la superficie a proteger, por tanto la boquilla debe quedar orientada de manera perpendicular a la misma. Lea hacia el centro de la esfera, de esta manera siempre quedará perpendicular a la superficie de la misma. A continuación se muestran los ángulos que deben tener en cada anillo.





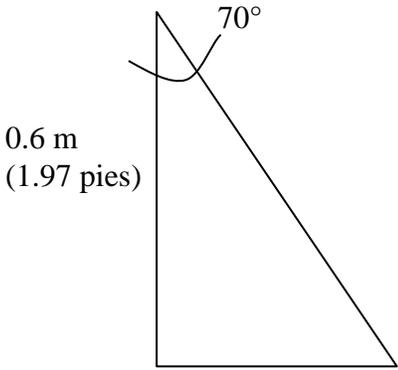
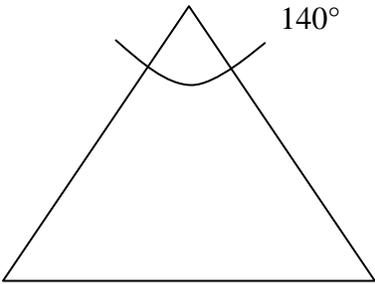
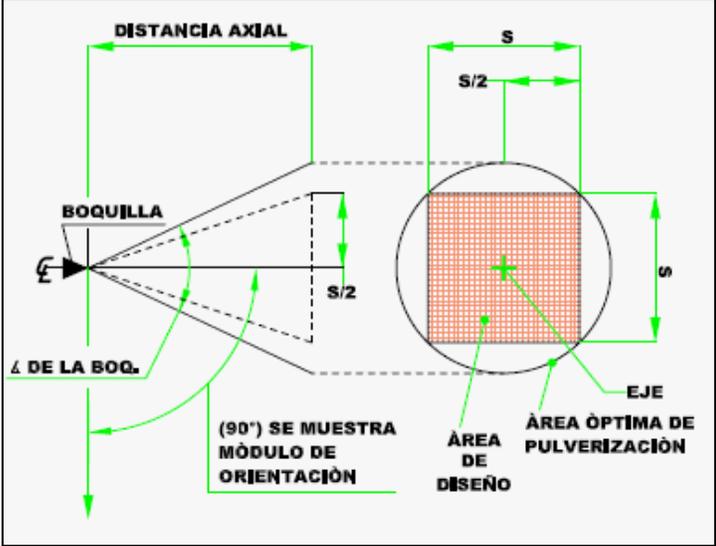


Hemisferio inferior

Para la distribución de boquillas y de los anillos en la parte inferior de la esfera no es posible considerar que la cobertura de algunas áreas se haga por escurrimiento, de acuerdo con lo establecido en la NFPA 15, punto 7.4.2.4. En consecuencia, la metodología de ubicación de los anillos debe ser igual a la de las boquillas, es decir, que los patrones de descarga se toquen entre sí.

- Boquilla: modelo E, VK-815.
- Ángulo de descarga de la boquilla: 140°
- Factor K de la boquilla: 5.6
- Distancia axial (distancia entre la boquilla y la superficie de la esfera): 0.6 m (1.97 pies)

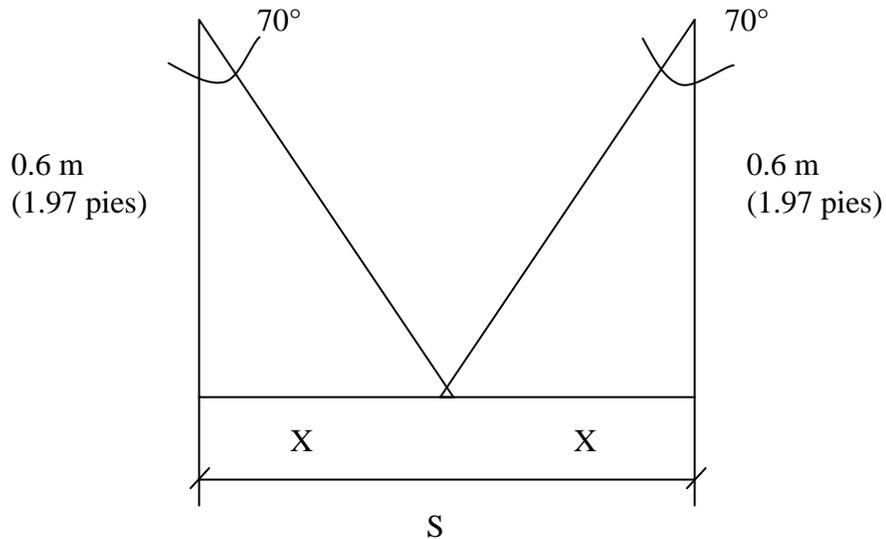
Para este caso es necesario calcular la distancia radial entre boquillas, lo que requiere el uso de conceptos básicos y sencillos de trigonometría según se muestra a continuación.



X

$$X = 0.6 * \tan 70 = \mathbf{1.65 \text{ m (5.41 pies)}}$$

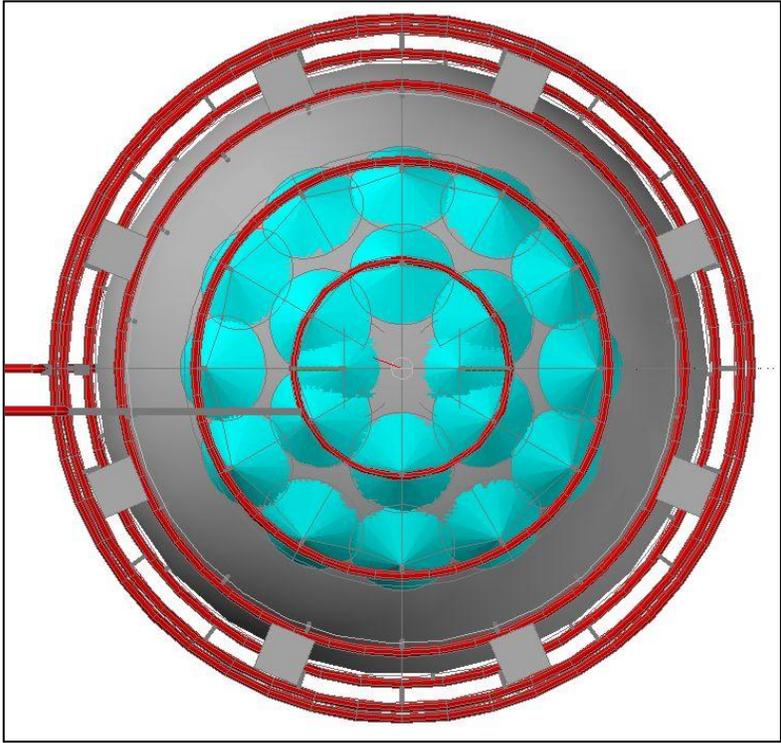
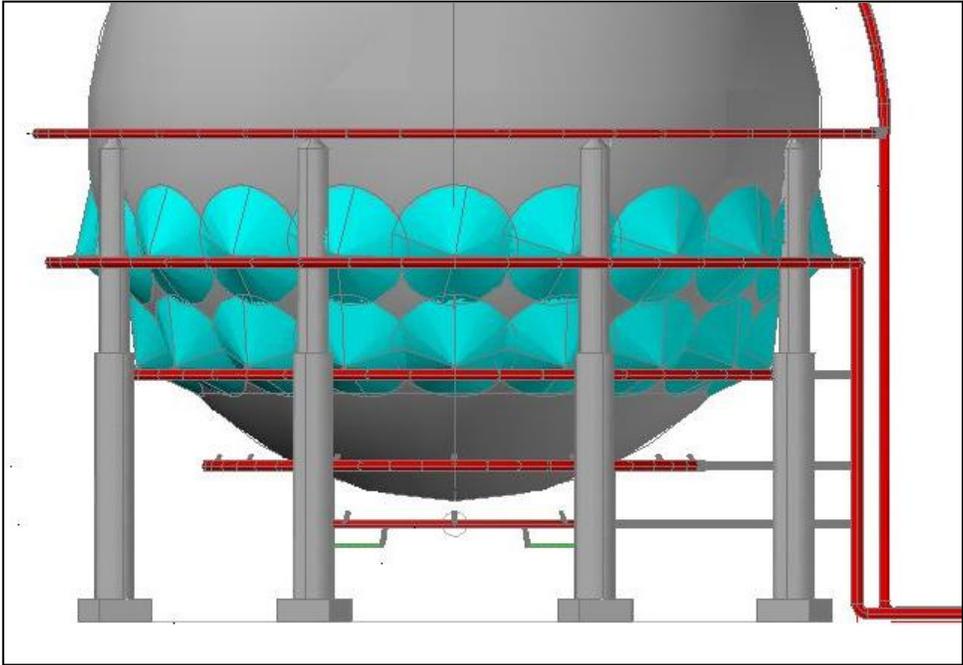
Siendo S la cobertura de la boquilla a 0.6 m de distancia, a su vez este mismo valor de S es el que se toma como distancia radial máxima entre boquillas.



$$S = 2 * X = 2 * 1.65 = \mathbf{3.3 \text{ m (10.82 pies)}}$$

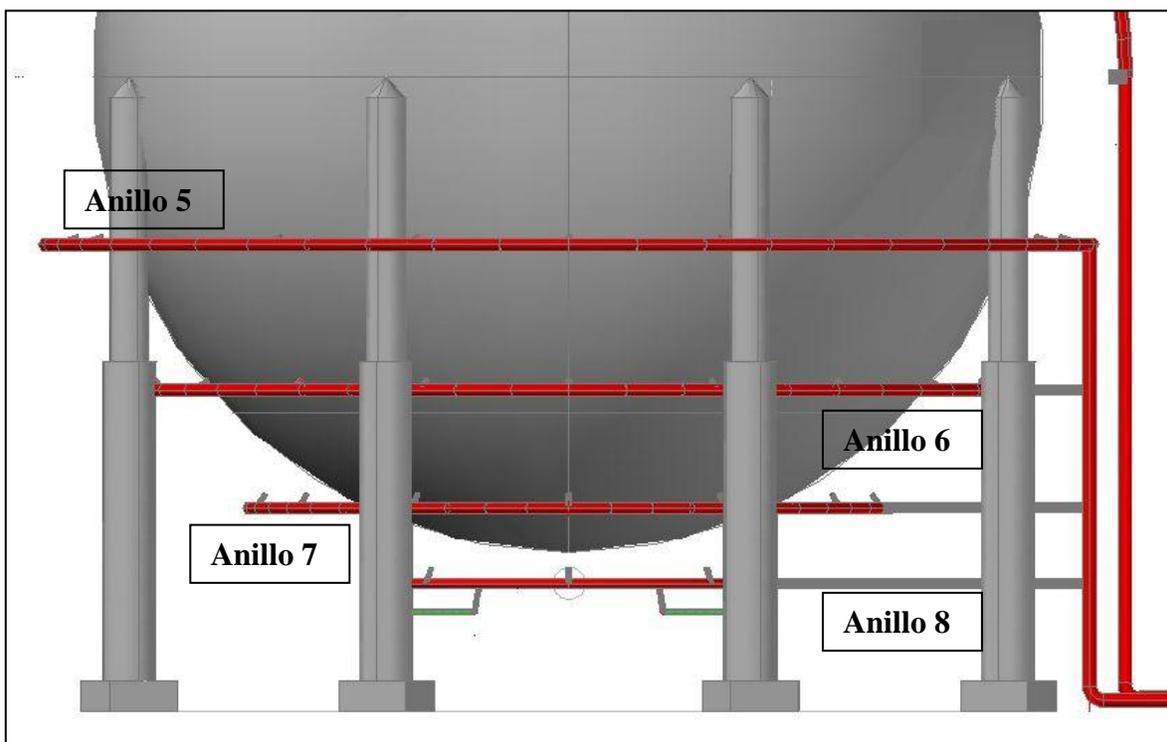
Este valor de distancia radial entre boquillas es puramente teórico, ya que como se ha comentado anteriormente la distribución más precisa es la realizada utilizando modelos en 3D, lo cual facilita la visualización y manipulación de las boquillas sobre los anillos. Cabe resaltar que la superficie que se va a proteger no es plana, tiene una curvatura, que de la superficie exterior de la esfera deja una cara convexa hacia la boquilla. Debido a ello no es posible considerar los 3.3 m y se recurre al modelo para ubicar las boquillas. Tomando como base el modelo 3D se encontró que la distancia más adecuada para la configuración de cada anillo sobre una superficie convexa es aproximadamente de 2.4 m (8 pies).

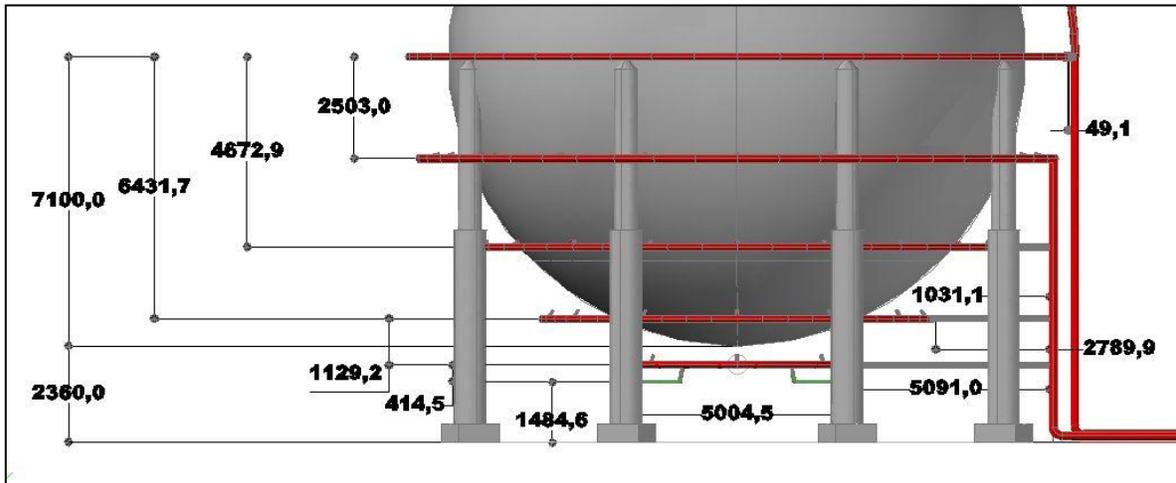
Tomando lo anterior como base para la distribución y orientación de las boquillas, la configuración queda como se muestra a continuación:



Debido a que las esferas de almacenamiento tienen todas sus conexiones de tuberías de proceso, entradas hombre, etc., por debajo de esta, se ubicaron dos boquillas cubriendo la parte inferior dejando una parte de la superficie aparentemente expuesta.

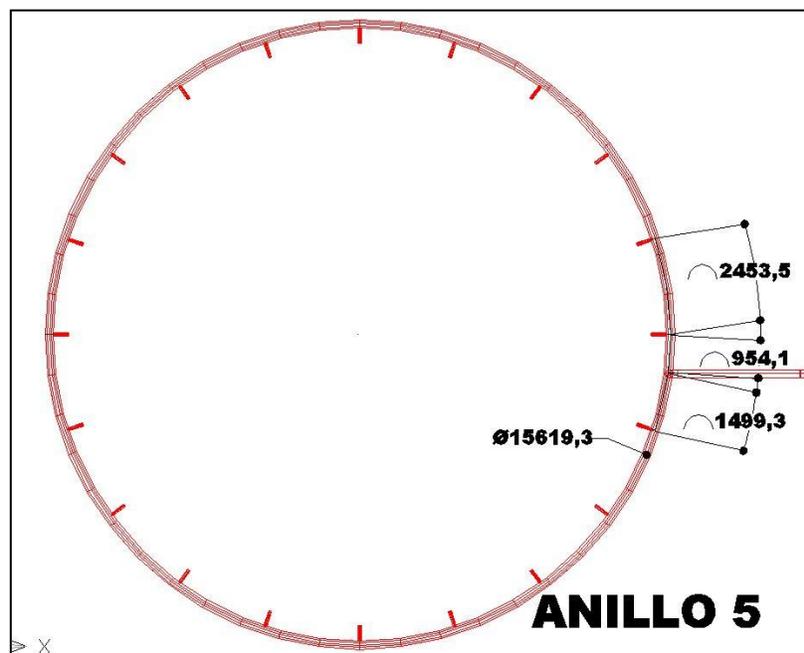
A continuación se muestra la distribución y distancias de los anillos que protegen el hemisferio inferior de la esfera:

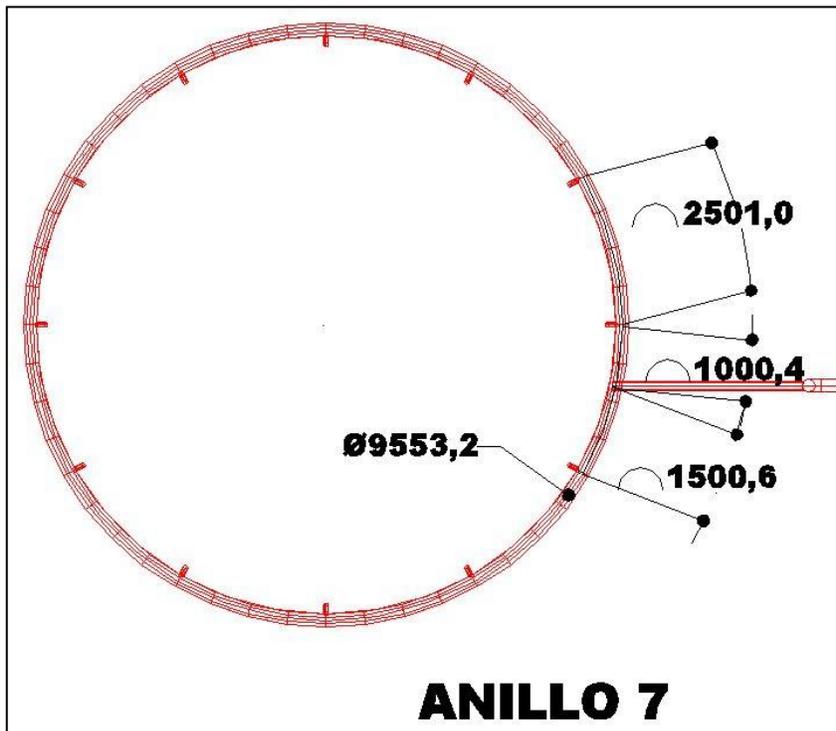
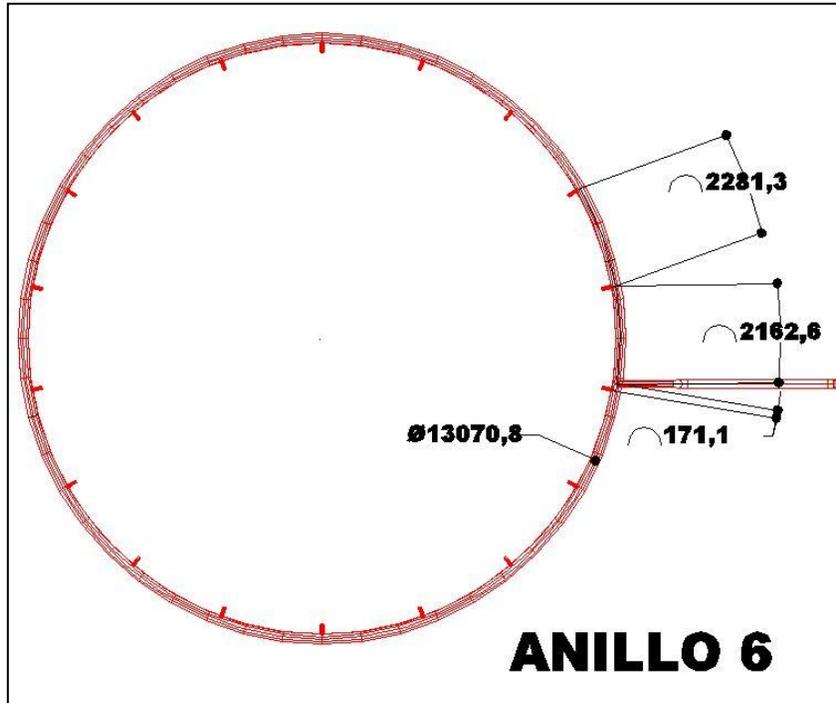


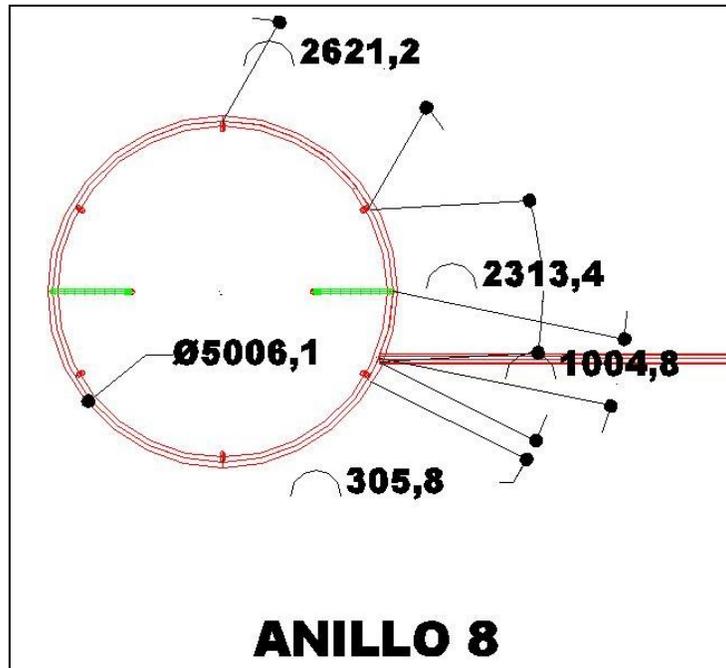


Debido a la configuración del programa para generar el modelo, las dimensiones de las imágenes están en milímetros.

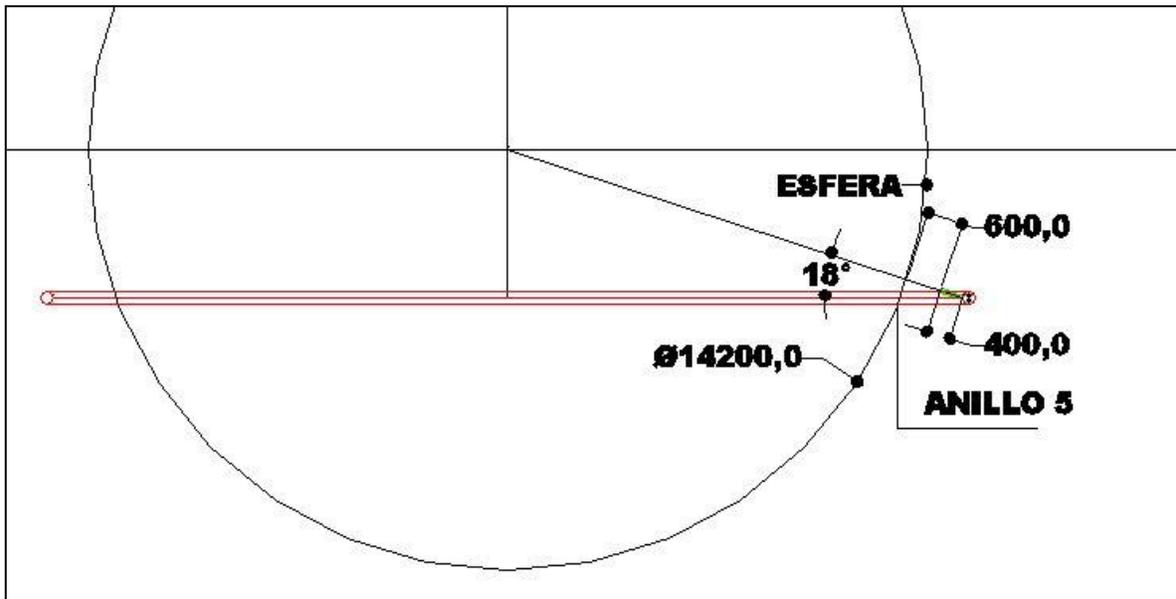
La distribución de boquillas en cada uno de los últimos cuatro (4) anillos es como se muestra a continuación:

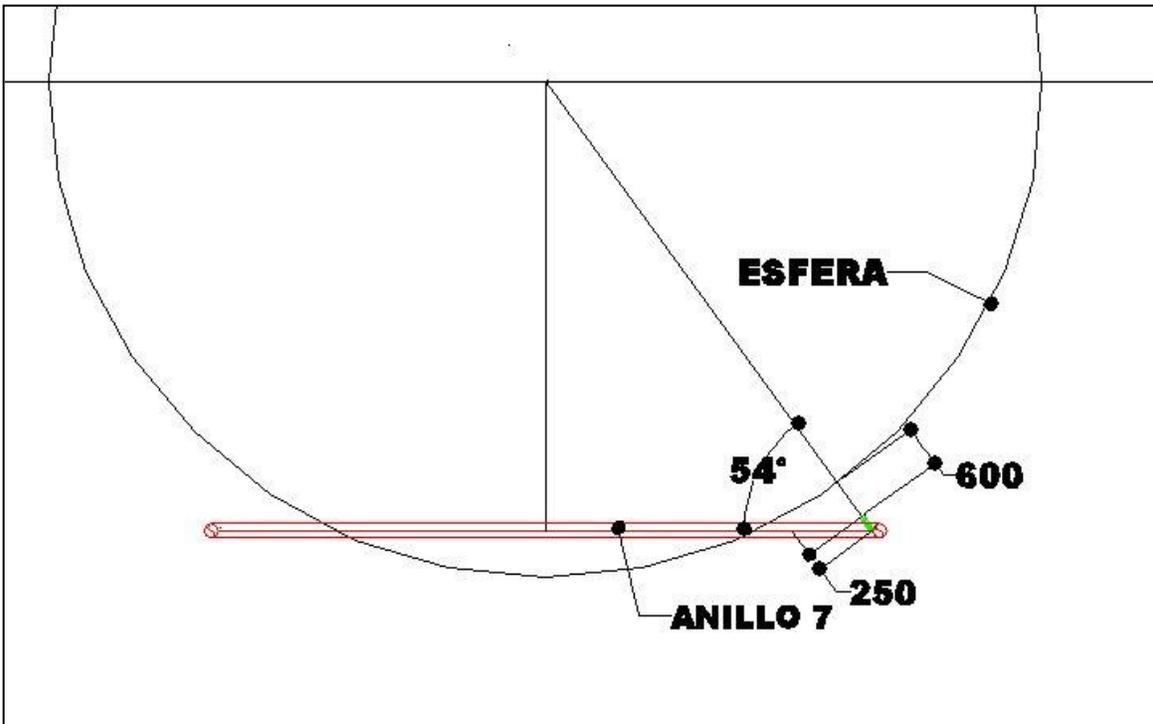
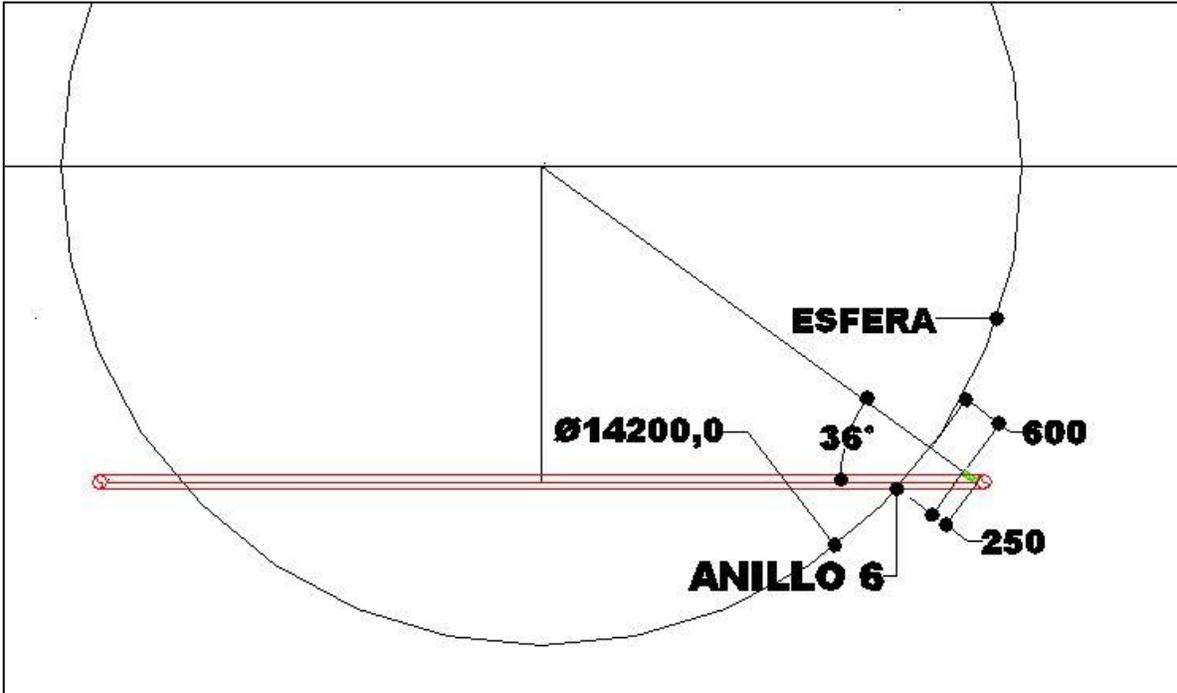


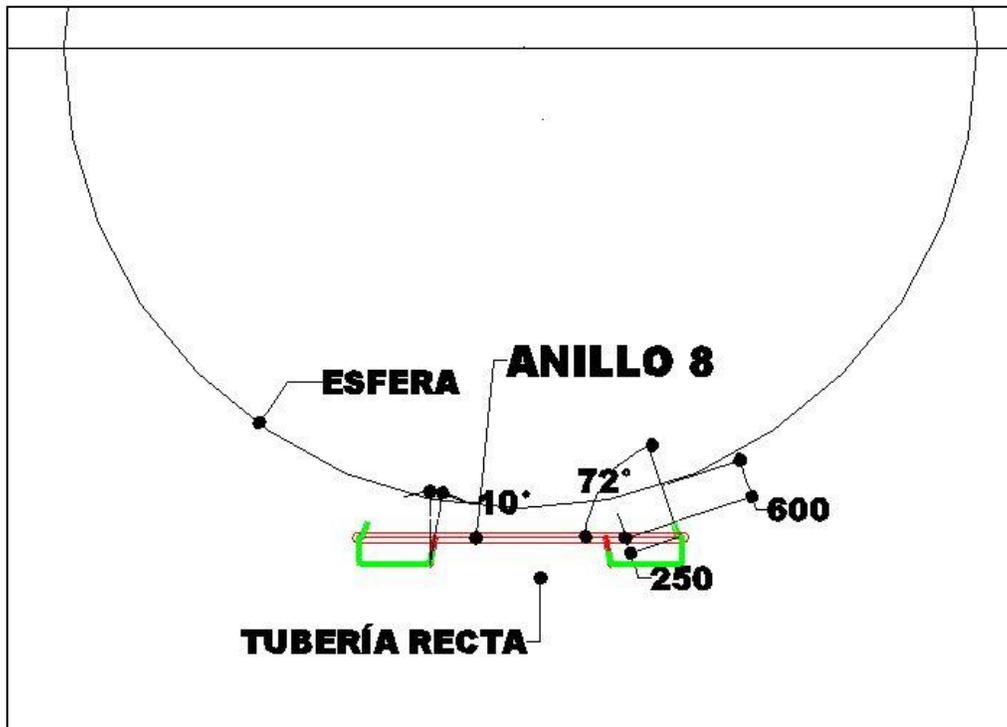




De la misma manera en que se realizó la orientación de las boquillas para los anillos del hemisferio superior se debe hacer para las boquillas de los anillos del hemisferio inferior.





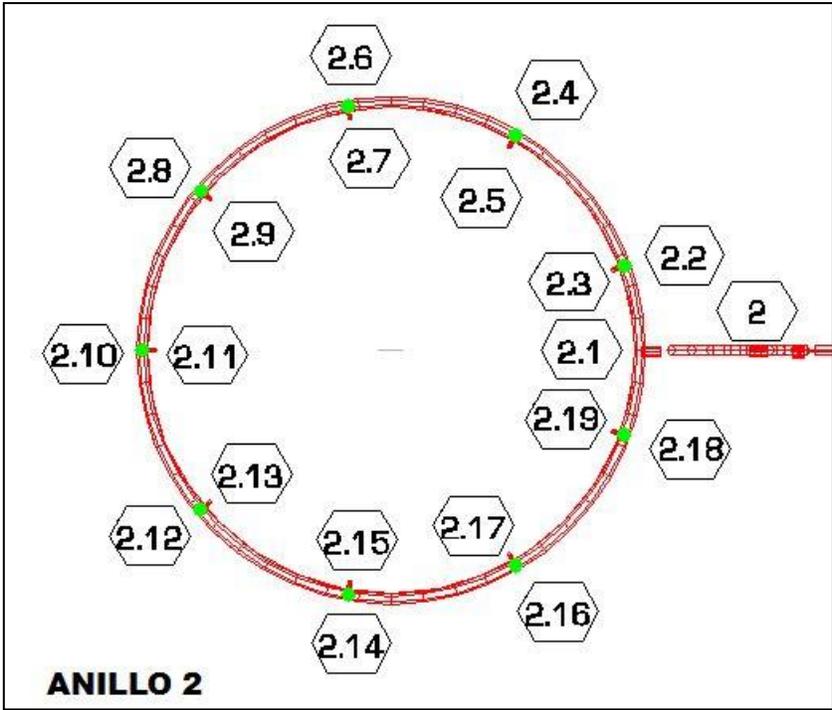
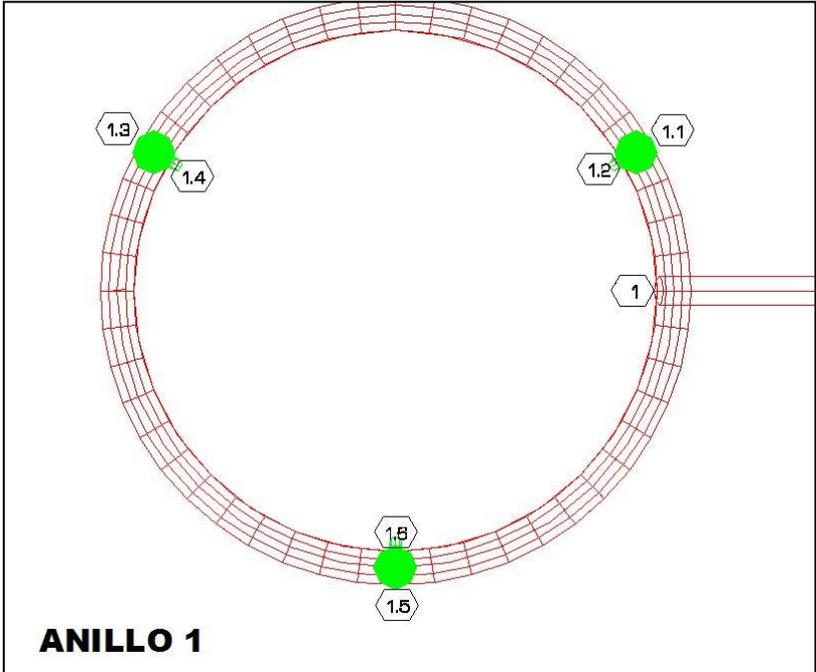


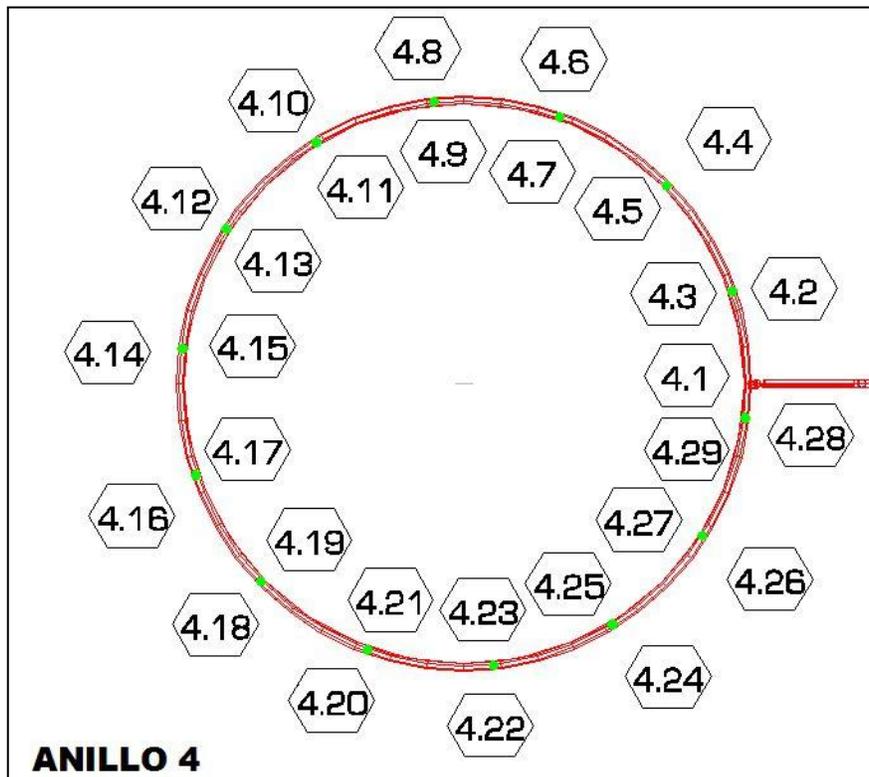
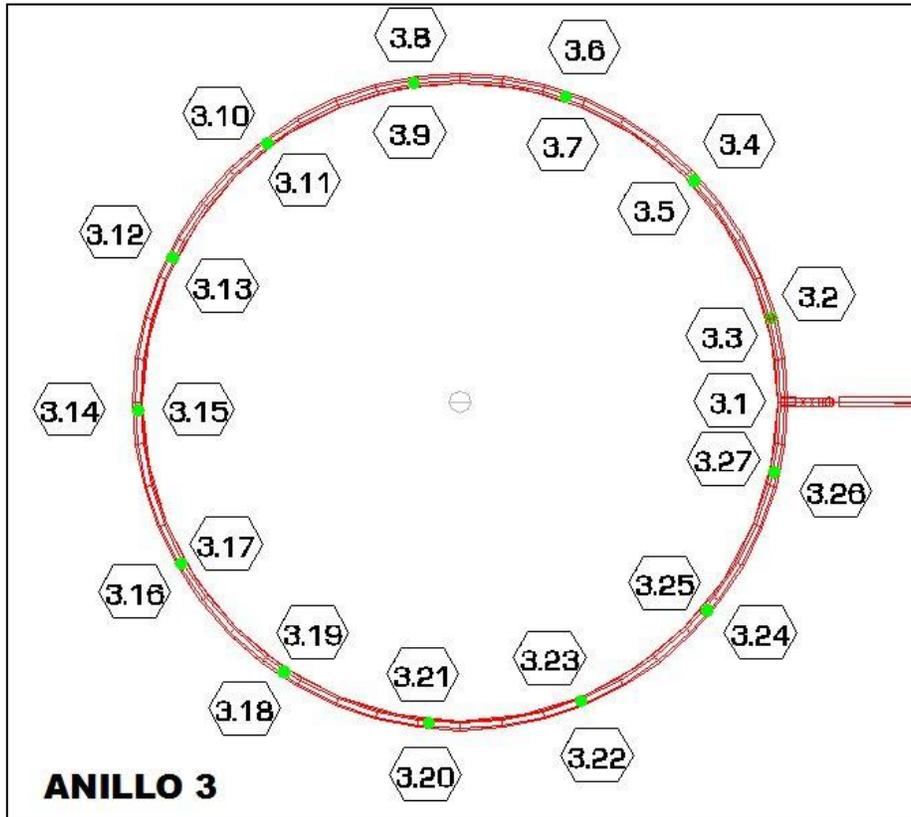
7.3. Nodos y simulación hidráulica

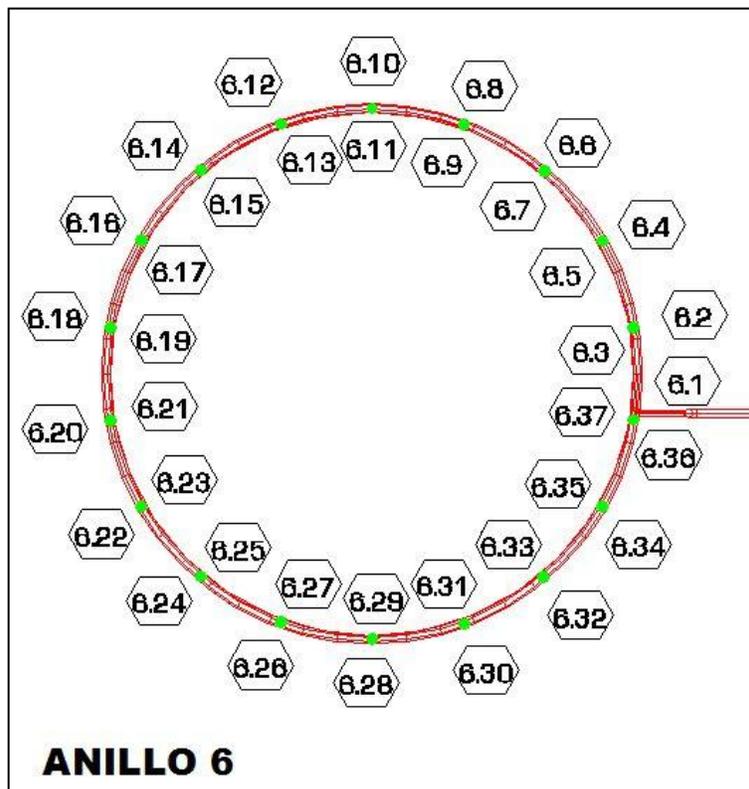
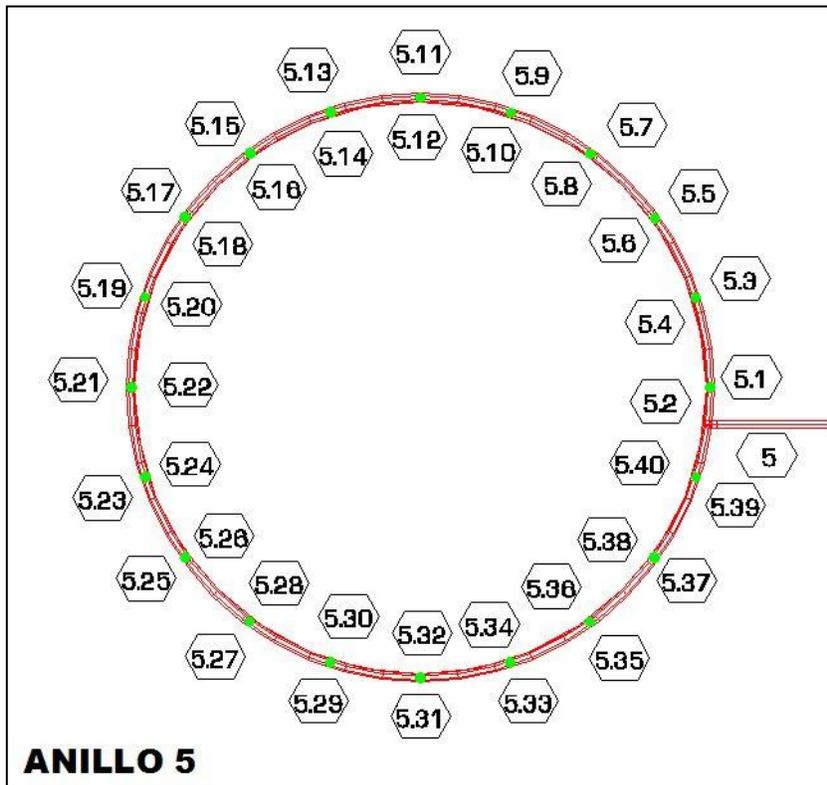
Una vez que se ha efectuado la selección y distribución de boquillas es necesario dimensionar las tuberías de los anillos y de los ramales de alimentación, lo que requiere tomar el plano de la esfera y “nodarlo”. Se entiende como “nodo” cada uno de los puntos sobre la red en donde existe una conexión con más de 3 vías o caminos por donde pueda fluir el agua (T’s, cruces); los sitios en donde existe un cambio de diámetro en una misma línea; los puntos en donde se presenta un cambio de material de tubería (ej: cambio de acero al carbón o a polietileno de alta densidad (PEAD) o bien, al enterrar una tubería); y finalmente también se deben considerar nodos aquellos puntos a través de los cuales se hará fluir agua durante la simulación hidráulica (boquillas abiertas, rociadores, salidas de hidrantes, monitores, etc).

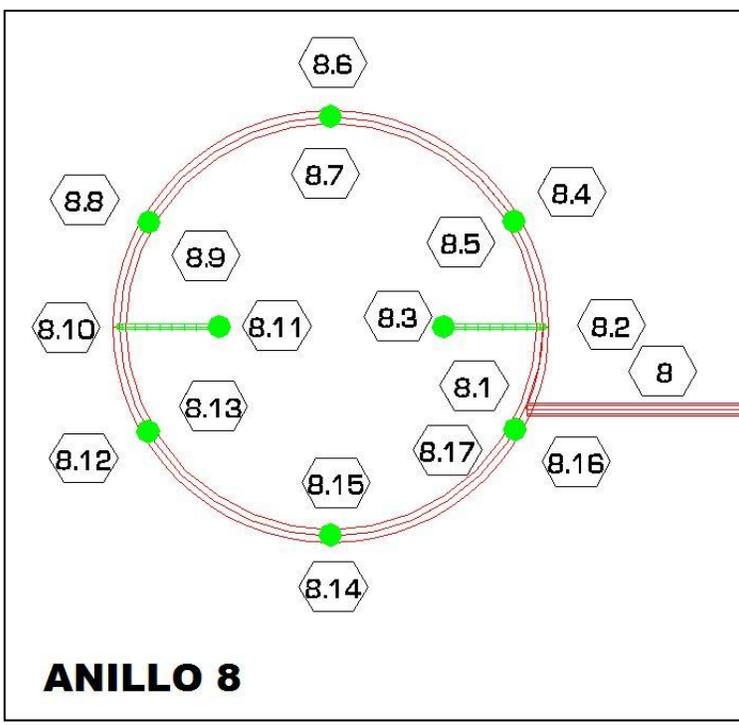
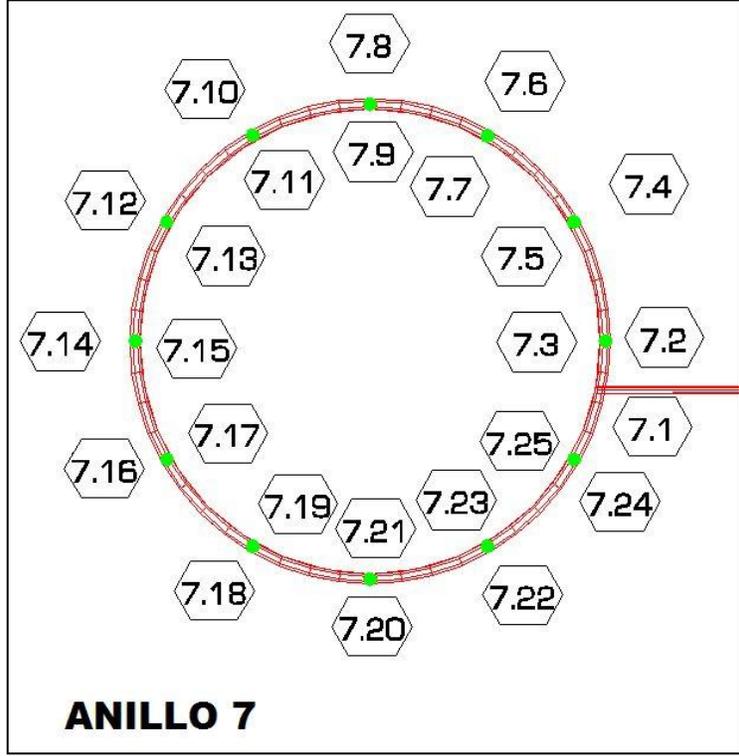
La metodología de nodación consiste en tomar un punto inicial (la alimentación al sistema es lo más recomendable) y numerar los nodos tomando en cuenta la dirección lógica del flujo. En los nodos de la red se utilizan números enteros, para los nodos que son salidas de agua en la simulación hidráulica es posible usar alguna literal para darles distinción y ubicación (ej: el nodo ubicado en un hidrante con número 10 puede denominarse H10).

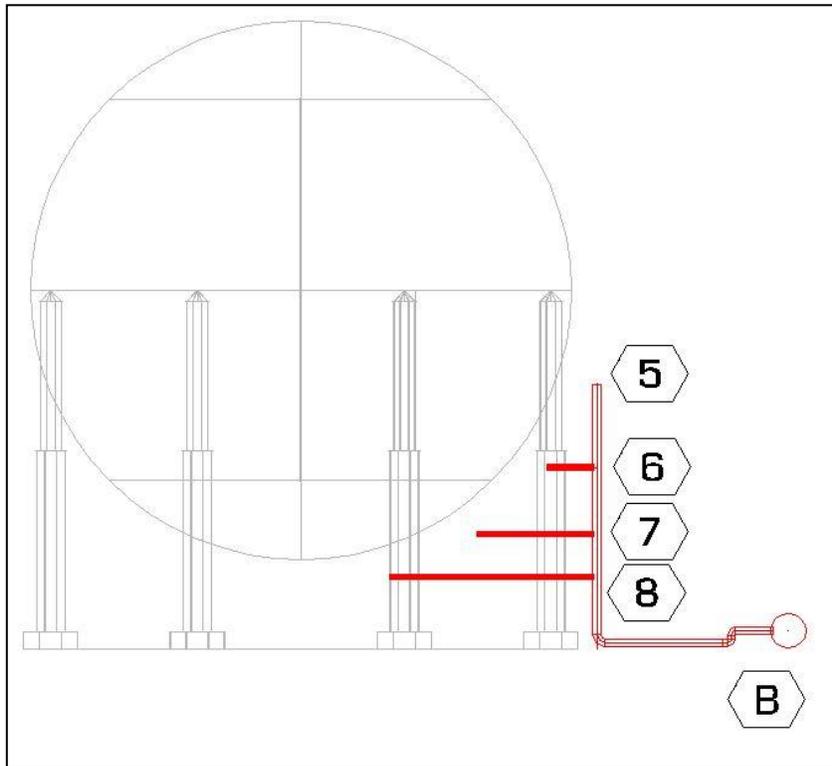
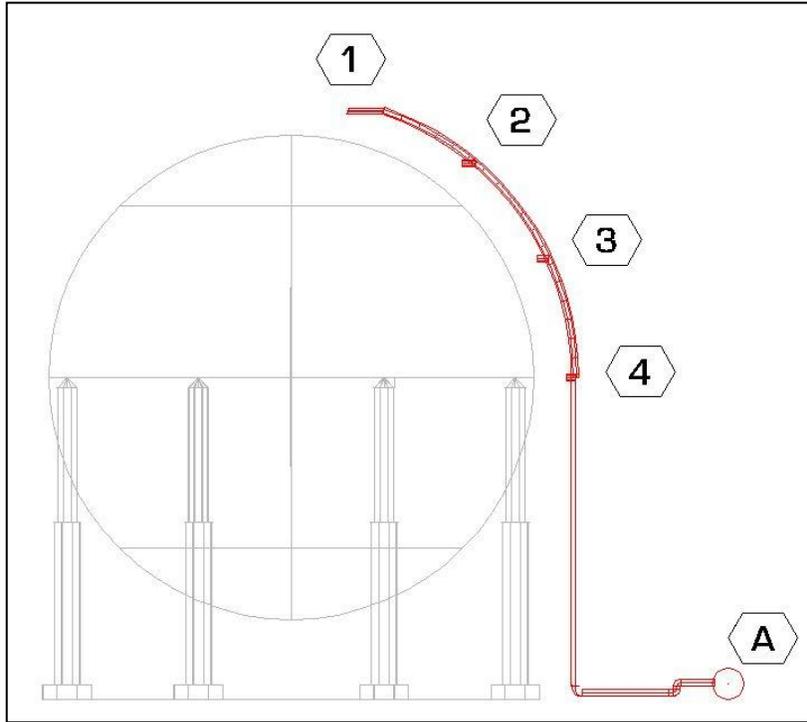
La nodación de la esfera requiere se considere que se tiene una alimentación y varios anillos, lo que implica seguir un orden estricto. De ahí que se deba tomar el número del anillo que se esté nodando seguido de un punto y el nodo correspondiente con una numeración a partir del 1; es decir, la nodación en el anillo 1 se numerará partiendo desde la alimentación del mismo hacia las boquillas: 1.1, 1.2, 1.3, etc. En la numeración se toman en cuenta las T's que alimentan cada una de las boquillas y la boquilla como nodo de salida de agua. Lo anterior se ilustra en los siguientes esquemas que muestran todos los anillos con su numeración en los nodos así como también las alimentaciones.











Es importante mencionar que la alimentación a los anillos del sistema de aspersión se realizó en dos segmentos: un cabezal de alimentación A para los cuatro (4) anillos superiores y la alimentación B para los cuatro (4) anillos inferiores. Con ello se responde a una necesidad operativa que implique determinar qué segmento debe ser enfriado y evitar así el desperdicio de agua. Adicionalmente, esta solución reduce el diámetro de la tubería, lo que no se daría si se tratara de una sola alimentación para todos los anillos.

Las simulaciones hidráulicas se llevan a cabo utilizando un programa especializado en sistemas y redes contra incendios llamado "The Sprinkler Program 2001", elaborado por FPE Software Inc. en el año 2001. Cabe resaltar que este programa emplea como unidades base las del Sistema Inglés, por tanto los valores que se manejan para las simulaciones serán en dicho sistema de pesas y medidas.

Para la simulación hidráulica del sistema completo se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones, que se tomarán como aproximaciones para efecto del diseño del sistema objeto de este trabajo:

- a. La esfera de almacenamiento se encuentra ubicada en un dique de contención exclusivo, por tanto, el sistema de activación y la alimentación son exclusivos para esta esfera.
- b. La distancia desde el sistema de activación del sistema de aspersión hasta el punto de conexión a la red general, llamado en este caso RED, será de **150 m (492 pies)** con una tubería de ¹⁵**14"** de diámetro, en tramo recto.

¹⁵ Las redes utilizadas generalmente en instalaciones de PEMEX tienen cuando menos este diámetro.

- c. Las tuberías a utilizar son de acero al carbón ASTM A53 Gr. B **cédula 40** desde la red general hasta el sistema de activación, se utilizará un Factor C de ¹⁶**120** para estos tramos, que corresponde a una tubería nueva.
- d. A partir del sistema de activación hacia las alimentaciones y los anillos se utilizará acero inoxidable ASTM A312 **cédula 40**, para este material el Factor C será de ¹⁷**150**, para tubería nueva de este material.
- e. Para llevar a cabo las simulaciones hidráulicas es necesario ingresar al programa los valores de longitudes equivalentes de todos los accesorios que se utilizan, tales como T's, codos de 90° y 45°, cruces, válvulas, etc.; los cuales se muestran en la **fig. 3**.
- f. El programa permite elegir cómo calcular los sistemas y redes que se introducen: por demanda o por suministro. Para hacer el cálculo por "**demanda**" se ingresa un valor mínimo requerido: la presión mínima de 30 psi en la boquilla hidráulicamente más alejada y una densidad de aplicación de 0.25 gpm/pie². Con estos datos el programa calcula las caídas de presión a lo largo de todos los tramos y anillos para finalmente dar la presión y caudal en el punto de alimentación (RED); información que cumple con los requerimientos mínimos establecidos. Generalmente se emplea esta metodología para el diseño de sistemas nuevos. Por "**suministro**" el programa requiere introducir los datos de la curva de una bomba y así calcular la capacidad que tiene dicha bomba para cubrir los requerimientos mínimos establecidos en las bases de diseño. Esta metodología se utiliza principalmente para la evaluación de redes y sistemas existentes. La simulación de nuestro sistema se realizará por demanda, lo que permitirá

¹⁶ Tabla 8.5.3.10 *Valores C para tubería, fórmula Hazen-Williams*, de la NFPA 15, edición 2007.

¹⁷ Tabla 8.5.3.10 *Valores C para tubería, fórmula Hazen-Williams*, de la NFPA 15, edición 2007.

establecer los requerimientos de caudal y presión en el punto RED de conexión con la red general contra incendios.

Fitting Equivalent Length Data

Table #: 1
 Title: NFPA13 Equivalent Schedule 40 Lengths
 Apply diameter factor (per NFPA13, 1999, 8-4.3.1)? Yes
 Apply HWC factor (per NFPA13, 1999, 8-4.3.2)? Yes

Diam	EE	E	Lt.E	Cr	T	GV	BV	DelV	ALV	DPV	CV	WCV	
H	0.83	1.00	0.50	3.00	3.00	0.00	0.00	23.31	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00
3/4	1.00	2.00	1.00	4.00	4.00	0.00	0.00	30.92	0.00	0.00	9.27	0.00	0.00
1	1.00	2.00	2.00	5.00	5.00	0.80	0.00	39.33	0.00	0.00	11.80	0.00	0.00
1 1/4	1.00	3.00	2.00	6.00	6.00	0.80	0.00	51.75	0.00	0.00	15.52	0.00	0.00
1 1/2	2.00	4.00	2.00	8.00	8.00	1.00	0.00	60.39	0.00	0.00	18.12	0.00	0.00
2	2.00	5.00	3.00	10.00	10.00	1.00	6.00	77.49	0.00	0.00	23.25	0.00	0.00
2 1/2	3.00	6.00	4.00	12.00	12.00	1.00	7.00	96.28	0.00	0.00	27.80	0.00	0.00
3	3.00	7.00	5.00	15.00	15.00	1.00	10.00	115.07	0.00	0.00	34.52	0.00	0.00
3 1/2	3.00	8.00	5.00	17.00	17.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.90	0.00	0.00
4	4.00	10.00	6.00	20.00	20.00	2.00	12.00	150.49	0.00	0.00	45.30	0.00	0.00
5	5.00	12.00	8.00	25.00	25.00	2.00	9.00	0.00	0.00	0.00	56.78	0.00	0.00
6	7.00	14.00	9.00	30.00	30.00	3.00	10.00	227.43	0.00	0.00	68.23	0.00	0.00
8	9.00	18.00	13.00	35.00	35.00	4.00	12.00	299.29	0.00	0.00	89.79	0.00	0.00
10	11.00	22.00	16.00	50.00	50.00	5.00	19.00	375.75	0.00	0.00	112.73	0.00	0.00
12	13.00	27.00	18.00	60.00	60.00	6.00	21.00	448.43	0.00	0.00	134.53	0.00	0.00
14	17.50	32.80	0.00	65.62	65.62	14.22	43.75	0.00	0.00	0.00	147.65	0.00	0.00
16	20.00	37.50	0.00	75.00	75.00	16.25	50.00	0.00	0.00	0.00	168.75	0.00	0.00
18	22.50	42.19	0.00	84.38	84.38	18.28	56.25	0.00	0.00	0.00	189.85	0.00	0.00
20	25.08	47.03	0.00	94.07	94.07	20.38	62.71	0.00	0.00	0.00	211.65	0.00	0.00
24	30.17	56.56	0.00	113.13	113.13	24.51	75.42	0.00	0.00	0.00	254.54	0.00	0.00

Units = feet

Label	Description
EE	45 degree elbow
E	90 degree standard elbow
Lt.E	90 degree long-turn elbow
Cr	Cross (flow turned 90 degrees)
T	Tee (flow turned 90 degrees)
GV	Gate valve
BV	Butterfly valve
DelV	Deluge valve
ALV	Alarm valve
DPV	Dry pipe valve
CV	Swing check valve
WCV	Butterfly (wafer) check valve

Fig. 3

La introducción de los datos al programa se realiza de la siguiente manera:

- El programa tiene en su pantalla inicial o *Input* una ventana para ingresar los nodos y la relación que existe entre ellos, es decir, se establecen las conexiones entre nodos, la longitud entre ellos, accesorios, diámetros, la cédula o tipo de tubería a utilizar y el Factor C correspondiente.
- En otra ventana ubicada dentro de la pantalla inicial se ingresa información de cada uno de los nodos: elevación con respecto al

nivel de piso (para las caídas o ganancias de presión por elevación), el factor K en $\text{gpm/psi}^{1/2}$ en cada nodo que represente en este caso una boquilla de aspersión, el área de cobertura por cada una de las boquillas y finalmente agregar un caudal determinado para mangueras.

- Se debe ingresar también el nodo que representa la alimentación inicial a la red o sistema que se va a simular.
- Cuenta también con una sección para anotar los datos de la(s) curva(s) de la(s) bomba(s) del sistema, esto es indispensable cuando se utiliza la metodología de suministro.

Las tablas con los datos iniciales que se ingresaron al programa se muestran en el Anexo C. La pantalla inicial para ingresar los datos se muestra en la **fig. 4**.

Uno de los objetivos principales de realizar esta simulación es el dimensionamiento de las tuberías del sistema ya que se busca la optimización entre el diámetro de la tubería contra la caída de presión que genera, lo que finalmente se ve reflejada en la presión mínima requerida en el punto de conexión. Para el caso de redes de agua contra incendios, a diferencia de flujo de fluidos para procesos u otras aplicaciones, no se consideran fundamentales las velocidades de los flujos, por lo tanto, no es una variable fundamental para la optimización de los diámetros.

Pipe Row	Begin Node	End Node	Length (feet)	Diameter (inches)	Type	Fittings	"C" Value	St	Sh	FD
1	RED1	RED	492.000	14	40		120	-		
2	RED	A	19.600	10	40	2GV DeIV	120	-		
3	A	B	3.240	10	40		150	-		
4	A	4	44.490	8	40	T 3E GV	150	-		
5	4	3	11.900	6	40		150	-		
6	4	4.1	0.160	4	40	T	150	-		
7	4.1	4.2	8.810	3	40	T	150	-		
8	4.1	4.28	3.230	3	40		150	-		
9	4.2	4.3	0.820	1	40	T	150	-		
10	4.2	4.4	11.860	3	40		150	-		
11	4.4	4.5	0.820	1	40	T	150	-		
12	4.4	4.6	11.860	3	40		150	-		
13	4.6	4.7	0.820	1	40	T	150	-		
14	4.6	4.8	11.860	3	40		150	-		
15	4.8	4.9	0.820	1	40	T	150	-		
16	4.8	4.10	11.860	3	40		150	-		
17	4.10	4.11	0.820	1	40	T	150	-		

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2})	Area (sqft)	Hose (gpm)
1	RED1	0.000	0.00	0.00	0.00
2	RED	0.000	0.00	0.00	0.00
3	A	0.000	0.00	0.00	0.00
4	B	0.000	0.00	0.00	0.00
5	4	31.040	0.00	0.00	0.00
6	3	43.660	0.00	0.00	0.00
7	4.1	31.040	0.00	0.00	0.00
8	4.2	31.040	0.00	0.00	0.00
9	4.3	31.040	7.20	0.00	0.00
10	4.4	31.040	0.00	0.00	0.00
11	4.5	31.040	7.20	0.00	0.00
12	4.6	31.040	0.00	0.00	0.00
13	4.7	31.040	7.20	0.00	0.00
14	4.8	31.040	0.00	0.00	0.00
15	4.9	31.040	7.20	0.00	0.00
16	4.10	31.040	0.00	0.00	0.00
17	4.11	31.040	7.20	0.00	0.00

Source Row	Node	Static (psi)	Residual (psi)	Flow (gpm)	HSA (gpm)
1	RED1	0.00	0.00	0.00	0.00

Pump #	Suction Node	Discharge Node
1		
2		
3		
4		
5		

FDPLD #	In Node	Out Node
1		
2		
3		
4		
5		

Fig. 4

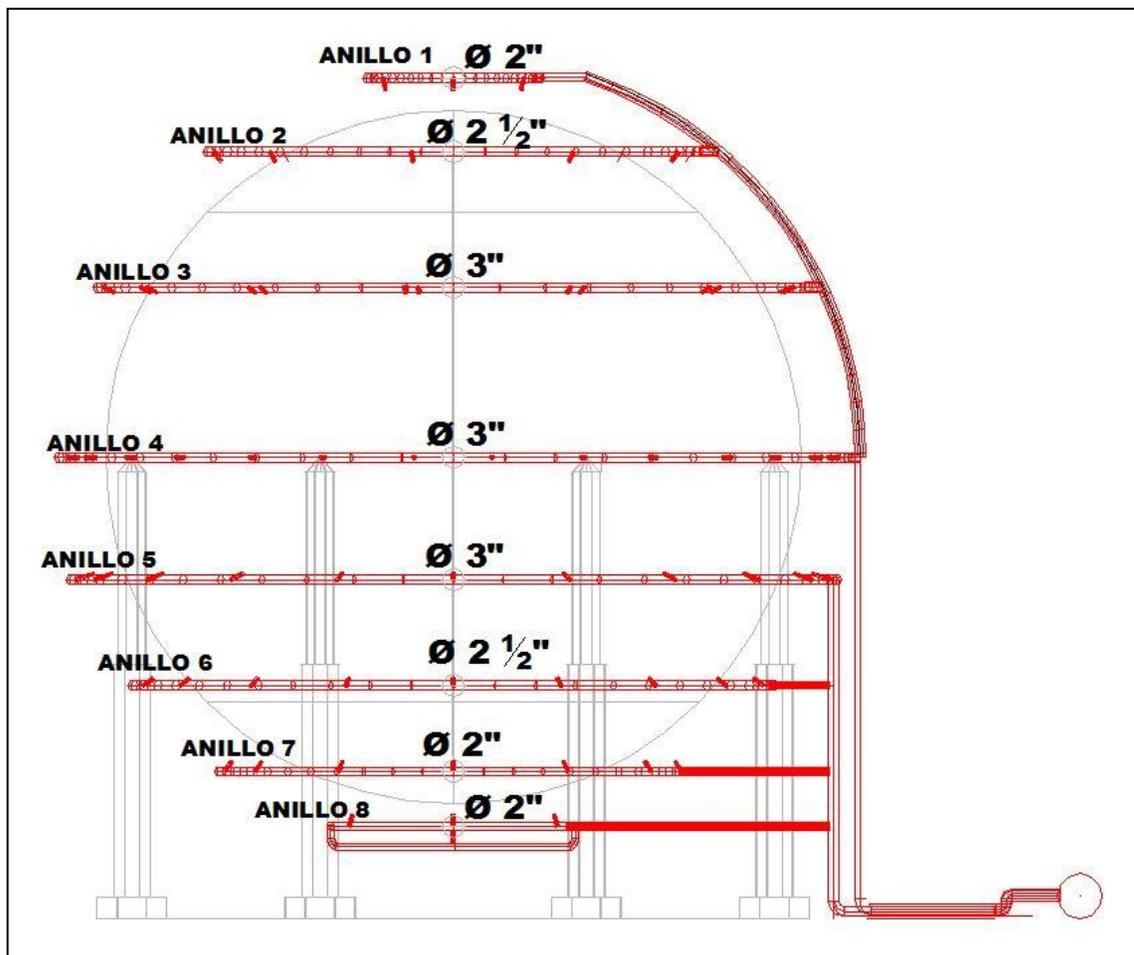
7.4. Resultados de la simulación hidráulica

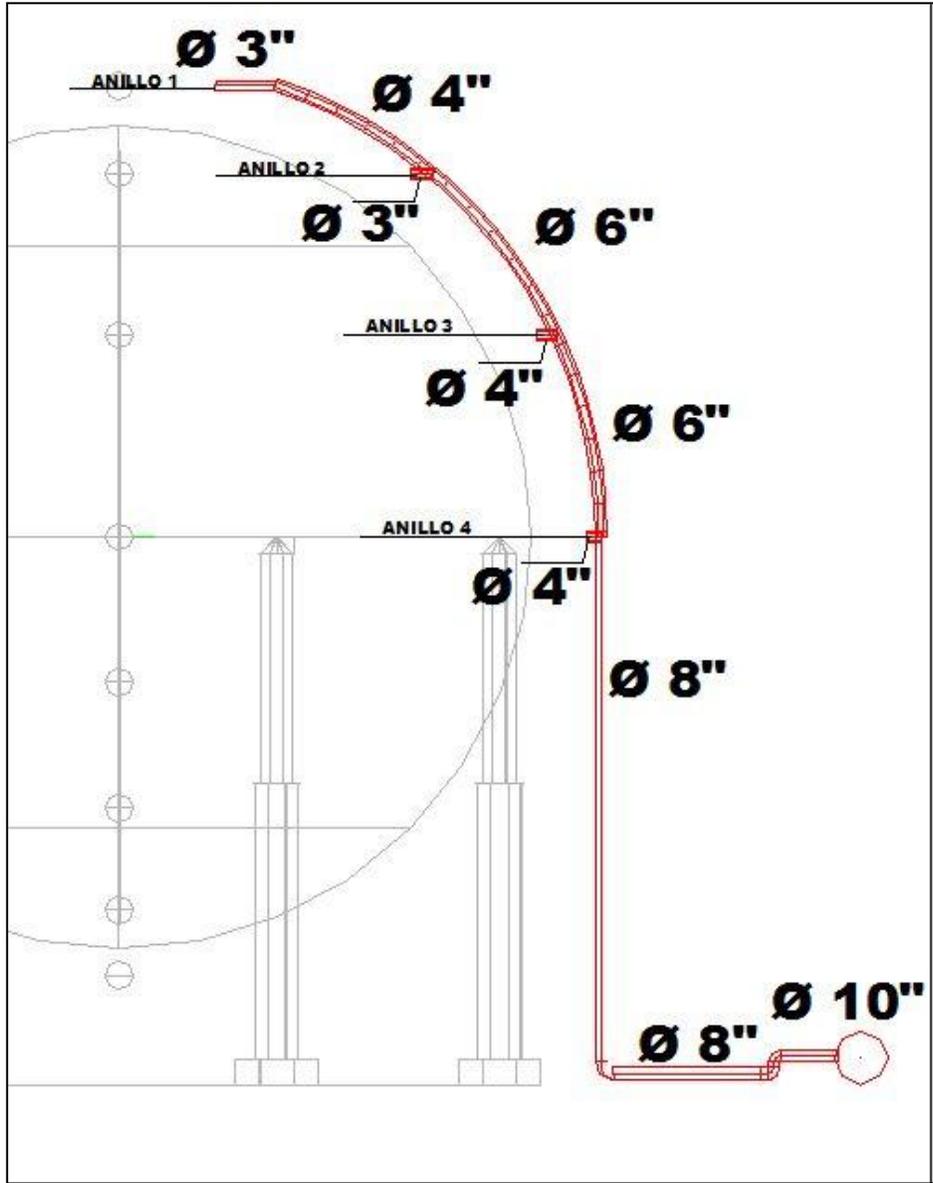
A continuación se presenta una tabla de resumen hidráulico en donde se muestran los resultados finales obtenidos a través de la simulación hidráulica del sistema propuesto de anillos para la protección de una esfera, los resultados se pueden consultar en el Anexo D.

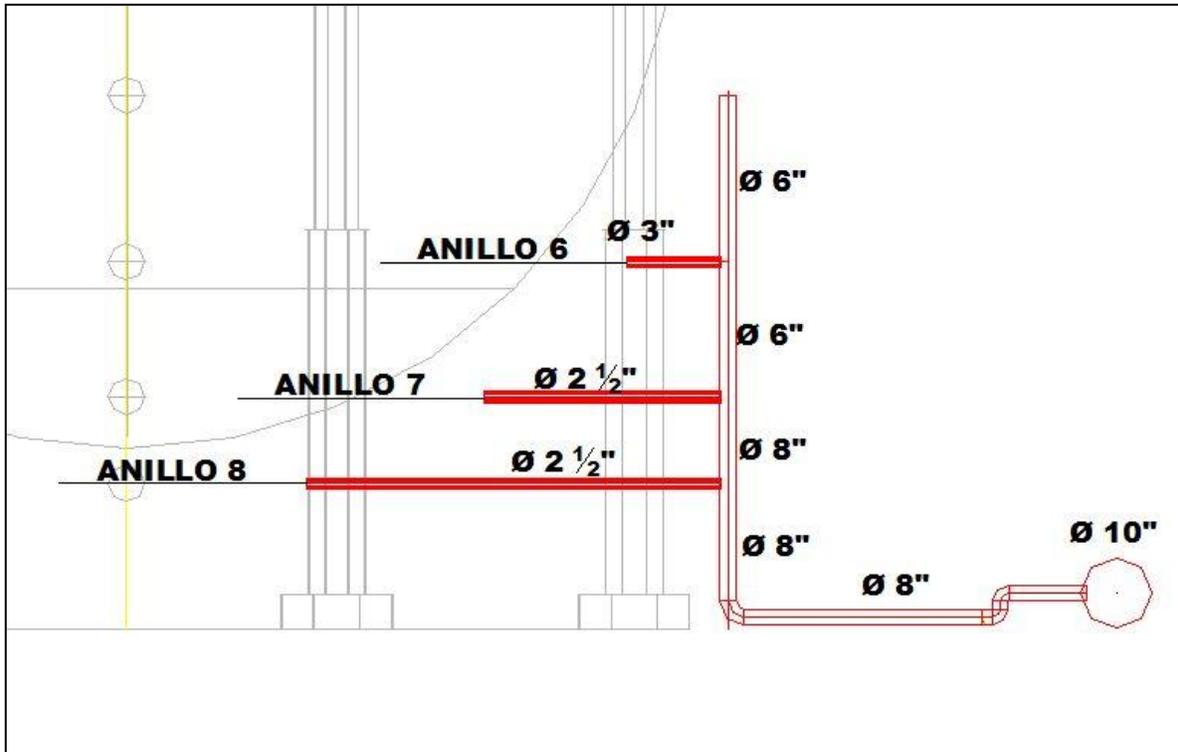
Planta	Almacenamiento de Gas L.P.
Equipo	Tanque esférico de almacenamiento de Gas L.P.
Bases de diseño	
Marca de boquilla	Viking
Modelo de boquilla	E vk-815 ; E vk-817
Ángulo de cobertura	140° ; 180°
Presión de diseño	30 psi (206.8 kPa)
Factor K de diseño	5.6 ; 7.2
Densidad de diseño	0.25 gpm/pie ² (10.2 (L/min)/m ²)
Requerimientos del sistema con base a simulación hidráulica	
Caudal requerido	3,712.23 gpm (14,052.32 L/min)
Presión en punto de conexión	80.85 psi (557.44 kPa)
Resultados de simulación hidráulica	
Nodo más remoto	2.9 ; 2.11
Densidad en el nodo más remoto	0.30 gpm/pie ² (12.2 (L/min)m ²)
Presión en el nodo más remoto	30 psi (206.8 kPa)
Caudal en el nodo más remoto	39.44 gpm (149.3 L/min)
Características por anillo (Número y modelo de boquillas)	
Anillo 1	3 boquillas E vk-817
Anillo 2	9 boquillas E vk-817
Anillo 3	13 boquillas E vk-817
Anillo 4	14 boquillas E vk-817
Anillo 5	20 boquillas E vk-815
Anillo 6	18 boquillas E vk-815
Anillo 7	12 boquillas E vk-815
Anillo 8	8 boquillas E vk-815
Total de boquillas	97

Como se puede apreciar en la tabla de resumen hidráulico, la simulación cumple con los requerimientos normativos mínimos con respecto a la densidad mínima de aplicación, cobertura total de la superficie de la esfera y la presión requerida del sistema. Esta última es relativamente fácil de cubrir en redes que estén diseñadas adecuadamente, debido a que deben proporcionar cuando menos 100 psi (689.5 kPa) en el hidrante hidráulicamente más remoto. Consecuentemente, las 80.85 psi (557.44 kPa) requeridas en el diseño de nuestro sistema están cubiertas.

Al finalizar la optimización de los diámetros a través de las simulaciones hidráulicas, éstos quedan de la siguiente manera:







7.5. Sistema de activación

En todos los casos, las instalaciones de almacenamiento de Gas L.P. deben contar con un sistema de detección de llama o detección de calor. En estos sistemas se da una señal a través de un tablero central que debe estar ubicado en el cuarto de control permanentemente supervisado por personal operativo. Una vez que se recibe la señal de alarma se deben activar los sistemas de emergencia, los cuales incluyen los sistemas contra incendios. Los sistemas de detección y alarma deben diseñarse de acuerdo con lo establecido en la NFPA 72 Código Nacional de Alarmas de Incendio.

Los sistemas de aspersion de agua contra incendios que protegen las esferas de almacenamiento deben tener un sistema de activación confiable y que no ponga en riesgo al personal operativo. Estos sistemas pueden ser de dos (2) tipos:

- a) Activación automática a través del sistema de detección y alarma;
- b) Activación manual, local o remota.

Cualquiera de las dos opciones debe proveer los medios para que el sistema se pueda activar de manera manual local, lo que permitirá la operación de los sistemas en caso de falla de la comunicación en los sistemas de activación automática o manual remota.

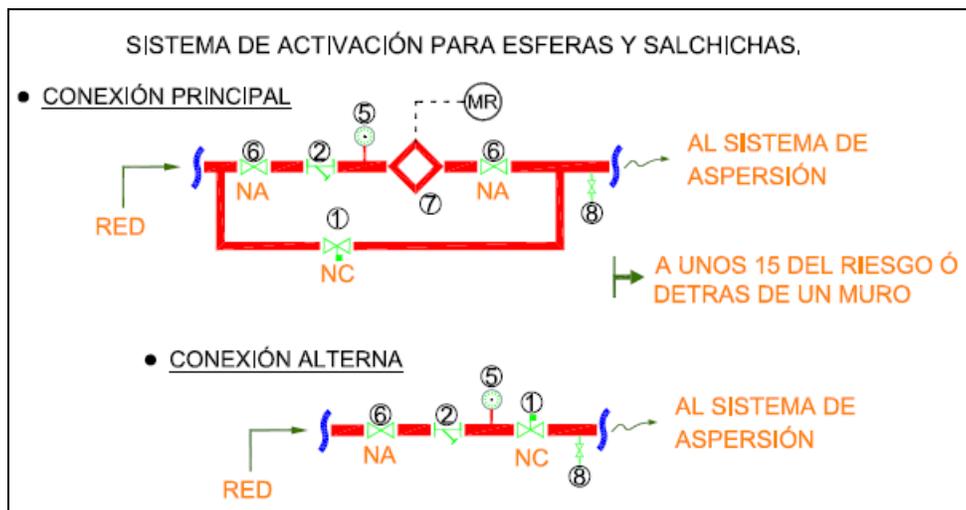
Los sistemas de activación automática deben estar conectados a un sistema confiable de detección y alarma, ya que una falla en este último derivaría en una no activación del sistema de aspersión. Por su parte, los sistemas manuales ya sea de operación remota o local, tienen como condicionante el depender del factor humano, es decir, su activación está sujeta a que el operador reciba la señal de alarma y pueda activar el sistema. El gran riesgo en este caso consiste en la falta de supervisión permanente del lugar donde se instalen los controles lo que puede ocasionar un tiempo de retardo en la activación y por tanto la efectividad del sistema no será la misma.

Para el sistema de aspersión de este diseño, se propone un sistema de activación manual remota con posibilidad de activación manual local. Para garantizar el suministro de agua hacia el sistema es necesario que cuente con dos (2) alimentaciones independientes, es decir, que tenga doble conexión a la red general contra incendios de la instalación en dos (2) puntos distintos. Esto permitirá que en caso de algún daño en una de las alimentaciones pueda ser bloqueada con válvulas de corte y seguir teniendo disponibilidad de agua para el sistema.

Los sistemas de activación deben estar conformados por los siguientes accesorios que se enlistan junto con su simbología:

1. Válvula mariposa indicadora. 
2. Filtro tipo Y con válvula para drenaje. 
3. Válvula check. 
4. Conexión para bomberos: 2 válvulas mariposa de 2½" terminada en boca de 2½" con tapa. 
5. Manómetro de 0 - 200 psi. 
6. Válvula de compuerta con vástago ascendente OS&Y. 
7. Válvula de diluvio. 
8. Drenaje. 

Con respecto a los accesorios arriba mencionados, se propone la siguiente distribución de las dos conexiones que conforman el sistema de activación.



Todos los accesorios mencionados deben ser listados y/o aprobados para uso en sistemas de agua contra incendios.

Los sistemas de activación deben estar ubicados a no menos de 15 m del riesgo y preferentemente deben estar protegidos físicamente por un muro, columna o alguna estructura que pueda proteger tanto al sistema de activación como al operador en caso de que sea de tipo manual local.

Las válvulas de diluvio, que en este caso son de 10 pulgadas, pueden ser activadas de las siguientes maneras:

- Eléctricamente.
- Electro-neumáticamente.
- Neumáticamente.
- Hidráulicamente.

La elección del sistema para las válvulas de diluvio está en relación con los sistemas de detección que se posean, la confiabilidad de alimentación eléctrica y el tipo de sistema de aspersión. Para nuestro sistema de activación es conveniente instalar un sistema manual remoto con control eléctrico ON-OFF y que permita la posibilidad de operación manual local.

Adicionalmente al sistema de activación y de acuerdo a lo comentado anteriormente, es necesario instalar dos (2) válvulas de compuerta con vástago ascendente OS&Y listada UL de 8", para operar ambas secciones del sistema de aspersión de los hemisferios superior e inferior, de manera independiente, simultánea o, en caso de que se requiera mantenimiento en alguno de los anillos, no dejar totalmente sin agua el sistema.

La instalación de drenajes es necesaria ya que el sistema de aspersión es un sistema de tipo seco. Los drenajes deben ubicarse

posteriormente a los sistemas de activación, pero se debe verificar una vez concluida la instalación, si existe la posibilidad de que quede agua atrapada dentro del sistema; en tal caso se deberán instalar drenajes adicionales en las partes más bajas de las tuberías para poder vaciar el sistema.

El distanciamiento entre soportes para las tuberías debe estar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tamaño de tubería		Distancia entre soportes	
Pulg.	mm	pies	m
1	25	10	3.048
1½	40	12	3.658
2	50	14	4.267
2½ - 8	62 - 200	15	4.572

8. Conclusiones

La propuesta presentada para el diseño de un sistema de aspersión para un recipiente esférico que contiene Gas L.P., nos permite concluir lo siguiente:

- Es importante enfatizar que este diseño comprende únicamente la ingeniería básica del sistema de aspersión para la esfera, esto representa la primera etapa del proyecto. Sin embargo, consideramos que es un aporte importante para un futuro desarrollo completo de la ingeniería de este sistema, es decir, para la ingeniería de detalle, etapa durante la cual se establecen y definen elementos constructivos y de instalación tales como soportería, instalación de los anillos sobre la esfera y todos los conceptos de ingeniería civil requeridos pueden ser abarcados en proyectos futuros que utilicen este documento como base.
- Los recipientes esféricos deben ser protegidos con sistemas de aspersión con la finalidad de brindar un enfriamiento al producto que contienen (en este caso Gas L.P.) así como evitar el debilitamiento de la superficie metálica que pueda derivar en una catástrofe por falla mecánica.
- Los sistemas de aspersión deben diseñarse con base en la normatividad nacional (STPS, PEMEX, SENER) y en caso de que la información requerida sea insuficiente o no se encuentre se podrá recurrir a normas, códigos o publicaciones internacionales (API, NFPA, ASTM, ASME, IP, AWWA). Durante el desarrollo de este diseño se han utilizado las emitidas por la NFPA y API, específicamente la NFPA 15 *Standard para Sistemas Fijos de Aspersión de Agua para Protección Contra Incendios*, edición

2007, así como la publicación API 2030 *Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum Industry*, segunda edición 1998.

- Es importante destacar la necesidad de cubrir en la totalidad la superficie del recipiente a través de boquillas abiertas de aspersion de agua.
- El sistema que se diseñó cumple perfectamente con los requerimientos normativos de presión. Presión requerida **30 psi (206.8 kPa)** que es la presión obtenida en el nodo hidráulicamente más remoto. Es importante mencionar que conforme se aumente la presión suministrada en el punto de conexión a la red, con referencia a la mínima requerida (80.85 psi (557.44 kPa)) la presión en dicho nodo será mayor.
- El sistema cubre también la densidad mínima de diseño requerida de **0.25 gpm/pie² (10.2 (L/min)/m²)** ya que se obtiene una densidad de aplicación de **0.30 gpm/pie² (12.2 (L/min)m²)**.
- Asimismo, se cumple con el caudal total mínimo teórico (Q_{Tt}) de **7,461.7 L/min (1,954.08 gpm)** ya que se suministran **3,712.23 gpm (14,052.32 L/min)**.
- La cobertura del recipiente esférico se hace a través de dos (2) secciones del sistema, dividido para dar cobertura a los hemisferios superior e inferior, ya que permite que la distribución de agua sea de manera más uniforme y eficiente entre los anillos, dando como consecuencia una óptima reducción en los diámetros de las tuberías de alimentación.

9. Bibliografía

"Principios de protección contra incendios"

COTE, Arthur y BUGBEE, Percy

Editorial CEPREVEN

Madrid, España, primera edición en español, 1993.

"Principios de la química de protección contra incendios"

TUVE, Richard L.

Editorial CEPREVEN

Madrid, España, primera edición en español, 1993.

"Manual de protección contra incendios"

Editorial MAPFRE, S.A.

España, cuarta edición en español correspondiente a la decimoséptima edición en inglés, abril 2001.

"Química"

CHANG, Raymond

Editorial McGraw Hill

Distrito Federal, México, 4ª edición, 1995.

"Transferencia de calor"

HOMAN, J.P.

Editorial McGraw Hill

España, 8ª edición, 1ª edición en español, 1998

10. ANEXOS

10.1. ANEXO A HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS L. P. (PEMEX)

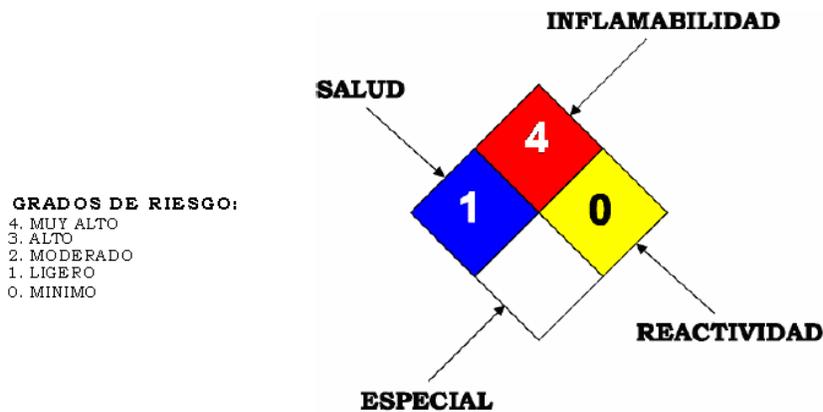
**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
 PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS**

**GAS LICUADO DEL
 PETRÓLEO**

TELÉFONOS DE EMERGENCIA (LAS 24 HORAS):

PEMEX Centro de Control del Sistema Nacional de Ductos: 01-800-012 2900 01-800-839 8000 1944-6090, 1944-6091 y 1944-6092	CENTRAL DE FUGAS DE GAS LP D.F. y Área Metropolitana: 5353-2515, 5353-2823, 5353-2763	SETIQ Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química D.F. y Área Metropolitana: 5559-1588 En la República Mexicana: 01-800-0021400	CENACOM Centro Nacional de Comunicaciones D.F. y Área Metropolitana 51280056, 51280000, Ext. 11470-11476	COATEA Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (PROFEPA) 2615-2045, 5449-6391, 5449-6300 Ext. 16296
--	---	---	---	---

Rombo de Clasificación de Riesgos



1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

1. Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No: HDSSQ-LPG	4. Familia Química: Hidrocarburos del Petróleo
2. Nombre del producto: Gas licuado comercial, odorizado	5. Fórmula: C ₃ H ₈ + C ₄ H ₁₀
3. Nombre Químico: Mezcla Propano-Butano.	6. Sinónimos: Gas LP, LPG, gas licuado del petróleo.

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

1.Nombre de los componentes	%	2. No. CAS	3. No. UN	4. LMPE: PPT, CT	5. IPVS	6. Grado de riesgo			
						S	I	R	Especial
Propano	60	74-98-6	1075	Asfixiante Simple	2100 ppm	1	4	0	
Butano	40	106-97-8	1011	PPT: 800 ppm	---	1	4	0	
Etil-mercaptano (odorizante)	0.0017 – 0.0028	75-08-1	2363	PPT: 0.95 ppm CT: 2 ppm	500 ppm	2	4	0	

3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

HR: 3 (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas licuado tiene un nivel de riesgo alto, sin embargo, cuando las instalaciones se diseñan, construyen y mantienen con estándares rigurosos, se consiguen óptimos atributos de confiabilidad y beneficio. La LC₅₀ (Concentración Letal cincuenta de 100 ppm), se considera por la inflamabilidad de este producto y no por su toxicidad.

SITUACIÓN DE EMERGENCIA

Cuando el gas licuado se fuga a la atmósfera, vaporiza de inmediato, se mezcla con el aire ambiente y se forman súbitamente nubes inflamables y explosivas, que al exponerse a una fuente de ignición (chispas, flama y calor) producen un incendio o explosión. El múltiple de escape de un motor de combustión interna (435 °C) y una nube de vapores de gas licuado, provocarán una explosión. Las conexiones eléctricas domésticas o industriales en malas condiciones (clasificación de áreas eléctricas peligrosas) son las fuentes de ignición más comunes.

Utilícese preferentemente a la intemperie o en lugares con óptimas condiciones de ventilación, ya que en espacios confinados las fugas de LPG se mezclan con el aire formando nubes de vapores explosivos, éstas desplazan y enrarecen el oxígeno disponible para respirar. Su olor característico puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente, sin embargo el sentido del olfato se perturba a tal grado que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire (su densidad relativa es 2.01; aire=1).

EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

OSHA PEL: TWA 1000 ppm (Límite de exposición permisible durante jornadas de ocho horas para trabajadores expuestos día tras día sin sufrir efectos adversos)

NIOSH REL: TWA 350 mg/m³; CL 1800 mg/m³/15 minutos (Exposición a esta concentración promedio durante una jornada de ocho horas).

ACGIH TLV: TWA 1000 ppm (Concentración promedio segura, debajo de la cual se cree que casi todos los trabajadores se pueden exponer día tras día sin efectos adversos).

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

PEL: Permissible Exposure Limit.

CL: Ceiling Limit: En TLV y PEL, la concentración máxima permisible a la cual se puede exponer un trabajador.

TWA: Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8h, ppm ó mg/m³

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

REL: Recommended Exposure Limit.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

TLV: Threshold Limit Value.

Ojos: La salpicadura de una fuga de gas licuado nos provocará congelamiento momentáneo, seguido de hinchazón y daño ocular.

Piel: El contacto con este líquido vaporizante provocará quemaduras frías.

Inhalación: Debe advertirse que en altas concentraciones (más de 1000 ppm), el gas licuado es un asfixiante simple, debido a que diluye el oxígeno disponible para respirar. Los efectos de una exposición prolongada pueden incluir: dolor de cabeza, náusea, vómito, tos, signos de depresión en el sistema nervioso central, dificultad al respirar, mareos, somnolencia y desorientación. En casos extremos pueden presentarse convulsiones, inconsciencia, incluso la muerte como resultado de la asfixia.

Ingestión: En condiciones de uso normal, no es de esperarse. En fase líquida puede ocasionar quemaduras por congelamiento.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Ojos: La salpicadura de este líquido puede provocar daño físico a los ojos desprotegidos, además de quemadura fría; aplicar de inmediato y con precaución agua tibia. Busque atención médica inmediata.

Piel: Las salpicaduras de este líquido provocan quemaduras frías; deberá rociar o empapar el área afectada con agua tibia o corriente. No use agua caliente. Quítese la ropa y los zapatos impregnados. Solicite atención médica inmediata.

Inhalación: Si se detecta presencia de gas en la atmósfera, retire a la víctima lejos de la fuente de exposición, donde pueda respirar aire fresco. Si no puede ayudar o tiene miedo, aléjese de inmediato. Si la víctima no respira, inicie de inmediato la reanimación o respiración artificial (RCP = reanimación o respiración cardio-pulmonar). Si presenta dificultad al respirar, personal calificado debe administrar oxígeno medicinal. Solicite atención médica inmediata.

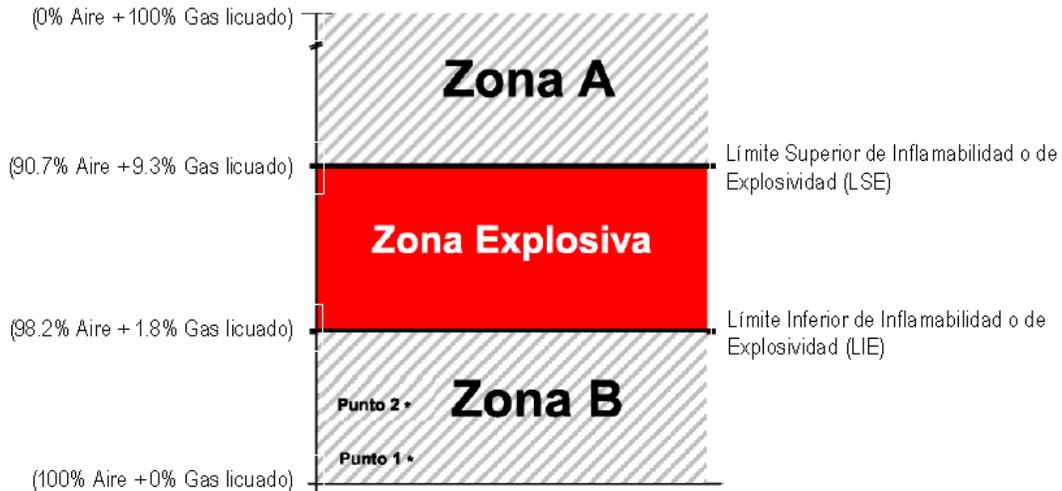
Ingestión: La ingestión de este producto no se considera como una vía potencial de exposición.

5. PELIGROS DE EXPLOSIÓN E INCENDIO

Punto de flash	- 98.0 °C	Punto de Flash: Una sustancia con un punto de flash de 38°C ó menor se considera peligrosa; entre 38° y 93°C, moderadamente inflamable; mayor a 93°C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del LPG (- 98°C) lo hace un compuesto sumamente peligroso.
Temperatura de ebullición	- 32.5 °C	
Temperatura de autoignición	435.0 °C	
Límites de explosividad:	<i>Inferior</i> 1.8 % <i>Superior</i> 9.3 %	

Mezcla Aire + Gas licuado

Zonas A y B. En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, a nivel práctico deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.



Punto 1 = 20% del LIE: Valor de ajuste de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas.

Punto 2 = 60% del LIE: Se ejecutan acciones de paro de bombas, bloqueo de válvulas, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

Medios de Extinción: Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono, agua esparcida para enfriamiento. Apague el fuego, solamente después de haber bloqueado la fuente de fuga.

Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios:

a) Fuga a la atmósfera de gas licuado, sin incendio:

Esta es una condición realmente grave, ya que el gas licuado al ponerse en contacto con la atmósfera se vaporiza de inmediato, se mezcla rápidamente con el aire ambiente y produce nubes de vapores con gran potencial para explotar violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para prevenir y responder a este supuesto escenario, son:

- Asegurar anticipadamente que la integridad mecánica y eléctrica de las instalaciones estén en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento).
- Si aún así llega a fallar algo, deben instalarse con precaución:
 - Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas sonoras y visuales.
 - Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, en prevención a la rotura de mangueras, etc., para actuarlas localmente o desde un refugio confiable (cuarto de control de instrumentos).
 - Redes de agua contra incendio permanentemente presionadas, con los sistemas de aspersión, hidrantes y monitores disponibles, con revisiones y pruebas frecuentes.
 - Extintores portátiles.

- Personal de operación, mantenimiento, seguridad y contraincendio altamente entrenado y equipado para atacar incendios o emergencias.
- Simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de manguera, rotura de ducto de transporte, etc.) y contraincendio.
- No intente apagar el incendio sin antes bloquear la fuente de fuga, ya que si se apaga y sigue escapando gas, se forma una nube de vapores con gran potencial explosivo. Pero deberá enfriar con agua rociada los equipos o instalaciones afectadas por el calor del incendio.

b) *Formación de una nube de vapores no confinada, con incendio:*

- Evacúe al personal del área y ponga en acción el Plan de Emergencia. En caso de no tener un plan de emergencia a la mano, retírese de inmediato lo más posible del área contrario a la dirección del viento.
- Proceda a bloquear las válvulas que alimentan gas a la fuga y ejecute las instrucciones operacionales o desfogues al quemador, mientras enfría con agua, tuberías y recipientes expuestos al calor (el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos, provoca presiones excesivas). No intente apagar el incendio sin antes bloquear la fuente de fuga, ya que si se apaga y sigue escapando gas, se forma una nube de vapores con gran potencial explosivo, lastimando al personal involucrado en las maniobras de ataque a la emergencia.

6. RESPUESTA EN CASO DE FUGA

En caso de fuga: Se deberá evacuar el área inmediatamente y solicitar ayuda a la Central de Fugas de su localidad. Mientras tanto, bloquear las fuentes de fuga y eliminar las fuentes de ignición, así como disipar la nube de vapores con agua esparcida para enfriamiento o mejor aún, con vapor de agua; además solicite ayuda a la Central de Fugas de Gas de su localidad.

7. PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Almacene los recipientes en lugares autorizados, (NOM-002-SEDG-1999, "Bodegas de Distribución de Gas LP en Recipientes Portátiles: Diseño, Construcción y Operación"), lejos de fuentes de ignición y de calor. Disponga precavidamente de lugares separados para almacenar diferentes gases comprimidos o inflamables, de acuerdo a las normas aplicables. Almacene invariablemente todos los cilindros de gas licuado, vacíos y llenos, en posición vertical, (con esto se asegura que la válvula de alivio de presión del recipiente, siempre esté en contacto con la fase vapor del LPG). No deje caer ni maltrate los cilindros. Cuando los cilindros se encuentren fuera de servicio, mantenga las válvulas cerradas, con tapones o capuchones de protección de acuerdo a las normas aplicables. Los cilindros vacíos conservan ciertos residuos, por lo que deben tratarse como si estuvieran llenos (NFPA-58, "Estándar para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados del Petróleo").

Precauciones en el Manejo: Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire y se pueden concentrar en lugares bajos donde no existe una buena ventilación para disiparlos. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas. Asegúrese que la válvula del contenedor esté cerrada cuando se conecta o se desconecta un cilindro. Si nota alguna deficiencia o anomalía en la válvula de servicio, desechese ese cilindro y repórtelo de inmediato a su distribuidor de gas. Nunca inserte objetos dentro de la válvula de alivio de presión.

8. CONTROLES CONTRA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

Ventile las áreas confinadas, donde puedan acumularse mezclas inflamables. Acate las medidas de seguridad indicadas en la normatividad eléctrica aplicable a este tipo de instalaciones (NFPA-70, "Código Eléctrico Nacional").

Protección Respiratoria: En espacios confinados con presencia de gas, utilice aparatos auto contenidos para respiración (SCBA o aqualung para 30 ó 60 minutos o de escape para 10 ó 15 minutos), en estos casos la atmósfera es inflamable ó explosiva, requiriendo tomar precauciones adicionales.

Ropa de Protección: Evite el contacto de la piel con el gas licuado debido a la posibilidad de quemaduras frías. El personal especializado que interviene en casos de emergencia, deberá utilizar chaquetones y equipo para el ataque a incendios, además de guantes, casco y protección facial, durante todo el tiempo de exposición a la emergencia.

Protección de Ojos: Se recomienda utilizar lentes de seguridad reglamentarios y, encima de éstos, protectores faciales cuando se efectúen operaciones de llenado y manejo de gas licuado en cilindros y/o conexión y desconexión de mangueras de llenado.

Otros Equipos de Protección: Se sugiere utilizar zapatos de seguridad con suela anti derrapante y casquillo de acero.

9. PROPIEDADES FÍSICAS / QUÍMICAS

Peso molecular	49.7
Temperatura de ebullición @ 1 atm	- 32.5 °C
Temperatura de fusión	- 167.9 °C
Densidad de los vapores (aire=1) @ 15.5 °C	2.01 (dos veces más pesado que el aire)
Densidad del líquido (agua = 1) @ 15.5 °C	0.540
Presión vapor @ 21.1 °C	4500 mmHg
Relación de expansión (líquido a gas @ 1 atm)	1 a 242 (un litro de gas líquido, se convierte en 242 litros de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de aproximadamente 11,000 litros).
Solubilidad en agua @ 20 °C	Aproximadamente 0.0079 % en peso (insignificante; menos del 0.1 %).
Apariencia y color	Gas insípido e incoloro a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorizante que le proporciona un olor característico, fuerte y desagradable.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad Química: Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

Condiciones a Evitar: Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso, así como de oxidantes fuertes.

Productos Peligrosos de Combustión: Los gases o humos, productos normales de la combustión son bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua. La combustión incompleta puede formar monóxido de carbono (gas tóxico), ya sea que provenga de un motor de combustión o por uso doméstico. También puede producir aldehídos (irritante de nariz y ojos) por la combustión incompleta.

Peligros de Polimerización: No polimeriza

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

El gas licuado no es tóxico; es un asfixiante simple que, sin embargo, tiene propiedades ligeramente anestésicas y que en altas concentraciones produce mareos. No se cuenta con información definitiva sobre características carcinogénicas, mutagénicas, órganos que afecte en particular, o que desarrolle algún efecto tóxico.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

El efecto de una fuga de GLP es local e instantáneo sobre la formación de oxidantes fotoquímicos en la atmósfera. No contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono (40 CFR Parte 82). No está en la lista de contaminantes marinos DOT (49 CFR Parte 1710).

13. CONSIDERACIONES PARA DISPONER DE SUS RESIDUOS

Disposición de Residuos: No intente eliminar el producto no utilizado o sus residuos. En todo caso regréselo al proveedor para que lo elimine apropiadamente.

Los recipientes vacíos deben manejarse con cuidado por los residuos que contiene. El producto residual puede incinerarse bajo control si se dispone de un sistema adecuado de quemado. Esta operación debe efectuarse de acuerdo a las normas mexicanas aplicables.

14. INFORMACIÓN SOBRE SU TRANSPORTACIÓN

Nombre comercial:	Gas Licuado del Petróleo
Identificación *DOT:	UN 1075 (UN: Naciones Unidas)
Clasificación de riesgo *DOT:	Clase 2; División 2.1
Etiqueta de embarque:	GAS INFLAMABLE
Identificación durante su transporte:	Cartel cuadrangular en forma de rombo de 273 mm x 273 mm (10 ¾" x 10 ¾"), con el número de Naciones Unidas en el centro y la Clase de riesgo DOT en la esquina inferior.

*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América).



UN 1075 = Número asignado por DOT y la Organización de Naciones Unidas al gas licuado del petróleo.
2 = Clasificación de riesgo de DOT

15. REGULACIONES

Leyes, Reglamentos y Normas: La cantidad de reporte del LPG, por inventario o almacenamiento, es de 50,000 kg, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

El transporte de Gas L.P. está regido por el "Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos" y por las siguientes normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

1. Registro y permiso vigente para transporte de materiales peligrosos.
2. El operador deberá contar con licencia vigente para conductores de materiales peligrosos.
3. La unidad deberá estar identificada de acuerdo con la NOM-004-SCT-2-1994.
4. Contar con información para emergencias durante la transportación de acuerdo a la NOM-005-SCT-2-1994.
5. Revisión diaria de la unidad de acuerdo con la NOM-006-SCT-2-1994.
6. Revisión periódica de auto-tanque de acuerdo con la NOM-X59-SCFI-1992
7. Revisión periódica de semirremolques de acuerdo con la NOM-X60-SCFI-1992.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, dispositivos de seguridad, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte del gas licuado deben diseñarse, fabricarse y construirse de acuerdo a las normas aplicables. En el Anexo 1 se muestra el dibujo de una instalación típica para llenado de autotanque de gas licuado.

El personal que trabaja con gas licuado debe recibir capacitación y entrenamiento en los procedimientos para su manejo y operación, reafirmando con simulacros frecuentes. La instalación y mantenimiento de las redes de distribución de gas licuado, cilindros y tanques estacionarios debe ejecutarse solo por personal calificado.

Advertencia Sobre Odorizantes: El gas licuado del petróleo tiene un odorizante para advertir de su presencia. El más común es el etil mercaptano. La intensidad de su olor puede disminuir debido a la oxidación química, adsorción o absorción. El gas que fuga de recipientes y ductos subterráneos puede perder su odorización al filtrarse a través de ciertos tipos de suelo. La intensidad del olor puede reducirse después de un largo período de almacenamiento.

Si el nivel de odorización disminuye, notifique a su distribuidor.

Recomendaciones para la Instalación, Uso y Cuidado de Cilindros Portátiles y Tanques Estacionarios para Servicio de Gas Licuado.

1. Los tanques y cilindros para gas licuado deben instalarse sobre una base firme, preferentemente a la intemperie o en lugares abiertos, protegidos contra golpes y caída de objetos. Los tanques estacionarios además, deberán anclarse. Figuras 1 y 2.

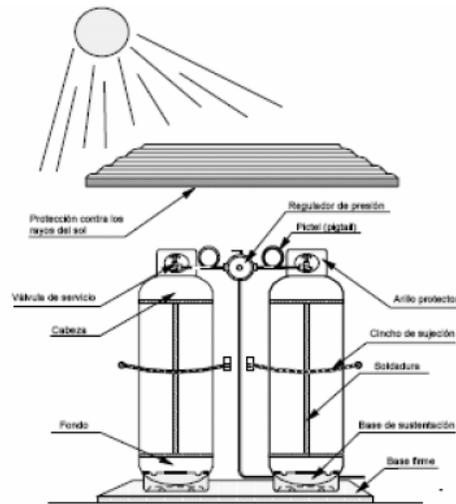


Figura 1. Instalación típica para cilindros portátiles.

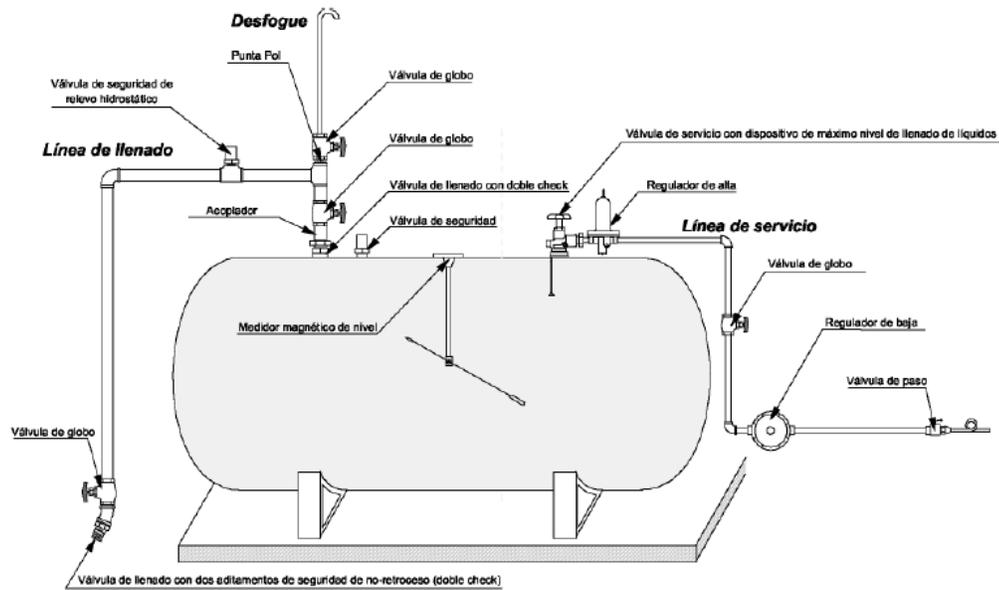


Figura 2. Instalación típica para tanques estacionarios

2. Los cilindros deben sujetarse a la pared con un cable, cincho u otro medio adecuado para evitar que se caigan.
3. Proteja los recipientes de los rayos solares. La exposición a altas temperaturas provoca aumentos de presión y apertura de las válvulas de seguridad, con la subsecuente liberación de gas a la atmósfera.
4. Para evitar sobrellenados y presión excesiva en los recipientes, con la consecuente liberación de gas, se recomienda instalar en ellos, válvulas de servicio con dispositivo indicador de máximo nivel de llenado de líquidos. Figura 3.

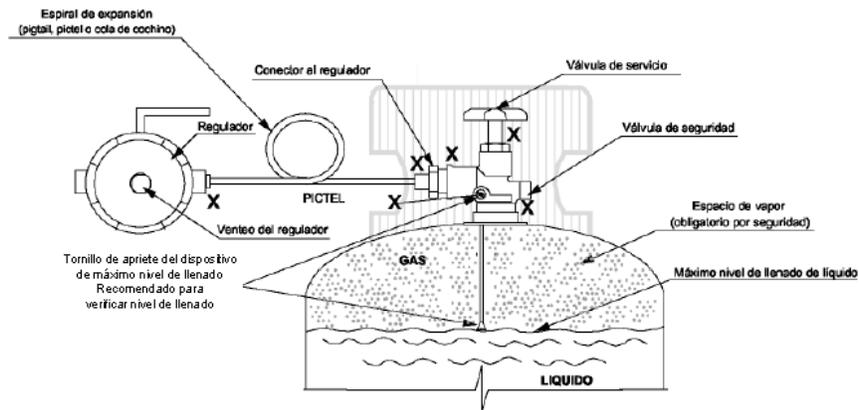


Figura 3. Muestra el dispositivo indicador de máximo nivel de llenado de líquidos, la espiral de expansión (pictel) y la localización de posibles puntos de fuga (X).

5. Para evitar que las válvulas de seguridad fallen, manténgalas con un capuchón metálico, o un tapón especial de hule que las protege de la lluvia y de agentes extraños como polvo, basura, agua, etc.
6. Cada vez que cambie cilindros, exija a los operadores que no los maltraten y que le entreguen cilindros en buenas condiciones (pintura, golpes, abolladuras, corrosión, etc.). Si la apariencia de éstos no le satisface, pida que se los cambien.
7. Asegúrese de utilizar las herramientas adecuadas al conectar y desconectar los cilindros.
8. Una vez abierta la válvula de servicio, busque fugas con agua jabonosa en los puntos marcados con "X". Si observa burbujas, cierre la válvula de servicio y reapriete las conexiones. **No fume mientras realiza estos trabajos.** Figura 3.
9. No fuerce la espiral de expansión (pictel, pigtail o cola de cochino) su flexibilidad está diseñada para facilitar, sin dañar, la conexión entre las válvulas de servicio y los reguladores de presión. Figura 3.
10. No modifique su instalación de gas sin la debida autorización. Consulte a su distribuidor.

Recomendaciones de Seguridad para Usuarios de Gas Licuado en Caso de Fuga.

1. Los vapores de gas licuado son más pesados que el aire, por lo tanto, al fugar tienden a descender y acumularse en sótanos, alcantarillas, fosas, pozos, zanjas, etc. Sin embargo, su olor característico por el odorizante adicionado permite percibirlo fácilmente. La nube de gas acumulada puede encontrar fuentes de ignición y originar explosiones. Figura 4.

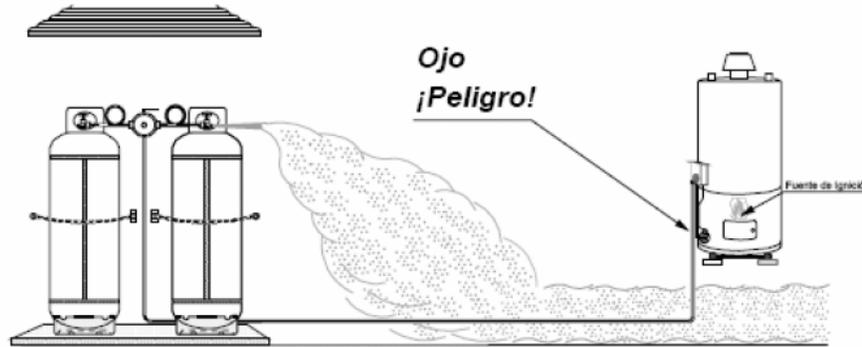


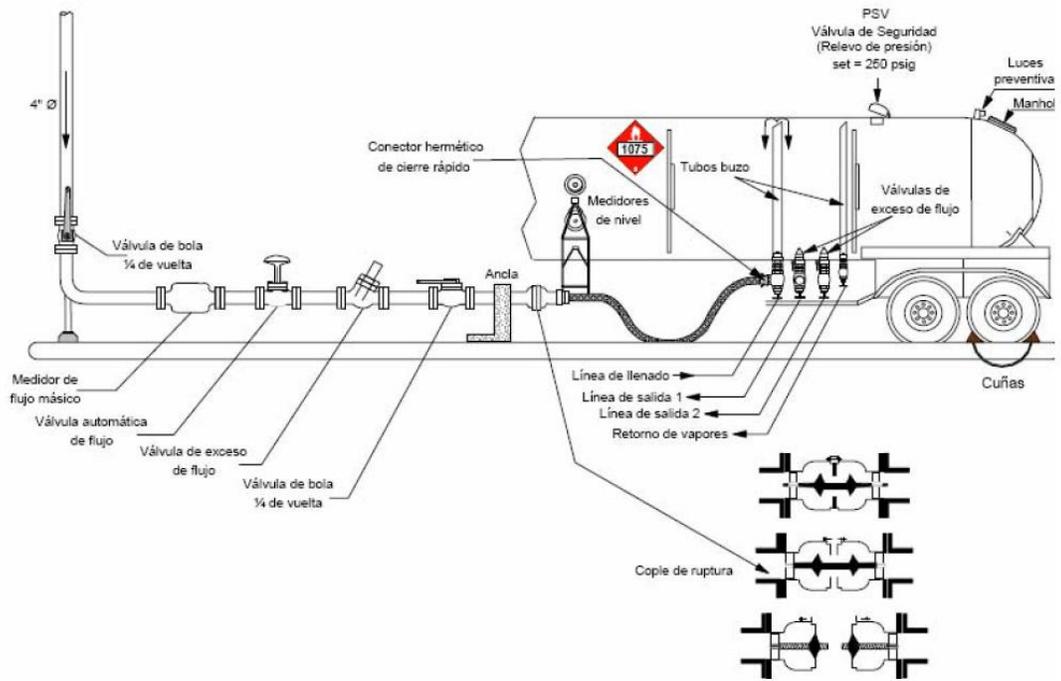
Figura 4. – Desplazamiento típico de una fuga de gas licuado

2. Si huele a gas, cierre la válvula de servicio y busque fugas. Utilice agua jabonosa, nunca use encendedores, velas, cerillos o flamas abiertas para tratar de localizar la posible fuga.
3. Si observa acumulación de vapores, asegúrese primero que no haya flamas cercanas o posibilidad de generar chispas (interruptores eléctricos, pilotos de estufa, calentadores, anafres, velas, motores eléctricos, motores de combustión interna, etc.). Enseguida abra puertas y ventanas.
4. Disipe los vapores de gas licuado abanicando el área con trapos o cartones grandes. **NO USE VENTILADORES ELÉCTRICOS, NI ACCIONE INTERRUPTORES ELÉCTRICOS**, porque generan chispa y pueden producir explosiones.
5. **NO SE CONFIE, MIENTRAS HUELA A GAS, EXISTE UN FUERTE PELIGRO DE EXPLOSIÓN.**
6. Si la fuga es mayor, llame a la Central de Fugas, al Departamento de Bomberos y/o Protección Civil.
7. Cerciórese de que el problema se resuelva y no hayan quedado acumulaciones remanentes de gas.

La información presentada en este documento se considera correcta a la fecha de emisión. Sin embargo, no existe garantía expresa o implícita respecto a la exactitud y totalidad de conceptos que deben incluirse, o de los resultados obtenidos en el uso de este material. Asimismo, el productor no asume ninguna responsabilidad por daños o lesiones al comprador o terceras personas por el uso indebido de este material, aún cuando hayan sido cumplidas las indicaciones de seguridad expresadas en este documento, el cual se preparó sobre la base de que el comprador asume los riesgos derivados del mismo.

Fecha de elaboración: Julio de 2000
Fecha última revisión: Febrero de 2007

ANEXO 1 Instalación típica para llenado de auto-tanque de gas licuado



10.2. ANEXO B HOJA DE ESPECIFICACIONES DE LAS BOQUILLAS DE ASPERSIÓN



The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058

Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

1. DESCRIPTION

Viking Model E, 3D Spray Nozzles are open type spray nozzles designed for directional spray applications in fixed fire protection systems. They have an open design only (non-automatic) with an external deflector that discharges a solid uniform cone spray of low- to medium-velocity water droplets. Model E Spray Nozzles are available in multiple orifice sizes and spray angles to meet design application requirements and they include a 1/2" NPT (DN15) external pipe thread. The base materials are brass, while electroless nickel plating may be applied to the complete assembly for applications requiring corrosion resistance.

The spray angle is the included angle of discharge for each nozzle, and is also marked on the deflector. Figures 1a and 1b illustrate the distribution width at various heights based on testing in the pendent position at 10, 20, and 60 PSI (.7 Bar, 1.4 Bar, and 4.1 Bar) discharge pressures. Note that the Model E Spray Nozzles are rated for a maximum discharge pressure of 175 PSI (12 Bar). At pressures above 60 PSI (4.1 Bar), the spray pattern begins to decrease in width due to pull-in of the spray pattern. For exposure protection, see Figures 6a, 6b, and 7 for fixed position angle, distance for included angle spray pattern perpendicular to surface of object at the fixed angle of installation.

For nozzles having nominal U.S. K-Factors of 1.2, 1.8, and 2.3, a bushing is used, flush at the inlet location, to eliminate sharp corner cavity and to prevent debris from collecting. (Nozzles with K-Factors of 3.2, 4.1, 5.6, and 7.2 are machined orifices.) Optional blow-off plugs are available for protection from dust and insect infestation and other accumulation of debris.



2. LISTINGS AND APPROVALS

cULus Listed: Category VGYZ

FM Approved: Fixed Extinguishing Systems

NYC Approved: MEA 89-92-E, Volume 29

Refer to the Approval Chart on page 32c and Design Criteria on page 32e for cULus and FM approval requirements that must be followed.

3. TECHNICAL DATA

Specifications:

Minimum Operating Pressure: 10 psi (0.7 bar)

Maximum Working Pressure: 175 psi (12 bar)

Thread size: 1/2" (15 mm) NPT

Nominal K-Factor: 7.2 U.S. (103.7 metric*)

5.6 U.S. (80.6 metric)

4.1 U.S. (59.0 metric)

3.2 U.S. (46.1 metric)

2.3 U.S. (33.1 metric)

1.8 U.S. (25.9 metric)

1.2 U.S. (17.3 metric)

Orifice sizes are indicated by the K-Factor, which is marked on the deflector. Refer to the Nominal Discharge Curves on page 32 f for each nozzle at various operating residual pressures.

*Metric K-factor measurement shown is when pressure is measured in Bar. When pressure is measured in kPa, divide the metric K-factor shown by 10.0.

Overall Length: 2-7/16" (61 mm)

Material Standards:

Body Casting: Brass UNS-C84400

Splitter: Brass UNS-C36000

Bushing: (for nozzles with 1.2, 1.8, and 2.3 K-Factors): Brass UNS-C36000

Deflector: Brass UNS-C51000

Screw: Brass UNS-C65100

Viking Technical Data may be found on
The Viking Corporation's Web site at
<http://www.vikinggroupinc.com>.
The Web site may include a more recent
edition of this Technical Data Page.



The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

Ordering Information: (Also refer to the current [Viking price list](#).)

Order Model E Spray Nozzles by first selecting the appropriate base part number for the K-Factor and spray angle desired. Then add the appropriate suffix for the desired finish and the suffix "Z" for open nozzles to the spray nozzle base part number.

Finish Suffix: Brass = A, Electroless Nickel Plated = J

Temperature Suffix: OPEN = Z

For example, spray nozzle VK810 with a K-Factor of 7.2 (103.7 metric) and a Brass finish = Part No. 12887AZ

Accessories: (Also refer to the "Sprinkler Accessories" section of the Viking data book.)

Sprinkler Wrench: Part No. 10896WB (available since 2000).

Blow-Off Plugs (Optional): Refer to technical data page 132 a. Blow-off plugs are used to prevent the depositing of foreign materials in the waterway, which could interfere with the discharge of the spray nozzles. The plugs are designed to blow off when the system piping is pressurized. **Note:** The blow-off plugs are NOT cULus Listed or FM Approved.

4. INSTALLATION

WARNING: Viking Model E Spray Nozzles are manufactured and tested to meet the rigid requirements of the approving agency. The nozzles are designed to be installed in accordance with recognized installation standards. Deviation from the standards or any alteration to the nozzle after it leaves the factory including, but not limited to: painting, plating, coating, or modification, may render the unit inoperative and will automatically nullify the approval and any guarantee made by The Viking Corporation.

The Approval Chart on page 32c shows listings and approvals of Model E Spray Nozzles for use on water spray systems and water based deluge systems. The chart shows listings and approvals available at the time of printing. Other approvals are in process. Check with the manufacturer for any additional approvals.

- A. **Spray nozzles are to be installed in accordance with the latest edition of Viking technical data, the latest published standards of NFPA, FM Global, LPCB, APSAD, VdS or other similar organizations, and also with the provisions of governmental codes, ordinances, and standards whenever applicable. The use of Model E Spray Nozzles may be limited due to occupancy and hazard. Refer to the Authority Having Jurisdiction prior to installation.**
- B. Handle Model E Spray Nozzles with care. They must be stored in a cool, dry place in their original shipping container. Never install a spray nozzle that has been dropped or damaged.
- C. Corrosion-resistant spray nozzles must be installed when subject to corrosive atmospheres.
- D. Spray nozzles must be installed after the piping is in place to prevent mechanical damage.
- E. Before installing, be sure to have the appropriate model and style, with the correct K-Factor and spray angle. Spray nozzle deflectors are identified with the VK model number, nominal K-Factor, and spray angle.
 1. Apply a small amount of pipe-joint compound or tape to the external threads of the spray nozzle only, taking care not to allow a build-up of compound inside the inlet.
 2. Install the nozzle on the fixed piping, using the special sprinkler/spray nozzle wrench only. Take care not to over-tighten or damage the spray nozzle. DO NOT use the deflector to start or thread the unit into a fitting.
- F. Spray nozzles must be protected from mechanical damage. Where open spray nozzles are used, care must be taken to prevent foreign materials from entering the orifice. Foreign materials may accumulate and restrict or plug the waterway and may prevent proper operation of the spray nozzle.

5. OPERATION

Model E, 3D Spray Nozzles are designed to apply cooling water to exposed vertical, horizontal, curved, and irregular shaped surfaces to allow cooling of objects externally when exposed to an adjacent fire. Cooling is done to prevent objects from absorbing heat that could cause structural damage and possible spread of fire to the protected object. In some applications, Model E Spray Nozzles may be applied to control or extinguish fire of the protected area (depending on water design application density).



The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058

Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

6. INSPECTIONS, TESTS AND MAINTENANCE

NOTICE: The owner is responsible for maintaining the fire protection system and devices in proper operating condition. For minimum maintenance and inspection requirements, refer to the NFPA standard (e.g., NFPA 25) that describes care and maintenance of sprinkler systems. In addition, the AHJ may have additional maintenance, testing, and inspection requirements that must be followed.

- A. Spray nozzles must be inspected on a regular basis for corrosion, mechanical damage, obstructions, paint, etc. Where open spray nozzles are installed, verify that foreign materials (such as dust, dirt, etc.) do not restrict or plug the waterspray. The frequency of inspections may vary due to corrosive atmospheres, water supplies, and activity around the device. It is also recommended that outdoor installations of Model E Spray Nozzles with blow-off plugs be periodically inspected, during freezing weather conditions, for the presence of ice buildup from trapped condensate which could effect the proper release of the plugs.
- B. Spray nozzles that have been painted or mechanically damaged must be replaced immediately. Nozzles showing signs of corrosion shall be tested and/or replaced immediately as required. When replacing spray nozzles, use only new Model E Spray Nozzles.
 1. Using the appropriate wrench, remove the old spray nozzle and install the new unit. Care must be taken to ensure that the replacement spray nozzle has the proper model, style, and K-Factor. Model E Spray Nozzle deflectors are identified with the VK model number, nominal U.S. K-Factor, and spray angle. A cabinet should be provided and stocked with a wrench and extra spray nozzles of each variety used for replacement purposes.
- C. The spray nozzle discharge pattern is critical for proper fire protection. Therefore, nothing should be hung from, attached to, or otherwise obstruct the discharge pattern. All obstructions must be immediately removed or, if necessary, additional nozzles installed.
- D. Fire protection systems that have been subjected to a fire must be returned to service as soon as possible. The entire system must be inspected for damage and repaired or replaced as necessary. Spray nozzles that have been exposed to corrosive products of combustion or high ambient temperatures, should be replaced. Refer to the AHJ for minimum replacement requirements.

7. AVAILABILITY

The Viking Model E Spray Nozzles are available through a network of domestic and international distributors. See The Viking Corporation web site for the closest distributor or contact The Viking Corporation.

8. GUARANTEE

For details of warranty, refer to Viking's current list price schedule or contact Viking directly.

	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817
---	-----------------------	--

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

Approval Chart
 Model E Spray Nozzles
 Maximum 175 PSI (12 bar) WWP
 (Refer also to Design Criteria on page 32e.)

Base Part Number ¹	SIN ²	Nominal K-Factor		Angle	Listings and Approvals ⁴			Base Part Number ¹	SIN ²	Nominal K-Factor		Angle	Listings and Approvals ⁴		
		U.S.	metric ³		cULus ⁵	NYC ⁶	FM			U.S.	metric ³		cULus ⁵	NYC ⁶	FM
12867	VK810	7.2	103.7	65°	Yes	Yes	Yes	12895	VK814	7.2	103.7	125°	Yes	Yes	Yes
12868	VK810	5.6	80.6	65°	Yes	Yes	Yes	12896	VK814	5.6	80.6	125°	Yes	Yes	Yes
12869	VK810	4.1	59.0	65°	Yes	Yes	Yes	12897	VK814	4.1	59.0	125°	Yes	Yes	Yes
12870	VK810	3.2	46.1	65°	Yes	Yes	Yes ⁷	12898	VK814	3.2	46.1	125°	Yes	Yes	Yes ⁷
12871	VK810	2.3	33.1	65°	Yes	Yes	Yes ⁷	12899	VK814	2.3	33.1	125°	Yes	Yes	Yes ⁷
12872	VK810	1.8	25.9	65°	Yes	Yes	Yes ⁷	12900	VK814	1.8	25.9	125°	Yes	Yes	Yes ⁷
12873	VK810	1.2	17.3	65°	Yes	Yes	Yes ⁷	12901	VK814	1.2	17.3	125°	Yes	Yes	Yes ⁷
12874	VK811	7.2	103.7	80°	Yes	Yes	Yes	12902	VK815	7.2	103.7	140°	Yes	Yes	Yes
12875	VK811	5.6	80.6	80°	Yes	Yes	Yes	12903	VK815	5.6	80.6	140°	Yes	Yes	Yes
12876	VK811	4.1	59.0	80°	Yes	Yes	Yes	12904	VK815	4.1	59.0	140°	Yes	Yes	Yes
12877	VK811	3.2	46.1	80°	Yes	Yes	Yes ⁷	12905	VK815	3.2	46.1	140°	Yes	Yes	Yes ⁷
12878	VK811	2.3	33.1	80°	Yes	Yes	Yes ⁷	12906	VK815	2.3	33.1	140°	Yes	Yes	Yes ⁷
12879	VK811	1.8	25.9	80°	Yes	Yes	Yes ⁷	12907	VK815	1.8	25.9	140°	Yes	Yes	Yes ⁷
12880	VK811	1.2	17.3	80°	Yes	Yes	Yes ⁷	12908	VK815	1.2	17.3	140°	Yes	Yes	Yes ⁷
12881	VK812	7.2	103.7	95°	Yes	Yes	Yes	12909	VK816	7.2	103.7	160°	Yes	Yes	Yes
12882	VK812	5.6	80.6	95°	Yes	Yes	Yes	12910	VK816	5.6	80.6	160°	Yes	Yes	Yes
12883	VK812	4.1	59.0	95°	Yes	Yes	Yes	12911	VK816	4.1	59.0	160°	Yes	Yes	Yes
12884	VK812	3.2	46.1	95°	Yes	Yes	Yes ⁷	12912	VK816	3.2	46.1	160°	Yes	Yes	Yes ⁷
12885	VK812	2.3	33.1	95°	Yes	Yes	Yes ⁷	12913	VK816	2.3	33.1	160°	Yes	Yes	Yes ⁷
12886	VK812	1.8	25.9	95°	Yes	Yes	Yes ⁷	12914	VK816	1.8	25.9	160°	Yes	Yes	Yes ⁷
12887	VK812	1.2	17.3	95°	Yes	Yes	Yes ⁷	12915	VK816	1.2	17.3	160°	Yes	Yes	Yes ⁷
12888	VK813	7.2	103.7	110°	Yes	Yes	Yes	12916	VK817	7.2	103.7	180°	Yes	Yes	Yes
12889	VK813	5.6	80.6	110°	Yes	Yes	Yes	12917	VK817	5.6	80.6	180°	Yes	Yes	Yes
12890	VK813	4.1	59.0	110°	Yes	Yes	Yes	12918	VK817	4.1	59.0	180°	Yes	Yes	Yes
12891	VK813	3.2	46.1	110°	Yes	Yes	Yes ⁷	12919	VK817	3.2	46.1	180°	Yes	Yes	Yes ⁷
12892	VK813	2.3	33.1	110°	Yes	Yes	Yes ⁷	12920	VK817	2.3	33.1	180°	Yes	Yes	Yes ⁷
12893	VK813	1.8	25.9	110°	Yes	Yes	Yes ⁷	12921	VK817	1.8	25.9	180°	Yes	Yes	Yes ⁷
12894	VK813	1.2	17.3	110°	Yes	Yes	Yes ⁷	12922	VK817	1.2	17.3	180°	Yes	Yes	Yes ⁷

Available Finishes: Brass or Electroless Nickel Plated⁸

Footnotes

¹ Base part number is shown. For complete part number, refer to Viking's current price schedule.
² The spray nozzle deflector is identified with the VK model number, K-Factor, and spray angle.
³ Metric K-factor shown is for use when pressure is measured in bar. When pressure is measured in kPa, divide the metric K-factor shown by 10.0.
⁴ This table shows the listings and approvals available at the time of printing. Check with the manufacturer for any additional approvals.
⁵ Listed by Underwriters Laboratories Inc. for use in the U.S. and Canada.
⁶ Accepted for use, City of New York Department of Buildings, MEA Number 89-92-E, Vol. 29.
⁷ Orifice diameter is less than 3/8" (9.4 mm) for Model E Nozzles with K-Factors of 3.2, 2.3, 1.8, and 1.2. A pipeline strainer with a 1/8" (3.2 mm) or less perforation is required for FM Approval.
⁸ For corrosion resistance.

VIKING	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817
---------------	-----------------------	--

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

DESIGN CRITERIA

(Also refer to the Approval Chart on page 32c.)

Nozzle Placement

When the Authority Having Jurisdiction requires direct impingement of water spray of the complete protected surface, the nozzles should be spaced and directed so their spray pattern will completely cover the surface plane of the protected object or area. Use the minimum required average density based on the included angle and the K-Factor based on the residual pressure at the inlet of the nozzles. Figures 1a and 1b indicate the coverage for each nozzle's included spray angle at various heights. Recommendation: Limit the maximum spacing of nozzles to 12 ft. (3.6 m) or less for indoor applications and 10 ft. (3 m) or less for outdoor applications. For exposure protection of vessels using rundown and slippage, e.g., exposure protection of vessels per NFPA 15 section 7.4.2 (2007 edition), the preceding recommendations apply.

Figures 6a and 6b indicate the distance from the nozzles to the tangent surface of the protected object at various fixed angles. The fixed angle is the included angle from pendent position being zero of spray nozzle position. The spray angle is the included angle of the spray nozzle pattern. The maximum distance is determined where the spray pattern angle is unchanged at the perpendicular position to tangent of fixed angle. The distances indicated are for 20 PSI (1.4 Bar) minimum, to 60 PSI (4.1 Bar) maximum residual pressure at the inlet of the nozzles. When Viking Model E Spray Nozzles are used to protect surfaces of vessels, they should be positioned normal to the surface being protected and approximately 2 ft. (0.6 m) from the surface. Using the proper spray angle and K-Factor with this approach will provide the most effective protection and minimize effects of wind or draft conditions on the water spray pattern of the nozzles.

Installation Precaution

As a nozzle is being installed farther from the plane of protection, the centerline that is perpendicular to the plane of protection is potentially offset with the center/target of plane of protection due to installation error. Take extra care when locating a nozzle far from the plane of protection. Recommendation: Overlap spray patterns to provide a safety factor in the installation.

Notes About Pressure Requirements (Figures 6a & 6b)

- Working pressures of 10 to 60 PSI (.7 to 4.1 Bar) can only be applied for 0° (vertically downward) orientation.
- Working pressures for orientation angles other than 0° are 20 to 60 PSI (1.4 to 4.1 Bar).
- However, unless otherwise specified, when the nozzles are axially installed 2 ft. (0.6 m) or less from the plane of protection, working pressures of 10 to 60 PSI (.7 to 4.1 Bar) can be applied on all installation angles.

Spray Patterns

The design spray pattern profiles of the Model E Spray Nozzles with included spray angles of 65° to 180° are given in the graph in Figures 1a and 1b for discharge pressures from 10 to 60 PSI (.7 to 4.1 Bar). When discharge pressures above this are applied, the coverage area will decrease because the spray pattern tends to draw inward at higher pressures. When applying discharge pressures higher than 60 PSI (4.1 Bar), consult the Viking Technical Services department.

In Figures 6a and 6b, the maximum axial distance between the nozzle tip and the tangential plane being protected using a fixed installation angle is given. The operating discharge pressures are 20 PSI to 60 PSI (1.4 to 4.1 Bar) for application of this data. It is recommended that overlap be applied when using nozzles for exposure protection in this method.

Pipeline Strainers

Orifice diameter is less than 3/8" (9.4 mm) for Model E Nozzles with K-Factors of 3.2, 2.3, 1.8, and 1.2. A pipeline strainer with a 1/8" (3.2 mm) or less perforation is required for FMA approval.

IMPORTANT: Always refer to Bulletin Form No. F_091699 - Care and Handling of Sprinklers. Viking spray nozzles are to be installed in accordance with the latest edition of Viking technical data, the appropriate standards of NFPA, FM Global, LPCB, APSAD, VdS or other similar organizations, and also with the provisions of governmental codes, ordinances, and standards, whenever applicable.

	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817
---	-----------------------	--

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

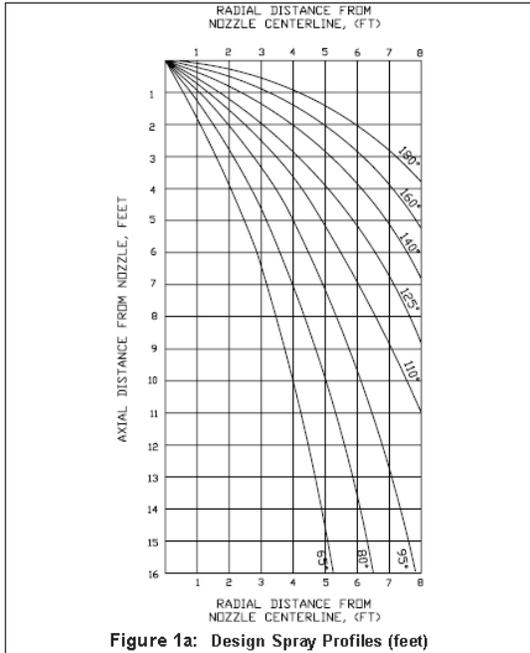


Figure 1a: Design Spray Profiles (feet)

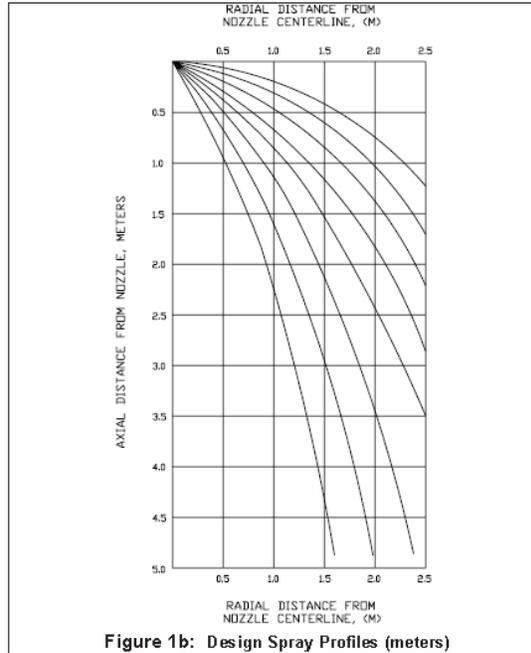


Figure 1b: Design Spray Profiles (meters)

NOTES:

1. Design data was obtained from tests in still air.
2. Design data applies to a residual (flowing) pressure range at the nozzle inlet of 10 to 60 PSI (.7 to 4.1 Bar). For pressures up to 175 PSI (12 Bar), consult the Viking Technical Services department toll free at 1-877-384-5464. Refer to the Authority Having Jurisdiction for their minimum required residual pressure.
3. The shapes of the Design Spray Profiles remain essentially unchanged over the maximum Axial Distances shown on pages 32h-i.
4. Maximum Axial Distances shown on pages 32h-i are based on exposure protection.

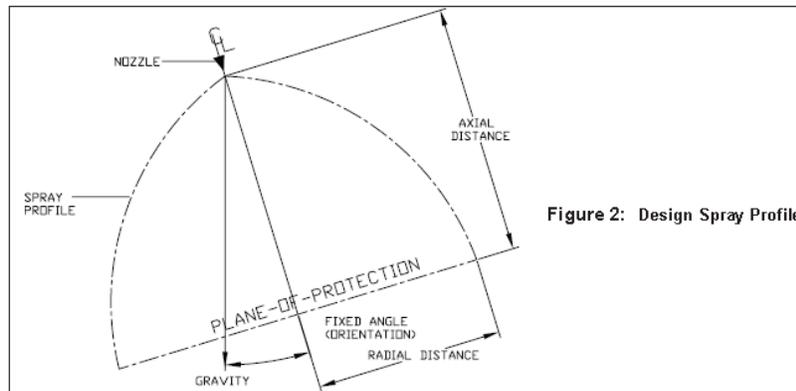
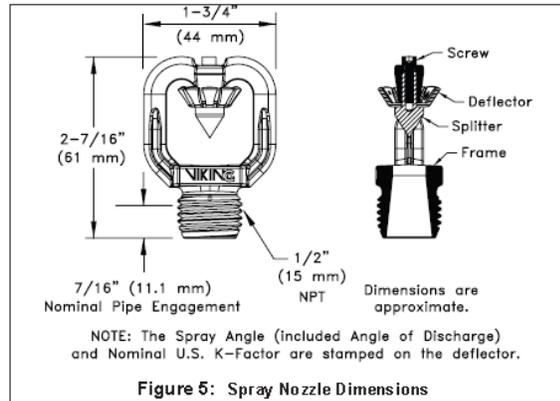
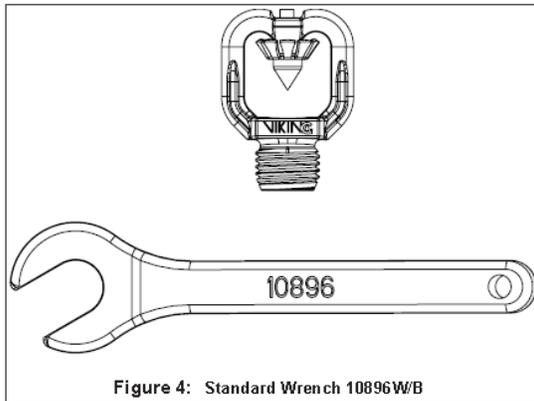
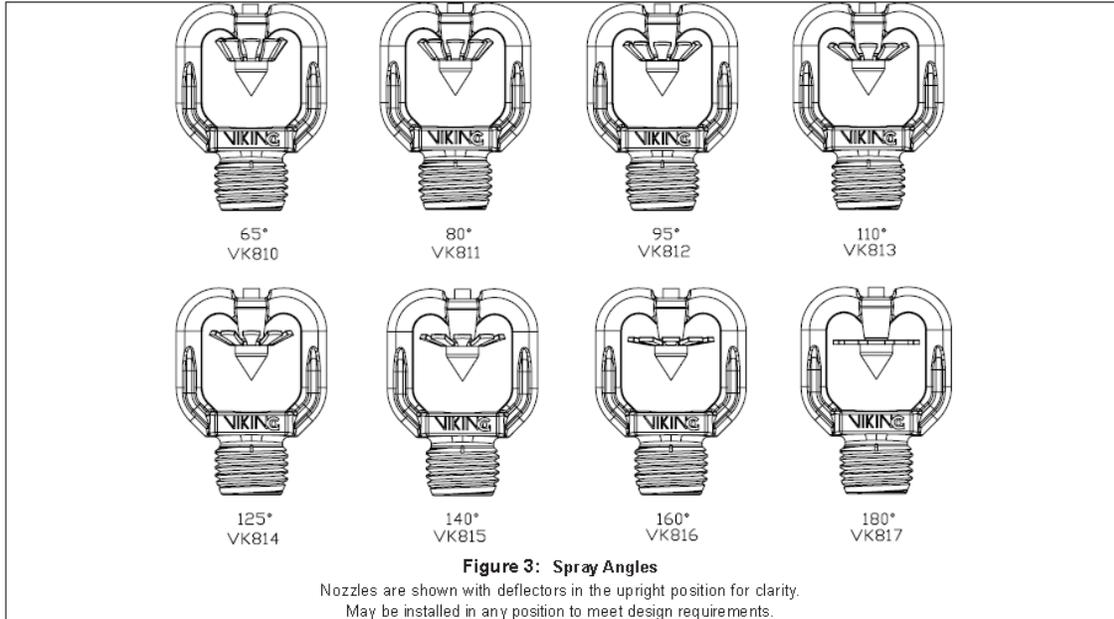


Figure 2: Design Spray Profile

	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817
---	-----------------------	--

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com



	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817
--	-----------------------	--

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 65° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	18-0	16-0	16-0	16-0	16-0	16-0	16-0
30°	10	10-0	10-3	10-6	11-0	11-6	12-0
45°	8-0	8-0	8-3	8-9	9-0	9-6	10-0
60°	7-0	7-0	7-6	8-3	8-6	8-9	9-0
90°	6-6	6-9	7-0	7-6	8-0	8-0	8-6
120°	6-3	6-3	6-6	7-0	7-6	7-6	8-0
135°	6-0	6-0	6-3	6-6	7-0	7-0	7-6
150°	5-9	5-9	6-0	6-0	6-6	6-9	7-0
180°	5-0	5-0	5-3	5-6	6-0	6-6	6-9

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 125° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	9-0	9-0	9-0	9-0	9-0	9-0	9-0
30°	4-9	4-9	5-3	6-0	7-0	7-3	8-0
45°	4-6	4-6	4-9	5-0	6-0	6-6	7-0
60°	3-6	3-6	3-9	4-0	5-0	5-6	6-0
90°	3-0	3-0	3-3	3-6	4-6	4-9	5-6
120°	2-0	2-0	2-6	3-3	3-9	3-9	4-0
135°	1-9	1-9	2-3	3-0	3-6	3-6	3-9
150°	1-6	1-9	2-3	2-6	3-0	3-3	3-6
180°	1-3	1-6	2-0	2-6	2-9	3-0	3-3

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 80° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	18-0	16-0	16-0	16-0	16-0	16-0	16-0
30°	9-6	9-6	10-0	10-6	11-0	11-3	11-6
45°	7-6	7-6	8-0	8-3	8-6	9-0	9-9
60°	6-0	6-3	6-6	7-0	7-0	8-0	8-6
90°	5-6	6-0	6-3	6-6	6-9	7-6	8-0
120°	5-0	5-3	5-9	6-0	6-6	6-6	7-0
135°	4-6	5-3	5-6	5-9	6-0	6-3	6-6
150°	4-3	4-6	4-9	5-6	5-9	6-0	6-0
180°	4-0	4-3	4-6	5-3	5-6	5-9	5-9

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 140° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	7-0	7-0	7-0	7-0	7-0	7-0	7-0
30°	3-6	4-0	4-6	5-0	5-6	5-6	6-0
45°	3-3	3-6	3-9	4-3	4-6	5-0	5-3
60°	2-3	2-3	2-6	3-6	4-0	4-3	4-6
90°	2-0	2-0	2-9	3-0	3-6	3-6	4-0
120°	1-9	1-9	2-3	2-9	3-0	3-3	3-6
135°	1-6	1-6	1-9	2-3	2-6	2-9	3-0
150°	1-3	1-3	1-6	1-9	2-0	2-3	2-6
180°	1-0	1-0	1-6	1-6	1-9	2-0	2-3

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 95° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	18-0	16-0	16-0	16-0	16-0	16-0	16-0
30°	8-0	8-3	9-0	9-6	10-6	11-0	11-6
45°	7-0	7-0	7-3	7-6	8-0	8-9	9-6
60°	5-0	5-3	5-6	6-3	6-6	7-0	8-0
90°	4-6	5-0	5-3	5-6	6-0	6-6	7-0
120°	4-0	4-3	4-9	5-3	5-6	5-6	6-0
135°	3-6	3-9	4-3	4-9	5-0	5-3	5-6
150°	3-3	3-6	3-6	4-6	4-9	5-0	5-0
180°	3-0	3-3	3-3	4-0	4-6	4-9	4-9

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 160° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
30°	4-0	4-0	4-0	4-3	4-9	4-9	5-0
45°	3-0	3-0	3-3	3-6	3-9	3-9	4-0
60°	2-0	2-0	2-0	2-6	3-0	3-3	3-3
90°	1-0	1-3	1-9	2-0	2-6	2-6	3-0
120°	NR	1-0	1-6	1-9	2-0	2-3	2-6
135°	NR	NR	1-0	1-6	1-9	1-9	2-0
150°	NR	NR	NR	1-0	1-2	1-6	1-9
180°	NR	NR	NR	1-0	1-0	1-3	1-6

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 110° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	11-0	11-0	11-0	11-0	11-0	11-0	11-0
30°	6-6	6-6	7-3	8-3	9-0	9-3	9-6
45°	5-6	5-9	6-6	7-0	7-6	8-0	8-6
60°	4-9	5-0	5-3	5-6	6-0	7-0	7-6
90°	4-0	4-0	4-6	5-0	5-6	6-0	6-6
120°	3-0	3-3	3-9	4-0	4-6	4-9	5-0
135°	2-9	2-9	3-3	3-9	4-3	4-6	4-9
150°	2-6	2-9	3-0	3-6	3-9	4-2	4-6
180°	2-3	2-6	3-0	3-3	3-6	4-0	4-3

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 180° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	K FACTOR						
	1.2	1.8	2.3	3.2	4.1	5.6	7.2
0°	4-0	4-0	4-0	4-0	4-0	4-0	4-0
30°	2-3	2-3	2-6	2-9	3-0	3-0	3-0
45°	2-0	2-0	2-0	2-3	2-6	2-9	2-9
60°	1-6	1-6	1-9	2-0	2-3	2-6	2-6
90°	NR	NR	1-0	1-0	1-6	1-9	2-3
120°	NR	NR	1-0	1-0	1-3	1-6	1-9
135°	NR	NR	NR	1-0	1-0	1-3	1-6
150°	NR	NR	NR	NR	1-0	1-3	1-3
180°	NR	NR	NR	NR	NR	1-0	1-0

NR = Not Recommended

**Figure 6a: Maximum Axial Distance Between Nozzle Tip
and Plane of Protection for Exposure Protection (ft)**

NOTES ABOUT FIGURES 6a AND 6b:

- Working pressures of 10 to 60 PSI (7 to 4.1 Bar) can only be applied for 0° (vertically downward) orientation.
- Working pressures for orientation angles other than 0° are 20 to 60 PSI (1.4 to 4.1 Bar).
- However, unless otherwise specified, when the nozzles are axially installed 2 ft. (0.6 m) or less from the plane of protection, working pressures of 10 to 60 PSI (7 to 4.1 Bar) can be applied on all installation angles.

	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817
---	-----------------------	--

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 65° SPRAY ANGLE IN METERS								MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 125° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)							FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7		17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	0°	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
30°	3.0	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	30°	1.4	1.4	1.6	1.8	2.1	2.2	2.4
45°	2.4	2.4	2.5	2.7	2.7	2.9	3.0	45°	1.4	1.4	1.4	1.5	1.8	2.0	2.1
60°	2.1	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.7	60°	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8
90°	2.0	2.1	2.1	2.3	2.4	2.4	2.6	90°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.4	1.4	1.7
120°	1.9	1.9	2.0	2.1	2.3	2.3	2.4	120°	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1	1.1	1.2
135°	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.3	135°	0.5	0.5	0.7	0.9	1.1	1.1	1.1
150°	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1	2.1	150°	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
180°	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	180°	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9	1.0

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 80° SPRAY ANGLE IN METERS								MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 140° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)							FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7		17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	0°	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
30°	3.0	3.0	3.0	3.2	3.4	3.4	3.5	30°	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.7	1.8
45°	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.0	45°	1.0	1.1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6
60°	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.4	2.6	60°	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4
90°	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	90°	0.6	0.6	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2
120°	1.5	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0	2.1	120°	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
135°	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	135°	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9
150°	1.3	1.4	1.4	1.7	1.8	1.8	1.8	150°	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8
180°	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	180°	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 95° SPRAY ANGLE IN METERS								MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 160° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)							FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7		17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	0°	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
30°	2.4	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.5	30°	4.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5
45°	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.7	2.9	45°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
60°	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.4	60°	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0
90°	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	90°	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9
120°	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8	120°	NR	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
135°	1.1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	135°	NR	NR	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6
150°	1.0	1.1	1.1	1.4	1.4	1.5	1.5	150°	NR	NR	NR	0.3	0.4	0.5	0.5
180°	0.9	1.0	1.0	1.2	1.4	1.4	1.4	180°	NR	NR	NR	0.3	0.3	0.4	0.5

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 110° SPRAY ANGLE IN METERS								MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 180° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)							FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7		17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	0°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
30°	2.0	2.0	2.2	2.5	2.7	2.8	3.0	30°	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
45°	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	45°	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8
60°	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	60°	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8
90°	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	90°	NR	NR	0.3	0.3	0.5	0.5	0.7
120°	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5	120°	NR	NR	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5
135°	0.8	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.4	135°	NR	NR	NR	0.3	0.3	0.4	0.5
150°	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3	1.4	150°	NR	NR	NR	NR	0.3	0.4	0.4
180°	0.7	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	180°	NR	NR	NR	NR	NR	0.3	0.3

NR = Not Recommended

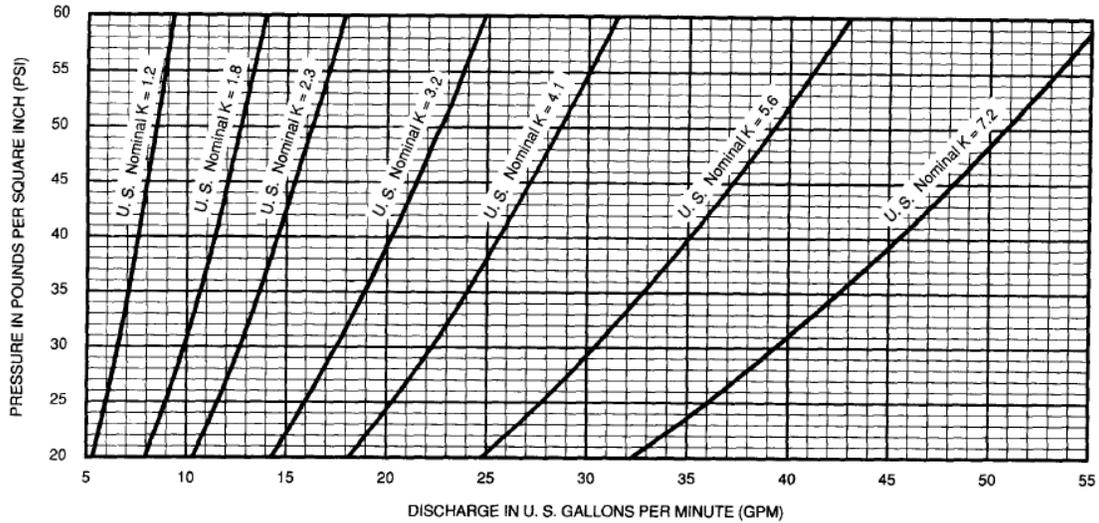
Figure 6b: Maximum Axial Distance Between Nozzle Tip and Plane of Protection for Exposure Protection (m)

NOTES ABOUT FIGURES 6a AND 6b:

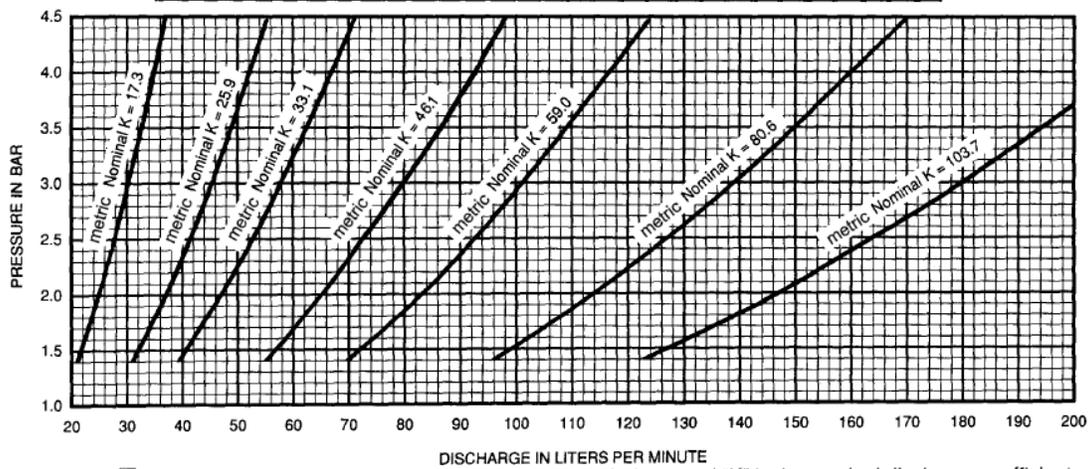
1. Working pressures of 10 to 60 PSI (7 to 4.1 Bar) can only be applied for 0° (vertically downward) orientation.
2. Working pressures for orientation angles other than 0° are 20 to 60 PSI (1.4 to 4.1 Bar).
3. However, unless otherwise specified, when the nozzles are axially installed 2 ft. (0.6 m) or less from the plane of protection, working pressures of 10 to 60 PSI (7 to 4.1 Bar) can be applied on all installation angles.

	TECHNICAL DATA	MODEL E SPRAY NOZZLES VK810 - VK817
---	-----------------------	--

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Road, Hastings MI 49058
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-945-4495 Email: techsvcs@vikingcorp.com



NOTE: $Q = K\sqrt{p}$; where "Q" = flow in U.S. gallons per minute, "p" = pressure in pounds per square inch, and "K" is the nominal discharge coefficient.



NOTE: $Q = K\sqrt{p}$; where "Q" = flow in liters per minute, "p" = pressure in bar, and "K" is the nominal discharge coefficient.

Figure 7: Nominal Discharge Curves
 (Refer to the Authority Having Jurisdiction for Their Minimum Required Residual Pressure.)

Form No. F_062104

Replaces page 32a-g, dated December 15, 2006.
 (Removed notes for axial distances less than 2 ft.)

10.3. ANEXO C DATOS INICIALES PARA LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Begin Node	End Node	Length feet	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Status	Shift	Ftg Desc
RED1	RED	492.000	14	40		120	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RED	A	19.600	10	40	2GV DeIV	120	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A	B	3.240	10	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A	4	44.490	8	40	T 3E GV	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	3	11.900	6	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	4.1	0.160	4	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.1	4.2	8.810	3	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.1	4.28	3.230	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2	4.3	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2	4.4	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4	4.5	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4	4.6	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.6	4.7	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.6	4.8	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.8	4.9	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.8	4.10	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.10	4.11	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.10	4.12	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.12	4.13	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.12	4.14	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.14	4.15	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.14	4.16	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.16	4.17	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.16	4.18	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.18	4.19	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.18	4.20	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.20	4.21	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.20	4.22	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.22	4.23	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.22	4.24	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.24	4.25	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.24	4.26	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.26	4.27	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.26	4.28	11.860	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.28	4.29	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2	11.430	6	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	3.1	0.210	4	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1	3.2	6.250	3	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1	3.26	5.100	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	3.3	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	3.4	11.340	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4	3.5	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4	3.6	11.340	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Begin Node	End Node	Length feet	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Status	Shift	Ftg Desc
3.6	3.7	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6	3.8	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.8	3.9	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.8	3.10	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.10	3.11	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.10	3.12	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.12	3.13	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.12	3.14	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.14	3.15	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.14	3.16	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.16	3.17	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.16	3.18	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.18	3.19	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.18	3.20	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.20	3.21	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.20	3.22	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.22	3.23	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.22	3.24	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.24	3.25	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.24	3.26	11.340	3 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.26	3.27	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	1	13.210	4 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2.1	0.500	3 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.1	2.2	5.600	2H 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.1	2.18	5.600	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	2.3	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	2.4	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	2.5	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	2.6	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6	2.7	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6	2.8	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8	2.9	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8	2.10	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10	2.11	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10	2.12	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.12	2.13	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.12	2.14	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14	2.15	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14	2.16	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.16	2.17	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.16	2.18	11.210	2H 40			150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.18	2.19	0.820	1 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	1.1	3.030	2 40	T		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Begin Node	End Node	Length feet	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Status	Shift	Ftg Desc
1	1.5	9.060	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1	1.2	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1	1.3	11.350	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	1.4	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	1.5	11.350	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	1.6	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	8	20.450	8	40	T 3E GV	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	7	3.700	8	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	6	5.770	6	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	5	7.100	6	40	E	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	5.1	3.130	4	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	5.39	4.920	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1	5.2	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1	5.3	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	5.4	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	5.5	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5	5.6	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5	5.7	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.7	5.8	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.7	5.9	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.9	5.10	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.9	5.11	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.11	5.12	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.11	5.13	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.13	5.14	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.13	5.15	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.15	5.16	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.15	5.17	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.17	5.18	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.17	5.19	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.19	5.20	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.19	5.21	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.21	5.22	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.21	5.23	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.23	5.24	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.23	5.25	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.25	5.26	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.25	5.27	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.27	5.28	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.27	5.29	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.29	5.30	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.29	5.31	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.31	5.32	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Begin Node	End Node	Length feet	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Status	Shift	Ftg Desc
5.31	5.33	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.33	5.34	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.33	5.35	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.35	5.36	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.35	5.37	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.37	5.38	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.37	5.39	8.050	3	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.39	5.40	1.310	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	6.1	3.380	3	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.1	6.2	7.100	2H	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.1	6.36	0.560	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	6.3	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	6.4	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4	6.5	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4	6.6	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6	6.7	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6	6.8	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.8	6.9	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.8	6.10	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.10	6.11	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.10	6.12	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.12	6.13	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.12	6.14	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.14	6.15	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.14	6.16	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.16	6.17	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.16	6.18	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.18	6.19	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.18	6.20	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.20	6.21	0.800	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.20	6.22	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.22	6.23	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.22	6.24	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.24	6.25	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.24	6.26	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.26	6.27	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.26	6.28	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.28	6.29	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.28	6.30	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.30	6.31	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.30	6.32	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.32	6.33	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.32	6.34	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Begin Node	End Node	Length feet	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Status	Shift	Ftg Desc
6.34	6.35	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.34	6.36	8.050	2H	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.36	6.37	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	7.1	9.150	2H	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1	7.2	3.280	2	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1	7.24	4.920	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2	7.3	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2	7.4	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4	7.5	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4	7.6	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.6	7.7	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.6	7.8	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.8	7.9	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.8	7.10	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.10	7.11	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.10	7.12	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.12	7.13	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.12	7.14	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.14	7.15	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.14	7.16	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.16	7.17	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.16	7.18	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.18	7.19	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.18	7.20	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.20	7.21	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.20	7.22	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.22	7.23	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.22	7.24	8.210	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.24	7.25	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	8.1	16.700	2H	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.1	8.2	3.300	2	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.1	8.16	1.000	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2	8.3	6.000	1	40	T 2E	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2	8.4	4.300	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.4	8.5	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.4	8.6	8.600	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.6	8.7	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.6	8.8	8.600	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.8	8.9	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.8	8.10	4.300	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.10	8.11	6.000	1	40	T 2E	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.10	8.12	4.300	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.12	8.13	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Begin Node	End Node	Length feet	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Status	Shift	Ftg Desc
8.12	8.14	8.600	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.14	8.15	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.14	8.16	8.600	2	40		150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.16	8.17	0.820	1	40	T	150	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Input Data - Nodes

Node	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{1/2}	Area sqft	Hose gpm
RED1	0.00	0.00	0.00	0.00
RED	0.00	0.00	0.00	0.00
A	0.00	0.00	0.00	0.00
B	0.00	0.00	0.00	0.00
4	31.04	0.00	0.00	0.00
3	43.66	0.00	0.00	0.00
4.1	31.04	0.00	0.00	0.00
4.2	31.04	0.00	0.00	0.00
4.3	31.04	7.20	0.00	0.00
4.4	31.04	0.00	0.00	0.00
4.5	31.04	7.20	0.00	0.00
4.6	31.04	0.00	0.00	0.00
4.7	31.04	7.20	0.00	0.00
4.8	31.04	0.00	0.00	0.00
4.9	31.04	7.20	0.00	0.00
4.10	31.04	0.00	0.00	0.00
4.11	31.04	7.20	0.00	0.00
4.12	31.04	0.00	0.00	0.00
4.13	31.04	7.20	0.00	0.00
4.14	31.04	0.00	0.00	0.00
4.15	31.04	7.20	0.00	0.00
4.16	31.04	0.00	0.00	0.00
4.17	31.04	7.20	0.00	0.00
4.18	31.04	0.00	0.00	0.00
4.19	31.04	7.20	0.00	0.00
4.20	31.04	0.00	0.00	0.00
4.21	31.04	7.20	0.00	0.00
4.22	31.04	0.00	0.00	0.00
4.23	31.04	7.20	0.00	0.00
4.24	31.04	0.00	0.00	0.00
4.25	31.04	7.20	0.00	0.00
4.26	31.04	0.00	0.00	0.00
4.27	31.04	7.20	0.00	0.00
4.28	31.04	0.00	0.00	0.00
4.29	31.04	7.20	0.00	0.00
2	51.59	0.00	0.00	0.00
3.1	43.66	0.00	0.00	0.00
3.2	43.30	0.00	0.00	0.00
3.3	46.66	7.20	0.00	0.00
3.4	43.30	0.00	0.00	0.00
3.5	43.66	7.20	0.00	0.00
3.6	43.30	0.00	0.00	0.00
3.7	43.66	7.20	0.00	0.00

Input Data - Nodes

Node	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{1/2}	Area sqft	Hose gpm
3.8	43.30	0.00	0.00	0.00
3.9	43.66	7.20	0.00	0.00
3.10	43.30	0.00	0.00	0.00
3.11	43.66	7.20	0.00	0.00
3.12	43.30	0.00	0.00	0.00
3.13	43.66	7.20	0.00	0.00
3.14	43.30	0.00	0.00	0.00
3.15	43.66	7.20	0.00	0.00
3.16	43.30	0.00	0.00	0.00
3.17	43.66	7.20	0.00	0.00
3.18	43.30	0.00	0.00	0.00
3.19	43.66	7.20	0.00	0.00
3.20	43.30	0.00	0.00	0.00
3.21	43.66	7.20	0.00	0.00
3.22	43.30	0.00	0.00	0.00
3.23	43.66	7.20	0.00	0.00
3.24	43.30	0.00	0.00	0.00
3.25	43.66	7.20	0.00	0.00
3.26	43.30	0.00	0.00	0.00
3.27	43.66	7.20	0.00	0.00
1	56.55	0.00	0.00	0.00
2.1	51.59	0.00	0.00	0.00
2.2	50.94	0.00	0.00	0.00
2.3	51.59	7.20	0.00	0.00
2.4	50.94	0.00	0.00	0.00
2.5	51.59	7.20	0.00	0.00
2.6	50.94	0.00	0.00	0.00
2.7	51.59	7.20	0.00	0.00
2.8	50.94	0.00	0.00	0.00
2.9	51.59	7.20	0.00	0.00
2.10	50.94	0.00	0.00	0.00
2.11	51.59	7.20	0.00	0.00
2.12	50.94	0.00	0.00	0.00
2.13	51.59	7.20	0.00	0.00
2.14	50.94	0.00	0.00	0.00
2.15	51.59	7.20	0.00	0.00
2.16	50.94	0.00	0.00	0.00
2.17	51.59	7.20	0.00	0.00
2.18	50.94	0.00	0.00	0.00
2.19	51.59	7.20	0.00	0.00
1.1	56.55	0.00	0.00	0.00
1.2	55.75	7.20	0.00	0.00
1.3	56.55	0.00	0.00	0.00

Input Data - Nodes

Node	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^½	Area sqft	Hose gpm
1.4	55.75	7.20	0.00	0.00
1.5	56.55	0.00	0.00	0.00
1.6	55.75	7.20	0.00	0.00
8	4.04	0.00	0.00	0.00
5.1	22.82	0.00	0.00	0.00
5.2	23.23	5.60	0.00	0.00
5.3	22.82	0.00	0.00	0.00
5.4	23.23	5.60	0.00	0.00
5.5	22.82	0.00	0.00	0.00
5.6	23.23	5.60	0.00	0.00
5.7	22.82	0.00	0.00	0.00
5.8	23.23	5.60	0.00	0.00
5.9	22.82	0.00	0.00	0.00
5.10	23.23	5.60	0.00	0.00
5.11	22.82	0.00	0.00	0.00
5.12	23.23	5.60	0.00	0.00
5.13	22.82	0.00	0.00	0.00
5.14	23.23	5.60	0.00	0.00
5.15	22.82	0.00	0.00	0.00
5.16	23.23	5.60	0.00	0.00
5.17	22.82	0.00	0.00	0.00
5.18	23.23	5.60	0.00	0.00
5.19	22.82	0.00	0.00	0.00
5.20	23.23	5.60	0.00	0.00
5.21	22.82	0.00	0.00	0.00
5.22	23.23	5.60	0.00	0.00
5.23	22.82	0.00	0.00	0.00
5.24	23.23	5.60	0.00	0.00
5.25	22.82	0.00	0.00	0.00
5.26	23.23	5.60	0.00	0.00
5.27	22.82	0.00	0.00	0.00
5.28	23.23	5.60	0.00	0.00
5.29	22.82	0.00	0.00	0.00
5.30	23.23	5.60	0.00	0.00
5.31	22.82	0.00	0.00	0.00
5.32	23.23	5.60	0.00	0.00
5.33	22.82	0.00	0.00	0.00
5.34	23.23	5.60	0.00	0.00
5.35	22.82	0.00	0.00	0.00
5.36	23.23	5.60	0.00	0.00
5.37	22.82	0.00	0.00	0.00
5.38	23.23	5.60	0.00	0.00
5.39	22.82	0.00	0.00	0.00

Input Data - Nodes

Node	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{1/2}	Area sqft	Hose gpm
5.40	23.23	5.60	0.00	0.00
5	22.82	0.00	0.00	0.00
6.1	15.71	0.00	0.00	0.00
6.2	15.71	0.00	0.00	0.00
6.3	15.22	5.60	0.00	0.00
6.4	15.71	0.00	0.00	0.00
6.5	15.22	5.60	0.00	0.00
6.6	15.71	0.00	0.00	0.00
6.7	15.22	5.60	0.00	0.00
6.8	15.71	0.00	0.00	0.00
6.9	15.22	5.60	0.00	0.00
6.10	15.71	0.00	0.00	0.00
6.11	15.22	5.60	0.00	0.00
6.12	15.71	0.00	0.00	0.00
6.13	15.22	5.60	0.00	0.00
6.14	15.71	0.00	0.00	0.00
6.15	15.22	5.60	0.00	0.00
6.16	15.71	0.00	0.00	0.00
6.17	15.22	5.60	0.00	0.00
6.18	15.71	0.00	0.00	0.00
6.19	15.22	5.60	0.00	0.00
6.20	15.71	0.00	0.00	0.00
6.21	15.22	5.60	0.00	0.00
6.22	15.71	0.00	0.00	0.00
6.23	15.22	5.60	0.00	0.00
6.24	15.71	0.00	0.00	0.00
6.25	15.22	5.60	0.00	0.00
6.26	15.71	0.00	0.00	0.00
6.27	15.22	5.60	0.00	0.00
6.28	15.71	0.00	0.00	0.00
6.29	15.22	5.60	0.00	0.00
6.30	15.71	0.00	0.00	0.00
6.31	15.22	5.60	0.00	0.00
6.32	15.71	0.00	0.00	0.00
6.33	15.22	5.60	0.00	0.00
6.34	15.71	0.00	0.00	0.00
6.35	15.22	5.60	0.00	0.00
6.36	15.71	0.00	0.00	0.00
6.37	15.22	5.60	0.00	0.00
6	15.71	0.00	0.00	0.00
7.1	9.94	0.00	0.00	0.00
7.2	9.94	0.00	0.00	0.00
7.3	10.60	5.60	0.00	0.00

Input Data - Nodes

Node	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{1/2}	Area sqft	Hose gpm
7.4	9.94	0.00	0.00	0.00
7.5	10.60	5.60	0.00	0.00
7.6	9.94	0.00	0.00	0.00
7.7	10.60	5.60	0.00	0.00
7.8	9.94	0.00	0.00	0.00
7.9	10.60	5.60	0.00	0.00
7.10	9.94	0.00	0.00	0.00
7.11	10.60	5.60	0.00	0.00
7.12	9.94	0.00	0.00	0.00
7.13	10.60	5.60	0.00	0.00
7.14	9.94	0.00	0.00	0.00
7.15	10.60	5.60	0.00	0.00
7.16	9.94	0.00	0.00	0.00
7.17	10.60	5.60	0.00	0.00
7.18	9.94	0.00	0.00	0.00
7.19	10.60	5.60	0.00	0.00
7.20	9.94	0.00	0.00	0.00
7.21	10.60	5.60	0.00	0.00
7.22	9.94	0.00	0.00	0.00
7.23	10.60	5.60	0.00	0.00
7.24	9.94	0.00	0.00	0.00
7.25	10.60	5.60	0.00	0.00
7	9.94	0.00	0.00	0.00
8.1	4.04	0.00	0.00	0.00
8.2	4.04	0.00	0.00	0.00
8.3	4.04	5.60	0.00	0.00
8.4	4.04	0.00	0.00	0.00
8.5	4.04	5.60	0.00	0.00
8.6	4.04	0.00	0.00	0.00
8.7	4.04	5.60	0.00	0.00
8.8	4.04	0.00	0.00	0.00
8.9	4.04	5.60	0.00	0.00
8.10	4.04	0.00	0.00	0.00
8.11	4.04	5.60	0.00	0.00
8.12	4.04	0.00	0.00	0.00
8.13	4.04	5.60	0.00	0.00
8.14	4.04	0.00	0.00	0.00
8.15	4.04	5.60	0.00	0.00
8.16	4.04	0.00	0.00	0.00
8.17	4.04	5.60	0.00	0.00

10.4. ANEXO D RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Hydraulic Summary

WATER SUPPLY INFORMATION:

Static (psi): 0.00
Residual (psi): 0.00
 @ (gpm): 0.00
Hose (gpm): 0.00

System req. (gpm): 3,712.23
 @ (psi): 80.85

Supply available: 0.00 psi
Safety margin: -80.85 psi

WATER SUPPLY IS INADEQUATE!

Maximum velocity in the system is: 27.57 ft/sec in the pipe between Nodes: 7 and 7.1

Continuity at all nodes satisfied to: 0.01 gpm

Pipe Type Legend

40 = Schedule 40

Fitting Type Legend

GV = Gate valve
DelV = Deluge valve
T = Tee (flow turned 90 degrees)
E = 90 degree standard elbow

NOTES:

Node	Pressure psi	Flow gpm	Hose gpm	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{1/2}	Area sqft	Density gpm/sqft
RED1	80.85	3,712.23		0.000	Source		
RED	76.28	0.00		0.000			
A	62.28	0.00		0.000			
B	62.26	0.00		0.000			
4	45.98	0.00		31.040			
3	40.22	0.00		43.660			
4.1	43.80	0.00		31.040			
4.2	42.02	0.00		31.040			
4.3	38.81	44.85		31.040	7.20		
4.4	41.54	0.00		31.040			
4.5	38.36	44.60		31.040	7.20		
4.6	41.23	0.00		31.040			
4.7	38.07	44.42		31.040	7.20		
4.8	41.04	0.00		31.040			
4.9	37.89	44.32		31.040	7.20		
4.10	40.95	0.00		31.040			
4.11	37.81	44.27		31.040	7.20		
4.12	40.92	0.00		31.040			
4.13	37.79	44.26		31.040	7.20		
4.14	40.92	0.00		31.040			
4.15	37.79	44.26		31.040	7.20		
4.16	40.95	0.00		31.040			
4.17	37.81	44.27		31.040	7.20		
4.18	41.03	0.00		31.040			
4.19	37.88	44.32		31.040	7.20		
4.20	41.21	0.00		31.040			
4.21	38.05	44.41		31.040	7.20		
4.22	41.51	0.00		31.040			
4.23	38.33	44.58		31.040	7.20		
4.24	41.97	0.00		31.040			
4.25	38.76	44.83		31.040	7.20		
4.26	42.62	0.00		31.040			
4.27	39.37	45.17		31.040	7.20		
4.28	43.50	0.00		31.040			
4.29	40.18	45.64		31.040	7.20		
2	36.72	0.00		51.590			
3.1	38.53	0.00		43.660			
3.2	37.38	0.00		43.300			
3.3	33.15	41.45		46.660	7.20		
3.4	37.02	0.00		43.300			
3.5	34.02	42.00		43.660	7.20		
3.6	36.79	0.00		43.300			
3.7	33.81	41.86		43.660	7.20		
3.8	36.67	0.00		43.300			
3.9	33.69	41.79		43.660	7.20		
3.10	36.61	0.00		43.300			
3.11	33.64	41.76		43.660	7.20		
3.12	36.60	0.00		43.300			
3.13	33.63	41.75		43.660	7.20		

Node	Pressure psi	Flow gpm	Hose gpm	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{1/2}	Area sqft	Density gpm/sqft
3.14	36.61	0.00		43.300			
3.15	33.63	41.76		43.660	7.20		
3.16	36.64	0.00		43.300			
3.17	33.66	41.78		43.660	7.20		
3.18	36.74	0.00		43.300			
3.19	33.75	41.83		43.660	7.20		
3.20	36.93	0.00		43.300			
3.21	33.93	41.94		43.660	7.20		
3.22	37.23	0.00		43.300			
3.23	34.21	42.11		43.660	7.20		
3.24	37.69	0.00		43.300			
3.25	34.64	42.37		43.660	7.20		
3.26	38.31	0.00		43.300			
3.27	35.22	42.73		43.660	7.20		
1	34.52	0.00		56.550			
2.1	34.50	0.00		51.590			
2.2	33.40	0.00		50.940			
2.3	30.55	39.79		51.590	7.20		
2.4	33.03	0.00		50.940			
2.5	30.20	39.57		51.590	7.20		
2.6	32.86	0.00		50.940			
2.7	30.04	39.46		51.590	7.20		
2.8	32.82	0.00		50.940			
2.9	30.00	39.44		51.590	7.20		
2.10	32.82	0.00		50.940			
2.11	30.00	39.44		51.590	7.20		
2.12	32.88	0.00		50.940			
2.13	30.06	39.48		51.590	7.20		
2.14	33.09	0.00		50.940			
2.15	30.25	39.60		51.590	7.20		
2.16	33.52	0.00		50.940			
2.17	30.65	39.86		51.590	7.20		
2.18	34.24	0.00		50.940			
2.19	31.32	40.29		51.590	7.20		
1.1	34.18	0.00		56.550			
1.2	31.85	40.63		55.750	7.20		
1.3	34.17	0.00		56.550			
1.4	31.83	40.62		55.750	7.20		
1.5	34.24	0.00		56.550			
1.6	31.90	40.67		55.750	7.20		
8	56.74	0.00		4.040			
5.1	47.08	0.00		22.820			
5.2	44.48	37.35		23.230	5.60		
5.3	46.45	0.00		22.820			
5.4	43.87	37.09		23.230	5.60		
5.5	45.94	0.00		22.820			
5.6	43.39	36.89		23.230	5.60		
5.7	45.55	0.00		22.820			
5.8	43.02	36.73		23.230	5.60		

Node	Pressure psi	Flow gpm	Hose gpm	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{0.5}	Area sqft	Density gpm/sqft
5.9	45.26	0.00		22.820			
5.10	42.74	36.61		23.230	5.60		
5.11	45.06	0.00		22.820			
5.12	42.55	36.53		23.230	5.60		
5.13	44.93	0.00		22.820			
5.14	42.43	36.48		23.230	5.60		
5.15	44.85	0.00		22.820			
5.16	42.35	36.44		23.230	5.60		
5.17	44.82	0.00		22.820			
5.18	42.32	36.43		23.230	5.60		
5.19	44.81	0.00		22.820			
5.20	42.32	36.43		23.230	5.60		
5.21	44.81	0.00		22.820			
5.22	42.32	36.43		23.230	5.60		
5.23	44.83	0.00		22.820			
5.24	42.33	36.44		23.230	5.60		
5.25	44.88	0.00		22.820			
5.26	42.38	36.46		23.230	5.60		
5.27	44.98	0.00		22.820			
5.28	42.48	36.50		23.230	5.60		
5.29	45.14	0.00		22.820			
5.30	42.63	36.56		23.230	5.60		
5.31	45.38	0.00		22.820			
5.32	42.86	36.66		23.230	5.60		
5.33	45.72	0.00		22.820			
5.34	43.18	36.80		23.230	5.60		
5.35	46.16	0.00		22.820			
5.36	43.60	36.98		23.230	5.60		
5.37	46.72	0.00		22.820			
5.38	44.13	37.20		23.230	5.60		
5.39	47.42	0.00		22.820			
5.40	44.80	37.48		23.230	5.60		
5	47.94	0.00		22.820			
6.1	44.53	0.00		15.710			
6.2	40.56	0.00		15.710			
6.3	38.76	34.86		15.220	5.60		
6.4	39.59	0.00		15.710			
6.5	37.83	34.44		15.220	5.60		
6.6	38.87	0.00		15.710			
6.7	37.14	34.13		15.220	5.60		
6.8	38.37	0.00		15.710			
6.9	36.66	33.91		15.220	5.60		
6.10	38.04	0.00		15.710			
6.11	36.35	33.76		15.220	5.60		
6.12	37.86	0.00		15.710			
6.13	36.18	33.68		15.220	5.60		
6.14	37.78	0.00		15.710			
6.15	36.10	33.65		15.220	5.60		
6.16	37.76	0.00		15.710			

Node	Pressure psi	Flow gpm	Hose gpm	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{0.5}	Area sqft	Density gpm/sqft
6.17	36.09	33.64		15.220	5.60		
6.18	37.77	0.00		15.710			
6.19	36.09	33.64		15.220	5.60		
6.20	37.81	0.00		15.710			
6.21	36.14	33.66		15.220	5.60		
6.22	37.94	0.00		15.710			
6.23	36.25	33.72		15.220	5.60		
6.24	38.19	0.00		15.710			
6.25	36.49	33.83		15.220	5.60		
6.26	38.60	0.00		15.710			
6.27	36.88	34.01		15.220	5.60		
6.28	39.20	0.00		15.710			
6.29	37.46	34.28		15.220	5.60		
6.30	40.05	0.00		15.710			
6.31	38.27	34.64		15.220	5.60		
6.32	41.16	0.00		15.710			
6.33	39.33	35.12		15.220	5.60		
6.34	42.59	0.00		15.710			
6.35	40.69	35.72		15.220	5.60		
6.36	44.38	0.00		15.710			
6.37	42.40	36.46		15.220	5.60		
6	51.39	0.00		15.710			
7.1	44.35	0.00		9.940			
7.2	40.85	0.00		9.940			
7.3	38.55	34.77		10.600	5.60		
7.4	39.79	0.00		9.940			
7.5	37.54	34.31		10.600	5.60		
7.6	39.14	0.00		9.940			
7.7	36.92	34.03		10.600	5.60		
7.8	38.80	0.00		9.940			
7.9	36.60	33.88		10.600	5.60		
7.10	38.68	0.00		9.940			
7.11	36.48	33.82		10.600	5.60		
7.12	38.67	0.00		9.940			
7.13	36.47	33.82		10.600	5.60		
7.14	38.70	0.00		9.940			
7.15	36.50	33.83		10.600	5.60		
7.16	38.87	0.00		9.940			
7.17	36.66	33.91		10.600	5.60		
7.18	39.28	0.00		9.940			
7.19	37.06	34.09		10.600	5.60		
7.20	40.03	0.00		9.940			
7.21	37.78	34.42		10.600	5.60		
7.22	41.22	0.00		9.940			
7.23	38.91	34.93		10.600	5.60		
7.24	42.94	0.00		9.940			
7.25	40.55	35.66		10.600	5.60		
7	54.12	0.00		9.940			
8.1	49.75	0.00		4.040			

Node	Pressure psi	Flow gpm	Hose gpm	Elevation feet	K-factor gpm/(psi) ^{1/2}	Area sqft	Density gpm/sqft
8.2	48.13	0.00		4.040			
8.3	42.94	36.70		4.040	5.60		
8.4	47.94	0.00		4.040			
8.5	45.60	37.81		4.040	5.60		
8.6	47.81	0.00		4.040			
8.7	45.48	37.76		4.040	5.60		
8.8	47.81	0.00		4.040			
8.9	45.47	37.76		4.040	5.60		
8.10	47.84	0.00		4.040			
8.11	42.68	36.58		4.040	5.60		
8.12	47.96	0.00		4.040			
8.13	45.62	37.82		4.040	5.60		
8.14	48.54	0.00		4.040			
8.15	46.17	38.05		4.040	5.60		
8.16	49.56	0.00		4.040			
8.17	47.14	38.45		4.040	5.60		

Begin Node	End Node	Flow gpm	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Length feet	Eqv Length feet	Ttl Length feet	Fric Loss psi/ft	Ttl FL psi	Elev Loss psi	Velocity ft/s
RED1	> RED	3,712.23	13.124	40		120	492.000	0.000	492.000	0.009	4.57	0.00	8.80
RED	> A	3,712.23	10.020	40	2GV DeIV	120	19.600	385.750	405.350	0.035	14.00	0.00	15.10
A	> B	2,064.05	10.020	40		150	3.240	0.000	3.240	0.008	0.02	0.00	8.40
A	> 4	1,648.17	7.981	40	T 3E GV	150	44.490	140.529	185.020	0.015	2.85	13.45	10.57
4	> 3	1,023.97	6.065	40		150	11.900	0.000	11.900	0.024	0.29	5.47	11.37
4	> 4.1	624.20	4.026	40	T	150	0.160	30.221	30.380	0.072	2.18	0.00	15.73
4.1	> 4.2	268.74	3.068	40	T	150	8.810	22.666	31.480	0.057	1.78	0.00	11.66
4.1	> 4.28	355.46	3.068	40		150	3.230	0.000	3.230	0.095	0.31	0.00	15.43
4.2	> 4.3	44.85	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.384	3.22	0.00	16.65
4.2	> 4.4	223.89	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.040	0.48	0.00	9.72
4.4	> 4.5	44.60	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.380	3.18	0.00	16.55
4.4	> 4.6	179.29	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.027	0.32	0.00	7.78
4.6	> 4.7	44.42	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.377	3.16	0.00	16.49
4.6	> 4.8	134.87	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.016	0.19	0.00	5.85
4.8	> 4.9	44.32	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.375	3.15	0.00	16.45
4.8	> 4.10	90.55	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.008	0.09	0.00	3.93
4.10	> 4.11	44.27	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.375	3.14	0.00	16.44
4.10	> 4.12	46.27	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.002	0.03	0.00	2.01
4.12	> 4.13	44.26	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.374	3.14	0.00	16.43
4.12	> 4.14	2.02	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.000	0.00	0.00	0.09
4.14	> 4.15	44.26	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.374	3.14	0.00	16.43
4.14	< 4.16	42.24	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.002	0.02	0.00	1.83
4.16	> 4.17	44.27	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.375	3.14	0.00	16.43
4.16	< 4.18	86.51	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.007	0.08	0.00	3.75
4.18	> 4.19	44.32	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.375	3.14	0.00	16.45
4.18	< 4.20	130.83	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.015	0.18	0.00	5.68
4.20	> 4.21	44.41	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.377	3.16	0.00	16.49
4.20	< 4.22	175.24	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.026	0.30	0.00	7.61
4.22	> 4.23	44.58	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.379	3.18	0.00	16.55
4.22	< 4.24	219.82	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.039	0.46	0.00	9.54
4.24	> 4.25	44.83	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.383	3.21	0.00	16.64
4.24	< 4.26	264.64	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.055	0.65	0.00	11.49
4.26	> 4.27	45.17	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.389	3.26	0.00	16.77
4.26	< 4.28	309.82	3.068	40		150	11.860	0.000	11.860	0.074	0.87	0.00	13.45
4.28	> 4.29	45.64	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.396	3.32	0.00	16.94
3	> 2	478.84	6.065	40		150	11.430	0.000	11.430	0.006	0.07	3.44	5.32
3	> 3.1	545.13	4.026	40	T	150	0.210	30.221	30.430	0.056	1.70	0.00	13.74
3.1	> 3.2	237.39	3.068	40	T	150	6.250	22.666	28.920	0.045	1.30	-0.16	10.30
3.1	> 3.26	307.74	3.068	40		150	5.100	0.000	5.100	0.073	0.37	-0.16	13.36
3.2	> 3.3	41.45	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.332	2.78	1.46	15.39
3.2	> 3.4	195.94	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.032	0.36	0.00	8.50
3.4	> 3.5	42.00	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.340	2.85	0.16	15.59
3.4	> 3.6	153.94	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.020	0.23	0.00	6.68
3.6	> 3.7	41.86	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.338	2.83	0.16	15.54
3.6	> 3.8	112.08	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.011	0.13	0.00	4.86
3.8	> 3.9	41.79	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.337	2.82	0.16	15.51
3.8	> 3.10	70.29	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.005	0.05	0.00	3.05
3.10	> 3.11	41.76	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.336	2.82	0.16	15.50
3.10	> 3.12	28.53	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.001	0.01	0.00	1.24
3.12	> 3.13	41.75	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.336	2.82	0.16	15.50
3.12	< 3.14	13.23	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.000	0.00	0.00	0.57
3.14	> 3.15	41.76	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.336	2.82	0.16	15.50
3.14	< 3.16	54.98	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.003	0.03	0.00	2.39
3.16	> 3.17	41.78	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.336	2.82	0.16	15.51
3.16	< 3.18	96.76	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.009	0.10	0.00	4.20
3.18	> 3.19	41.83	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.337	2.83	0.16	15.53
3.18	< 3.20	138.59	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.017	0.19	0.00	6.01
3.20	> 3.21	41.94	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.339	2.84	0.16	15.57
3.20	< 3.22	180.53	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.027	0.31	0.00	7.83
3.22	> 3.23	42.11	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.342	2.86	0.16	15.63

Begin Node	End Node	Flow gpm	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Length Eqv feet	Length feet	Ttl Length feet	Fric Loss psi/ft	Ttl FL Loss psi	Elev Loss psi	Velocity ft/s
3.22	< 3.24	222.64	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.040	0.45	0.00	9.66
3.24	> 3.25	42.37	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.345	2.89	0.16	15.73
3.24	< 3.26	265.02	3.068	40		150	11.340	0.000	11.340	0.055	0.63	0.00	11.50
3.26	> 3.27	42.73	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.351	2.94	0.16	15.86
2	> 1	121.92	4.026	40		150	13.210	0.000	13.210	0.003	0.05	2.15	3.07
2	> 2.1	356.92	3.068	40	T	150	0.500	22.666	23.170	0.096	2.22	0.00	15.49
2.1	> 2.2	153.94	2.469	40	T	150	5.600	18.133	23.730	0.058	1.38	-0.28	10.32
2.1	> 2.18	202.98	2.469	40		150	5.600	0.000	5.600	0.097	0.54	-0.28	13.60
2.2	> 2.3	39.79	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.307	2.58	0.28	14.77
2.2	> 2.4	114.15	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.033	0.37	0.00	7.65
2.4	> 2.5	39.57	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.304	2.55	0.28	14.69
2.4	> 2.6	74.59	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.015	0.17	0.00	5.00
2.6	> 2.7	39.46	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.303	2.54	0.28	14.65
2.6	> 2.8	35.13	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.004	0.04	0.00	2.35
2.8	> 2.9	39.44	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.302	2.53	0.28	14.64
2.8	< 2.10	4.31	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.000	0.00	0.00	0.29
2.10	> 2.11	39.44	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.302	2.53	0.28	14.64
2.10	< 2.12	43.75	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.006	0.06	0.00	2.93
2.12	> 2.13	39.48	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.303	2.54	0.28	14.65
2.12	< 2.14	83.22	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.019	0.21	0.00	5.58
2.14	> 2.15	39.60	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.305	2.55	0.28	14.70
2.14	< 2.16	122.82	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.038	0.43	0.00	8.23
2.16	> 2.17	39.86	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.308	2.59	0.28	14.80
2.16	< 2.18	162.69	2.469	40		150	11.210	0.000	11.210	0.064	0.72	0.00	10.90
2.18	> 2.19	40.29	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.315	2.64	0.28	14.96
1	> 1.1	52.54	2.067	40	T	150	3.030	15.111	18.140	0.019	0.34	0.00	5.02
1	> 1.5	69.38	2.067	40		150	9.060	0.000	9.060	0.032	0.29	0.00	6.63
1.1	> 1.2	40.63	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.320	2.68	-0.35	15.08
1.1	> 1.3	11.91	2.067	40		150	11.350	0.000	11.350	0.001	0.01	0.00	1.14
1.3	> 1.4	40.62	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.319	2.68	-0.35	15.08
1.3	< 1.5	28.72	2.067	40		150	11.350	0.000	11.350	0.006	0.07	0.00	2.75
1.5	> 1.6	40.67	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.320	2.68	-0.35	15.10
B	> 8	2,064.05	7.981	40	T 3E GV	150	20.450	140.529	160.980	0.023	3.76	1.75	13.24
8	> 7	1,763.11	7.981	40		150	3.700	0.000	3.700	0.017	0.06	2.56	11.31
7	> 6	1,351.64	6.065	40		150	5.770	0.000	5.770	0.041	0.23	2.50	15.01
6	> 5	734.48	6.065	40	E	150	7.100	21.155	28.250	0.013	0.37	3.08	8.16
5	> 5.1	358.59	4.026	40	T	150	3.130	30.221	33.350	0.026	0.86	0.00	9.04
5	> 5.39	375.89	3.068	40		150	4.920	0.000	4.920	0.105	0.52	0.00	16.31
5.1	> 5.2	37.35	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.273	2.43	0.18	13.86
5.1	> 5.3	321.24	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.079	0.63	0.00	13.94
5.3	> 5.4	37.09	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.270	2.39	0.18	13.77
5.3	> 5.5	284.15	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.063	0.50	0.00	12.33
5.5	> 5.6	36.89	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.267	2.37	0.18	13.69
5.5	> 5.7	247.26	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.048	0.39	0.00	10.73
5.7	> 5.8	36.73	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.265	2.35	0.18	13.64
5.7	> 5.9	210.53	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.036	0.29	0.00	9.14
5.9	> 5.10	36.61	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.264	2.34	0.18	13.59
5.9	> 5.11	173.92	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.025	0.20	0.00	7.55
5.11	> 5.12	36.53	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.262	2.33	0.18	13.56
5.11	> 5.13	137.39	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.016	0.13	0.00	5.96
5.13	> 5.14	36.48	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.262	2.32	0.18	13.54
5.13	> 5.15	100.92	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.009	0.07	0.00	4.38
5.15	> 5.16	36.44	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.261	2.32	0.18	13.53
5.15	> 5.17	64.47	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.004	0.03	0.00	2.80
5.17	> 5.18	36.43	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.261	2.32	0.18	13.52
5.17	> 5.19	28.04	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.001	0.01	0.00	1.22
5.19	> 5.20	36.43	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.261	2.32	0.18	13.52
5.19	< 5.21	8.39	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.000	0.00	0.00	0.36
5.21	> 5.22	36.43	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.261	2.32	0.18	13.52
5.21	< 5.23	44.82	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.002	0.02	0.00	1.95

Begin Node	End Node	Flow gpm	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Length Eqv feet	Length feet	Ttl Length feet	Fric Loss psi/ft	Ttl FL psi	Elev Loss psi	Velocity ft/s
5.23	> 5.24	36.44	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.261	2.32	0.18	13.53
5.23	< 5.25	81.25	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.006	0.05	0.00	3.53
5.25	> 5.26	36.46	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.261	2.32	0.18	13.53
5.25	< 5.27	117.71	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.012	0.10	0.00	5.11
5.27	> 5.28	36.50	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.262	2.32	0.18	13.55
5.27	< 5.29	154.21	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.020	0.16	0.00	6.69
5.29	> 5.30	36.56	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.263	2.33	0.18	13.57
5.29	< 5.31	190.77	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.030	0.24	0.00	8.28
5.31	> 5.32	36.66	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.264	2.34	0.18	13.61
5.31	< 5.33	227.43	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.042	0.33	0.00	9.87
5.33	> 5.34	36.80	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.266	2.36	0.18	13.66
5.33	< 5.35	264.23	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.055	0.44	0.00	11.47
5.35	> 5.36	36.98	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.268	2.38	0.18	13.73
5.35	< 5.37	301.21	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.070	0.56	0.00	13.07
5.37	> 5.38	37.20	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.271	2.41	0.18	13.81
5.37	< 5.39	338.41	3.068	40		150	8.050	0.000	8.050	0.087	0.70	0.00	14.69
5.39	> 5.40	37.48	1.049	40	T	150	1.310	7.555	8.870	0.275	2.44	0.18	13.91
6	> 6.1	617.16	3.068	40	T	150	3.380	22.666	26.050	0.263	6.86	0.00	26.78
6.1	> 6.2	263.54	2.469	40	T	150	7.100	18.133	25.230	0.157	3.97	0.00	17.66
6.1	> 6.36	353.62	2.469	40		150	0.560	0.000	0.560	0.271	1.15	0.00	23.70
6.2	> 6.3	34.86	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.241	2.02	-0.21	12.94
6.2	> 6.4	228.67	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.121	0.97	0.00	15.32
6.4	> 6.5	34.44	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.235	1.97	-0.21	12.79
6.4	> 6.6	194.23	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.089	0.72	0.00	13.02
6.6	> 6.7	34.13	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.231	1.94	-0.21	12.67
6.6	> 6.8	160.10	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.063	0.50	0.00	10.73
6.8	> 6.9	33.91	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.229	1.92	-0.21	12.59
6.8	> 6.10	126.19	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.040	0.32	0.00	8.46
6.10	> 6.11	33.76	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.227	1.90	-0.21	12.53
6.10	> 6.12	92.43	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.023	0.18	0.00	6.19
6.12	> 6.13	33.68	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.226	1.89	-0.21	12.50
6.12	> 6.14	58.75	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.010	0.08	0.00	3.94
6.14	> 6.15	33.65	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.225	1.89	-0.21	12.49
6.14	> 6.16	25.10	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.002	0.02	0.00	1.68
6.16	> 6.17	33.64	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.225	1.89	-0.21	12.49
6.16	< 6.18	8.54	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.000	0.00	0.00	0.57
6.18	> 6.19	33.64	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.225	1.89	-0.21	12.49
6.18	< 6.20	42.19	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.005	0.04	0.00	2.83
6.20	> 6.21	33.66	1.049	40	T	150	0.800	7.555	8.360	0.226	1.89	-0.21	12.50
6.20	< 6.22	75.85	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.016	0.13	0.00	5.08
6.22	> 6.23	33.72	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.226	1.90	-0.21	12.52
6.22	< 6.24	109.57	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.031	0.25	0.00	7.34
6.24	> 6.25	33.83	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.228	1.91	-0.21	12.56
6.24	< 6.26	143.39	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.051	0.41	0.00	9.61
6.26	> 6.27	34.01	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.230	1.93	-0.21	12.62
6.26	< 6.28	177.40	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.076	0.61	0.00	11.89
6.28	> 6.29	34.28	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.233	1.96	-0.21	12.72
6.28	< 6.30	211.68	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.105	0.84	0.00	14.18
6.30	> 6.31	34.64	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.238	1.99	-0.21	12.86
6.30	< 6.32	246.32	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.139	1.12	0.00	16.51
6.32	> 6.33	35.12	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.244	2.05	-0.21	13.04
6.32	< 6.34	281.44	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.177	1.43	0.00	18.86
6.34	> 6.35	35.72	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.252	2.11	-0.21	13.26
6.34	< 6.36	317.16	2.469	40		150	8.050	0.000	8.050	0.221	1.78	0.00	21.25
6.36	> 6.37	36.46	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.262	2.19	-0.21	13.54
7	> 7.1	411.47	2.469	40	T	150	9.150	18.133	27.280	0.358	9.78	0.00	27.57
7.1	> 7.2	183.11	2.067	40	T	150	3.280	15.111	18.390	0.190	3.50	0.00	17.51
7.1	> 7.24	228.36	2.067	40		150	4.920	0.000	4.920	0.286	1.41	0.00	21.83
7.2	> 7.3	34.77	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.240	2.01	0.29	12.91
7.2	> 7.4	148.34	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.129	1.06	0.00	14.18

Begin Node	End Node	Flow gpm	Diameter inches	Type	Fittings	C-Value	Length feet	Eqv Length feet	Ttl Length feet	Fric Loss psi/ft	Ttl FL psi	Elev Loss psi	Velocity ft/s
7.4	> 7.5	34.31	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.234	1.96	0.29	12.74
7.4	> 7.6	114.03	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.079	0.65	0.00	10.90
7.6	> 7.7	34.03	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.230	1.93	0.29	12.63
7.6	> 7.8	80.00	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.041	0.34	0.00	7.65
7.8	> 7.9	33.88	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.228	1.91	0.29	12.58
7.8	> 7.10	46.12	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.015	0.12	0.00	4.41
7.10	> 7.11	33.82	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.228	1.91	0.29	12.56
7.10	> 7.12	12.30	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.001	0.01	0.00	1.18
7.12	> 7.13	33.82	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.228	1.91	0.29	12.55
7.12	< 7.14	21.52	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.004	0.03	0.00	2.06
7.14	> 7.15	33.83	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.228	1.91	0.29	12.56
7.14	> 7.16	55.35	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.021	0.17	0.00	5.29
7.16	> 7.17	33.91	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.229	1.92	0.29	12.59
7.16	< 7.18	89.26	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.050	0.41	0.00	8.53
7.18	> 7.19	34.09	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.231	1.94	0.29	12.66
7.18	< 7.20	123.35	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.092	0.75	0.00	11.79
7.20	> 7.21	34.42	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.235	1.97	0.29	12.78
7.20	< 7.22	157.77	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.145	1.19	0.00	15.08
7.22	> 7.23	34.93	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.242	2.02	0.29	12.97
7.22	< 7.24	192.70	2.067	40		150	8.210	0.000	8.210	0.209	1.72	0.00	18.42
7.24	> 7.25	35.66	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.251	2.10	0.29	13.24
8	> 8.1	300.94	2.469	40	T	150	16.700	18.133	34.830	0.201	7.00	0.00	20.17
8.1	> 8.2	120.40	2.067	40	T	150	3.300	15.111	18.410	0.088	1.61	0.00	11.51
8.1	> 8.16	180.54	2.067	40		150	1.000	0.000	1.000	0.185	0.19	0.00	17.26
8.2	> 8.3	36.70	1.049	40	T 2E	150	6.000	13.600	19.600	0.265	5.19	0.00	13.62
8.2	> 8.4	83.70	2.067	40		150	4.300	0.000	4.300	0.045	0.19	0.00	8.00
8.4	> 8.5	37.81	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.280	2.34	0.00	14.04
8.4	> 8.6	45.89	2.067	40		150	8.600	0.000	8.600	0.015	0.13	0.00	4.39
8.6	> 8.7	37.76	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.279	2.34	0.00	14.02
8.6	> 8.8	8.13	2.067	40		150	8.600	0.000	8.600	0.001	0.01	0.00	0.78
8.8	> 8.9	37.76	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.279	2.34	0.00	14.02
8.8	< 8.10	29.63	2.067	40		150	4.300	0.000	4.300	0.007	0.03	0.00	2.83
8.10	> 8.11	36.58	1.049	40	T 2E	150	6.000	13.600	19.600	0.263	5.16	0.00	13.58
8.10	< 8.12	66.22	2.067	40		150	4.300	0.000	4.300	0.029	0.12	0.00	6.33
8.12	> 8.13	37.82	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.280	2.35	0.00	14.04
8.12	< 8.14	104.04	2.067	40		150	8.600	0.000	8.600	0.067	0.58	0.00	9.95
8.14	> 8.15	38.05	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.283	2.37	0.00	14.12
8.14	< 8.16	142.09	2.067	40		150	8.600	0.000	8.600	0.119	1.02	0.00	13.59
8.16	> 8.17	38.45	1.049	40	T	150	0.820	7.555	8.380	0.289	2.42	0.00	14.27