



*Buenas prácticas en el diseño de sistemas  
de aspersion siguiendo los requisitos de  
NFPA 15 - edición 2017, en Plantas  
Envasadoras de GLP*

## INDICE

1. Alcance
2. Documentos
3. Esquema General del Sistema Fijo de Aspersión
4. Válvula de Control
5. Válvula de Accionamiento
6. Tuberías y Accesorios
7. Boquillas de Aspersión
8. Equipos de Detección Automáticos
  - a. Rociadores Piloto
  - b. Detectores de Llama

## 1. Alcance.-

El presente documento contempla los requisitos mínimos comúnmente verificados en Sistemas Fijos de Aspersión, para Plantas Envasadoras de GLP, a fin de evidenciar el cumplimiento de NFPA 15, edición 2017. Por ello, este documento debe utilizarse considerándola sólo como una guía base.

Esta Guía está destinada a los agentes de Plantas Envasadoras de GLP a fin de ayudar a comprender y cumplir con sus obligaciones y responsabilidades. Los ingenieros y demás personas que se dedican al diseño de sistemas de aspersión en Plantas Envasadoras de GLP no deberán usar esta información como única fuente para demostrar el cumplimiento de código, norma o estándar aplicable.

Para la aceptación del Sistema Fijo de Aspersores se deberá cumplir con lo requerido en NFPA 15 y que además el Sistema Fijo de Aspersión deberá superar las pruebas de aceptación. En este documento no se indican recomendaciones referidos a las pruebas requeridas para su aceptación. Para ello, un documento a revisar lo pueden encontrar en:

[https://www.osineergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/hidrocarburos/Documentos/Almacenamiento/Documentos-Tecnicos/Almacenamiento-DT-Pruebas-aspersores-PEGLP-NFPA-15-Osineergmin.pdf](https://www.osineergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/hidrocarburos/Documentos/Almacenamiento/Documentos-Tecnicos/Almacenamiento-DT-Pruebas-aspersores-PEGLP-NFPA-15-Osineergmin.pdf)

El propietario de la planta es responsable del cumplimiento de todo lo indicado en las normas NFPA que corresponda al diseño, materiales e instalación del Sistema Fijo de Aspersión. En caso existieran discrepancias entre lo indicado en el presente documento y lo requerido por NFPA, primará lo que se indique en la norma NFPA correspondiente.

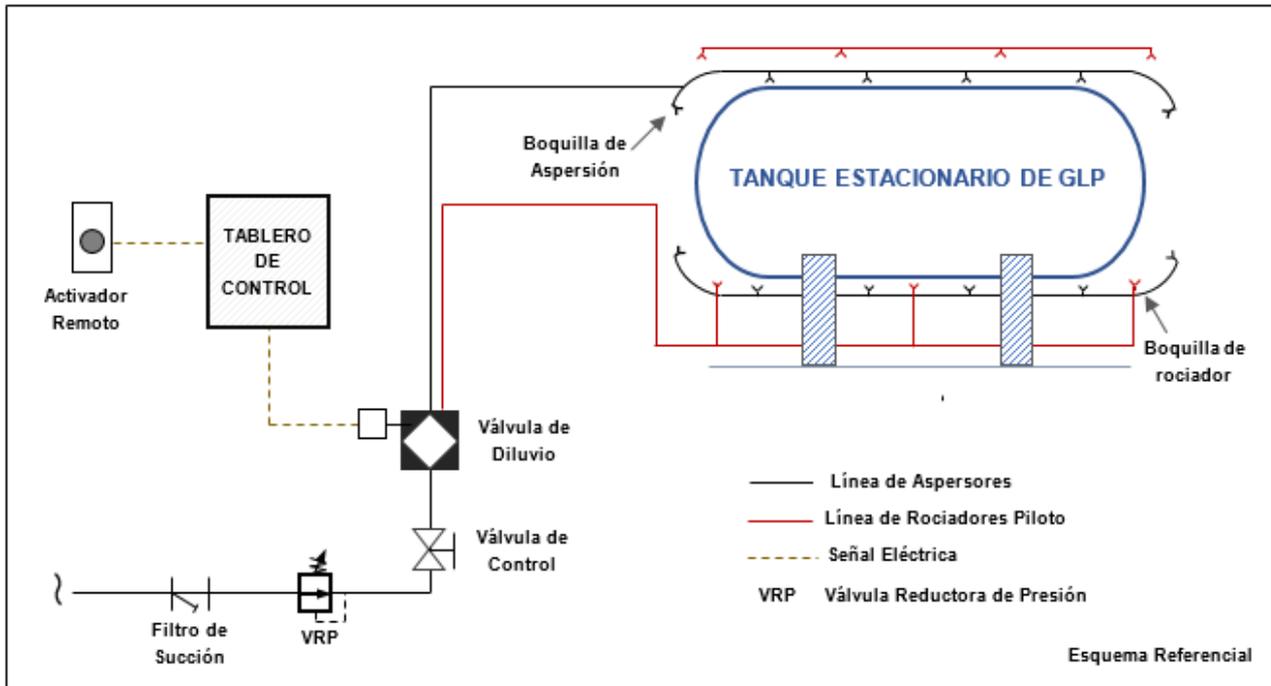
## 2. Documentos.

- ✓ Estudio de Riesgos
- ✓ Cálculos hidráulicos
- ✓ Memoria descriptiva correspondiente al Sistema Fijo de Aspersión
- ✓ Especificaciones Técnicas
- ✓ Planos de tuberías y accesorios

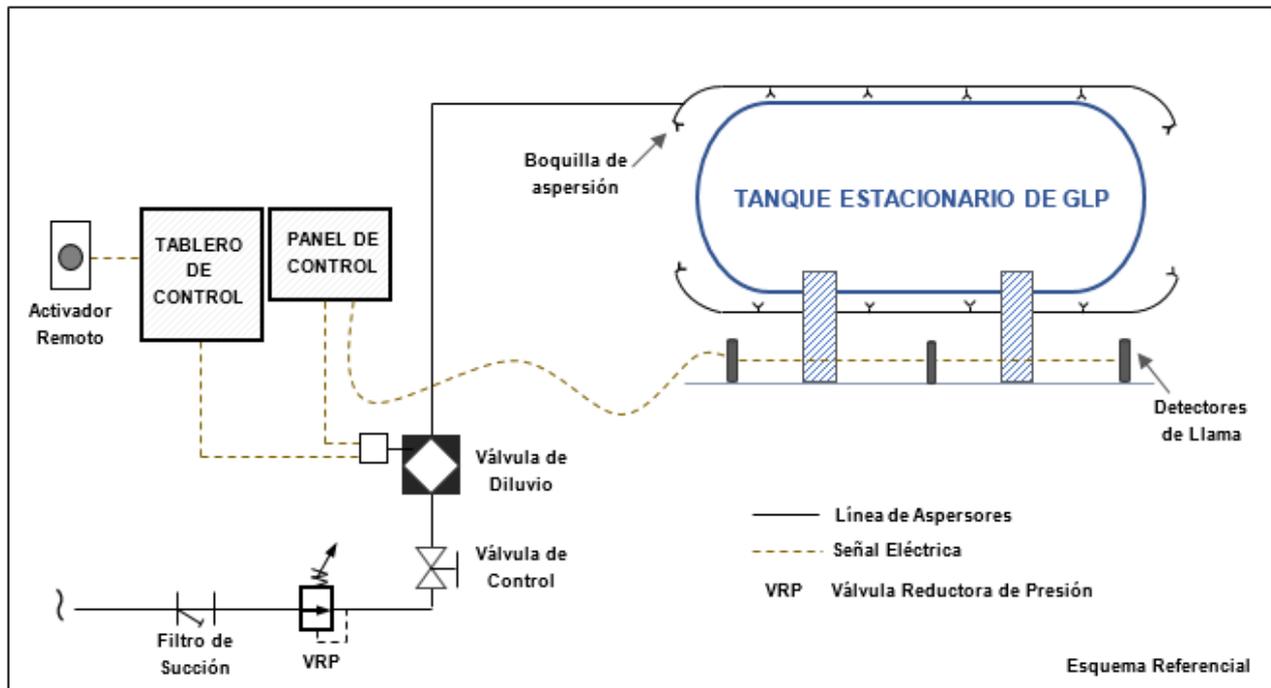
## 3. Esquema general del Sistema Fijo de Aspersión

En los siguientes esquemas se muestran 2 arreglos típicos para el Sistema Fijo de Aspersión en Planta Envasadora de GLP.

**SISTEMA FIJO DE ASPERSIÓN CON ROCIADORES PILOTOS**



**SISTEMA FIJO DE ASPERSIÓN CON DETECTORES DE LLAMA**



## 4. Válvula de Control

- 4.1 Verificar que la válvula de control del Sistema Fijo de Aspersión sea indicadora y listada<sup>1</sup>. Además, la válvula deberá contar con un letrero de identificación ya sea de plástico o metal que indique el Sistema que controla<sup>2</sup>.

**En las imágenes se puede apreciar una válvula de control listada. Sin embargo, no cuenta con un letrero que indique el sistema que controla, así como una supervisión en posición abierta.**



- 4.2 Verificar que la válvula de control del Sistema Fijo de Aspersión se encuentre a más de 15.2m de zonas con potencial de afectación debido al riesgo de calor radiante, impacto o explosión<sup>3</sup>. Además, su ubicación debe ser accesible para su manejo<sup>4</sup>.



**Instalación Incorrecta de la válvula de control del Sistema Fijo de Aspersión ya que se encuentra muy cerca de una zona con potencial de afectación**

<sup>1</sup> Numeral 5.7.1.1 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

“Todas las válvulas que controlan las conexiones con los suministros de agua y con las tuberías de suministro con las boquillas de agua pulverizada deben ser válvulas indicadoras listadas.”

<sup>2</sup> Numeral 5.7.4 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

“Todas las válvulas de control, drenaje y de conexiones para pruebas deben estar provistas de letreros de identificación de plástico rígido o de metal, impermeables y de señalización permanente.”

<sup>3</sup> Numeral 6.3.6 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

“(…) Donde se instalen sistemas de agua pulverizada en áreas con un potencial de explosiones, deben ser instalados de manera que se minimicen los daños en las tuberías y las válvulas de accionamiento y control del sistema.”

<sup>4</sup> Numeral 6.3.1.1 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

“(…) Cada sistema debe estar provisto de una válvula de control, ubicada de manera que se encuentre accesible durante un incendio en el área que el sistema protege, o en cualquiera de las áreas adyacentes (…)”

- 4.3 Verificar que la válvula de control este supervisada en posición normalmente abierta; con el fin de asegurar que el sistema fijo de aspersión no deje de operar por falta de agua<sup>5</sup>.

La supervisión de estas válvulas se efectúa por cualquiera de los siguientes métodos:

- ✓ Señalización de estación central remota o, Señalización de estación local con señal audible: Estos métodos permiten la notificación que la válvula fue cerrada, mediante una alarma audible enviada al personal responsable de la operación o mantenimiento, para que tome las acciones correspondientes.
- ✓ El bloqueo de la válvula de control en posición abierta. (por ejemplo, con cadenas)
- ✓ El sellado de la válvula e inspección semanal registrada y aprobada.

## 5. Válvula de Actuación (generalmente válvula de diluvio)

- 5.1 Verificar que la válvula de diluvio del Sistema Fijo de Aspersión y sus accesorios para el encendido/apagado, sean listados y compatibles<sup>6</sup>. Esto incluye tanto los accesorios instalados, junto la válvula, como el sistema manual remoto para la activación<sup>7</sup>.



**Válvula de Diluvio Listada**



**Activador Manual Local Listado**



**Tablero de Control de Activación Remoto Listado**

- 5.2 Verificar que la válvula de diluvio se encuentre alejada a más de 15.2m de zonas con potencial de afectación (calor radiante, impacto o explosiones). Además, la válvula deberá estar protegida por una caseta resistente a impactos o un muro contra explosiones para al menos una sobrepresión de 3 psi<sup>8</sup>. Cabe señalar que la ubicación de la válvula de actuación deberá ser accesible para su manejo<sup>9</sup>

<sup>5</sup> **Numeral 6.3.1.2 de la norma NFPA 15, Edición 2017.**

"(...) Las válvulas que controlan el suministro de agua a los sistemas de agua pulverizada deben ser supervisadas en la posición de normalmente abiertas (...)"

<sup>6</sup> **Numeral 5.7.2.1 de la norma NFPA 15, Edición 2017.**

"Las válvulas de accionamiento del sistema deben ser listadas"

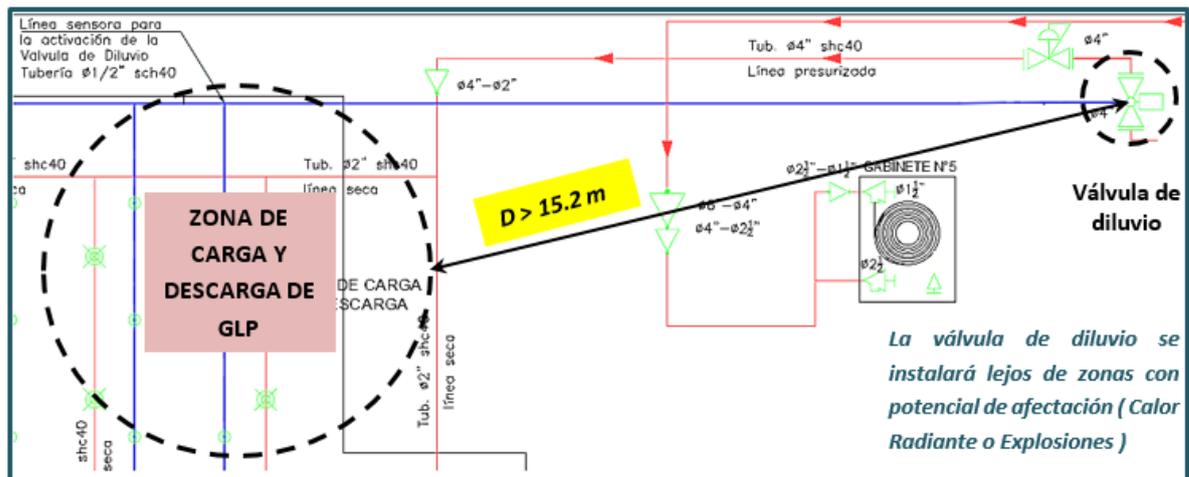
<sup>7</sup> **Numeral 5.7.2.2 de la norma NFPA 15, Edición 2017.**

"Los accesorios que se usen para el funcionamiento de la válvula de accionamiento del sistema debe estar listados y ser compatibles."

<sup>8</sup> **Numeral A.6.3.6 de la norma NFPA 15, Edición 2017.**

<sup>9</sup> **Numeral 6.3.1.4 de la norma NFPA 15, Edición 2017.**

"Las válvulas de accionamiento del sistema deben estar tan cerca del riesgo protegido como lo permita la accesibilidad durante una condición de emergencia."



**Distancia mínima entre la válvula de diluvio y una zona con potencial afectación**

- 5.3 Verificar que la válvula de diluvio cuenta con un manómetro aguas arriba<sup>10</sup>. Este manómetro usualmente debería tener un rango de 20 a 400 psi para el registro de presión.
- 5.4 Verificar que la válvula de diluvio cuenta con los siguientes tipos de activación<sup>11</sup>:
- Activación manual local (Ubicado en la válvula de activación)
  - Activación manual remoto
  - Activación automática (Mediante detectores de llama o rociadores piloto)



**Manómetro de la Cámara de Diafragma de la Válvula**

**Manómetro Aguas Arriba**

**La válvula de diluvio debe contar con un manómetro aguas arriba, para el registro de la presión de entrada a la válvula.**

<sup>10</sup> **Numeral 6.4.4.1 de la norma NFPA 15, Edición 2017.**

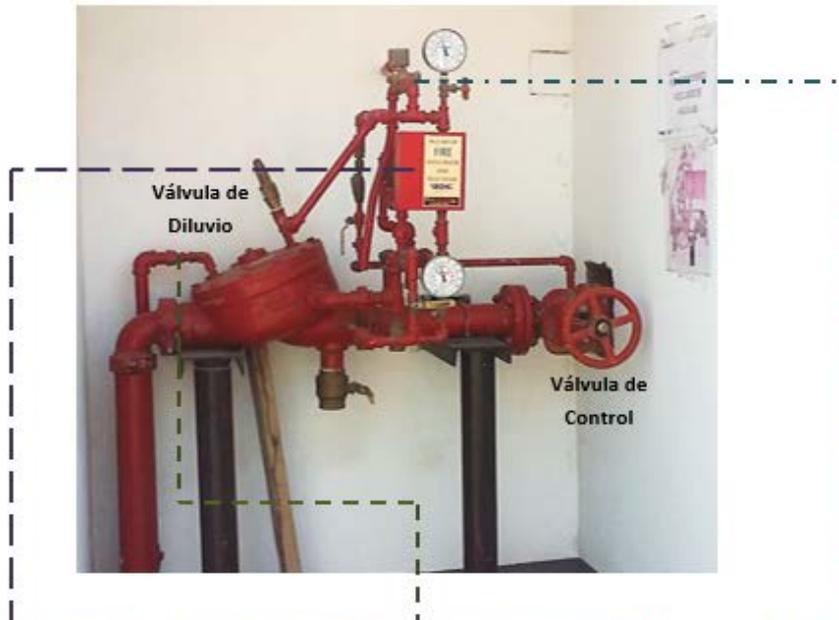
“Los manómetros serán instalados de la siguiente manera:

- (1) Debajo de la válvula de accionamiento del sistema
- (2) Encima y debajo de las válvulas de retención de la válvula de alarma
- (3) En las líneas piloto para suministro de aire o agua ”

<sup>11</sup> **Numeral 5.7.2.3 de la NFPA 15, Edición 2017**

“Las válvulas de accionamiento del sistema deben estar provistas de medios de accionamiento manuales, independientes del sistema de liberación automática y dispositivos de detección.”

Vista de la válvula de Diluvio



Activación Manual Local



Activación por Detección Automática (Rociadores Piloto)



Activación Manual Remota

## 6. Tuberías y accesorios

- 6.1 Verificar que en el Sistema Fijo de Aspersión el tamaño del diámetro de las tuberías de acero y acero galvanizado es mayor de 1 pulgada (25mm)<sup>12</sup>. Cabe señalar que las tuberías del sistema deben estar protegidas contra la corrosión mediante recubrimientos u otras formas de protección aplicadas por el fabricante<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Numeral 5.3.8 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

"El tamaño mínimo de las tuberías debe ser del 1 pulg. (25 mm) para acero y acero galvanizado, y de 3/4 pulg. (19 mm) para cobre y acero inoxidable."

<sup>13</sup> Numeral 5.3.7 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

"Debe permitirse el uso de tuberías recubiertas y listadas o el uso de un sistema resistente a la corrosión listado que sea aplicado a las tuberías, cuando ningún otro material pueda proveer la resistencia a la corrosión requerida para un uso particular o específico."



**Vista de las tuberías del Sistema de Aspersión debidamente pintadas**

- 6.2 Verificar que las tuberías del sistema estén sostenidas por estructuras de acero, concreto o soportes, a fin de mantener la integridad en caso de incendio (Ver Anexo II)<sup>14</sup>. Cabe señalar que para el caso de soportes estos serán construidos con tubería roscada Cédula 40, base de brida de hierro maleable y tapa superior roscada<sup>15</sup>.



**Vista de los Soportes del Sistema Fijo de Aspersión**

- 6.3 Verificar que en sistemas donde los aspersores tienen un orificio de salida menor a 9.5 mm, se haya instalado filtros de succión en la tubería principal del sistema, para depurar el agua de sólidos con un tamaño suficiente para obstruir las boquillas<sup>16</sup>.

Los filtros de succión deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deben ser listados para su uso.
- Deben incorporar una conexión para el lavado de descarga.
- Deben estar instalados de manera que sean accesibles para su lavado o limpieza

<sup>14</sup> *Numerales 6.3.2.1 y 6.3.2.2 de la NFPA 15, Edición 2017.*

<sup>15</sup> *Numeral 6.3.2.2.6 de la norma NFPA 15, Edición 2017.*

*“Los soportes de tuberías deben estar construidos con tubería roscada Cédula 40, base de brida de hierro maleable y deben tener una tapa superior roscada, ranurada o soldada.*

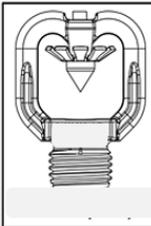
<sup>16</sup> *Numeral 6.4.6 de la norma NFPA 15, Edición 2017.*

*“Deben proveerse filtros de succión en las redes de tuberías principales para todos los sistemas que utilizan boquillas con tuberías de agua de menos de 9.5 mm (...)”*

**Descripción:**

Las boquillas pulverizadoras 3D Viking modelo aplicaciones de descarga direccional en sistemas de protección contra incendios fijos.

Los datos técnicos pueden consultarse en la página Web de la Corporación:  
Esta página puede contener información más reciente sobre este producto

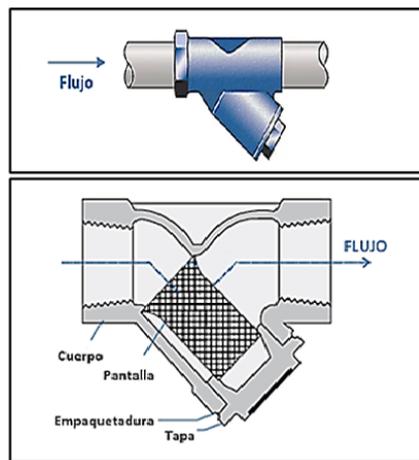


En las especificaciones técnicas del aspersor se menciona que en los casos en que el factor K sea 3.2, 2.3, 1.8 o 1.2 US, el diámetro de la boquilla será inferior a 9.4 mm.

En consecuencia para este tipo de aspersor se requiere la instalación de un filtro de succión en la tubería principal del sistema.

Ref. de la base <sup>1</sup>	SIN <sup>2</sup>	Factor K nominal		Ángulo	Listados y aprobaciones <sup>4</sup>		
		U.S.	métrico <sup>3</sup>		cULus <sup>5</sup>	NYC <sup>6</sup>	FM <sup>7</sup>
12891	VK813	3.2	46.1	110°	Sí	Sí	Sí <sup>7</sup>
12892	VK813	2.3	33.1	110°	Sí	Sí	Sí <sup>7</sup>
12893	VK813	1.8	25.9	110°	Sí	Sí	Sí <sup>7</sup>
12894	VK813	1.2	17.3	110°	Sí	Sí	Sí <sup>7</sup>

<sup>1</sup> El diámetro del orificio para las boquillas modelo E con factores K de 46 (3.2 US), 33 (2.3 US), 26 (1.8 US) y 17 (1.2 US) es inferior a 3/8" (9.4 mm).  
Se requiere un filtro con una perforación máxima de 1/8" (3.2 mm) para la aprobación FM.



**Filtro de Succión:**

Un tamaño recomendado para la malla del filtro de succión a instalar en la tubería principal del Sistema de Aspersión es 3.2 mm. Esto evitará el paso de los sólidos que puedan obstruir las boquillas de aspersión.

6.4 En caso la presión de operación en el aspersor más alejado exceda los valores de presión según el diseño del sistema de aspersores, deberá considerarse la necesidad de instalar un dispositivo regulador de presión aprobado, para limitar la presión en la salida del aspersor más alejado hidráulicamente.

Adicionalmente, deberá instalarse manómetros en los lados de entrada y salida de la válvula reductora de presión y una válvula de alivio listada de un tamaño no menor de 1/2 pulg., en el lado de descarga de la válvula reductora de presión configurada para funcionar a una presión que no exceda la presión nominal de los componentes del sistema.

Asimismo, deberá proveerse una válvula indicadora listada en el lado de entrada de la válvula reductora de presión, a menos que la válvula reductora de presión cumpla con los requisitos de listado para uso como válvula indicadora.

Durante su instalación, deberá verificarse que el dispositivo regula apropiadamente la presión de salida en condiciones de presión de entrada tanto máxima como normal.

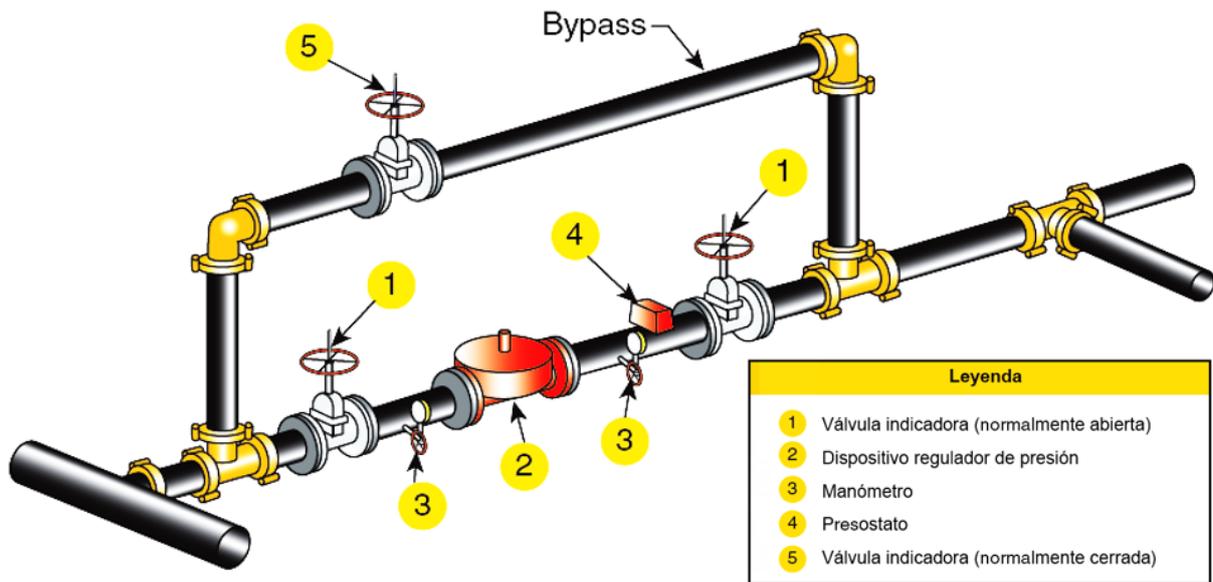


Imagen: Handbook NFPA25 – Edición 2020

- 6.5 Verificar que las tuberías, montantes y accesorios de los sistemas de enfriamiento puedan ser drenados. Las válvulas de drenaje deben ser accesibles y no deben estar directamente interconectados con el sistema de alcantarillas. Deben proveerse drenajes auxiliares donde un cambio en la dirección de la tubería evite el drenaje de las tuberías del sistema a través de la válvula de drenaje principal.

Las válvulas de drenaje no requieren ser listadas pero deben ser aprobadas. Las conexiones del drenaje deberán cumplir con los siguientes diámetros:

Tamaño de montante o tubería principal (pulg.)	Tamaño de la conexión de drenaje (pulg.)
Hasta 2	3/4o más
2½, 3, 3½	1¼o más
4 y más	2 únicamente



## 7. Aspersores

- 7.1 Verificar que los aspersores sean listados<sup>17</sup> y señalizados con la característica de su listado<sup>18</sup>. Además, las boquillas no deben estar pintadas a menos que la pintura sea aplicada por el fabricante<sup>19</sup>.

<sup>17</sup> Numeral 5.2 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

“Las boquillas de pulverización de agua deben ser de un tipo listado para uso en sistemas de agua pulverizada (...)”

<sup>18</sup> Numeral 5.2.1 de la norma NFPA 15, Edición 2017.

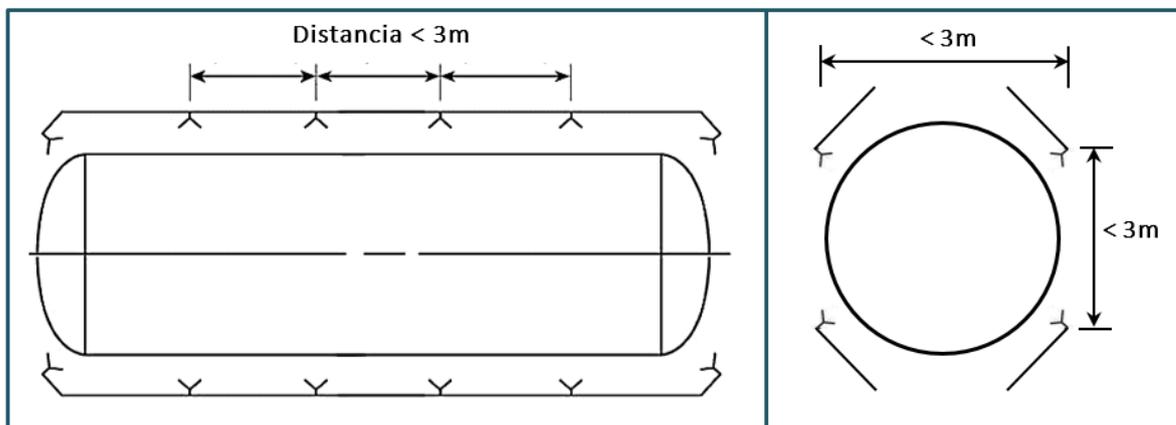
“Las boquillas de pulverización de agua deben estar permanentemente señalizadas con las características que corresponden a su listado”

<sup>19</sup> Numeral 5.2.3.3.1 de la norma NFPA 15, Edición 2017



**Vista de la instalación de aspersores con certificación UL y sin pintar**

- 7.2 Verificar que la separación horizontal o vertical de las boquillas de aspersión no exceda los 3m<sup>20</sup>.



**Diagrama con Vistas Frontal y de Perfil de los Aspersores en el Tanque Estacionario**

<sup>20</sup> Numeral 7.1.8 de la norma NFPA 15, Edición 2017

“El espaciamiento entre boquilla (verticalmente u horizontalmente) no debe exceder 10 pies (3m)”

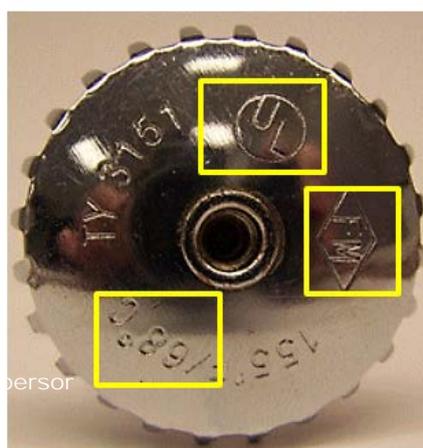
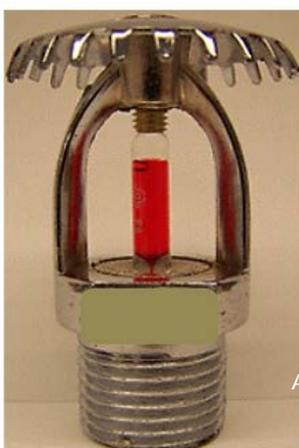


Vista de la ubicación y separación de los aspersores del Sistema Fijo de Aspersión

## 8. Equipos de detección automáticos

### a. Rociadores Piloto

- 8.1 Verificar que los rociadores pilotos instalados como detectores de calor en el Sistema Fijo de Aspersión sean listados<sup>21</sup>.



En la imagen se puede observar un rociador piloto de bulbo color rojo, listado UL y FM y características como su temperatura de activación a 68 °C.

<sup>21</sup> Numeral 7.1.1.2 de la norma NFPA 13, Edición 2019

“(…) todos los materiales y dispositivos esenciales para el funcionamiento satisfactorio del sistema deben estar listados “

- 8.2 Verificar que la línea perimetral del alcance de los rociadores piloto cubre totalmente el tanque estacionario de GLP<sup>22</sup> y es capaz de detectar fuego hasta el nivel más alto del tanque<sup>23</sup>.



**Instalación Correcta del Sistema de Rociadores Piloto**

- 8.3 Verificar que la distancia horizontal entre rociadores piloto es igual o menor a 2.5m y la distancia entre niveles verticales de rociadores piloto es menor a 5.2m<sup>24</sup>. Está permitido incrementar la distancia horizontal entre rociadores hasta 3 metros siempre que: la elevación del primer nivel no excede los 4.6m, la distancia entre los niveles adicionales no excede los 3.7m y los rociadores piloto estén escalonados verticalmente<sup>25</sup>.



**En la imagen se observa que se está realizando la verificación de la distancia horizontal de rociadores piloto.**

<sup>22</sup> Numeral 6.5.2.2.2 de la NFPA 15, Edición 2017

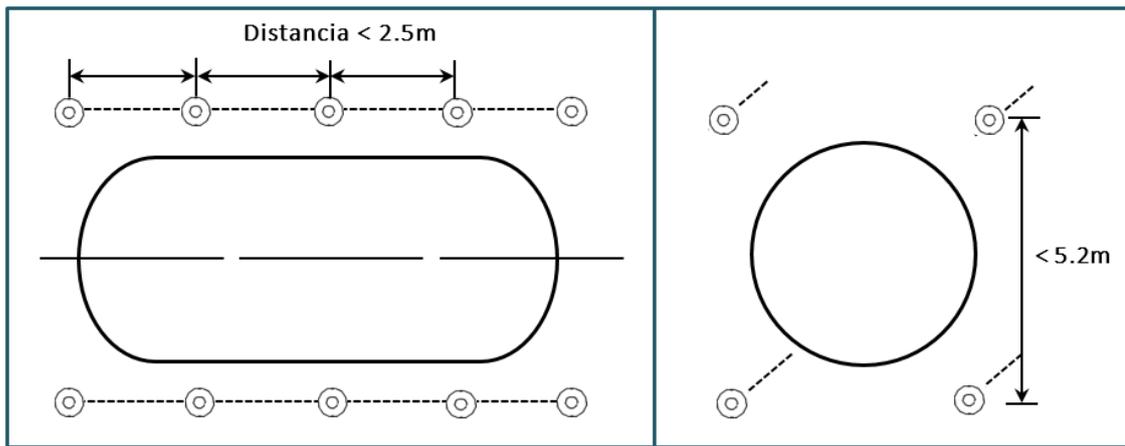
“Los detectores deben estar ubicados de manera que ninguna parte del riesgo que se está protegiendo se extienda más allá de la línea del perímetro de los detectores.”

<sup>23</sup> Numeral 6.5.2.2.1 de la NFPA 15, Edición 2017

“El sistema de detección debe tener la capacidad de detectar un incendio hasta la elevación del nivel más alto de la superficie del equipo protegida.”

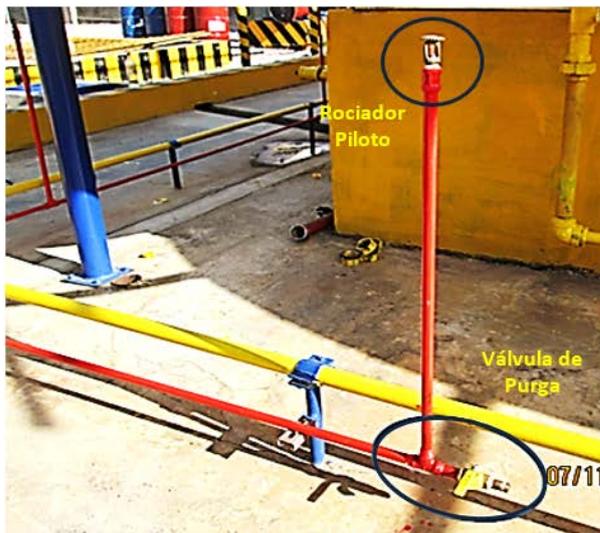
<sup>24</sup> Numerales 6.5.2.4.7 y 6.5.2.4.8 de la NFPA 15, Edición 2017

<sup>25</sup> Numerales 6.5.2.4.9 de la NFPA 15, Edición 2017



**Diagrama Horizontal y Vertical de los Rociadores en el Tanque Estacionario**

- 8.4 Verificar que, en la línea de rociadores piloto, se cuenta con una válvula de purga para la simulación de la activación automática<sup>26</sup>. Cabe señalar que la válvula deberá estar en un lugar accesible para su manejo<sup>27</sup> y descargar el agua para la prueba en un lugar donde no cause daño y pueda ser drenado<sup>28</sup>.



**Válvula de Purga y Activación del Sistema Fijo de Aspersión**

- 8.5 Verificar que el color de los bulbos de los rociadores piloto sean los adecuados para su uso, dependiendo de la temperatura de la zona donde se vayan los bulbos de los rociadores a usar pueden ser de color rojo o naranja<sup>29</sup>, con el objetivo de activar el Sistema Fijo de Aspersión cuando se produzca un aumento de temperatura en el área a proteger.

<sup>26</sup> Numeral 16.14.1.1 de la norma NFPA 13, Edición 2019.

<sup>27</sup> Numeral 16.14.1.2 de la norma NFPA 13, Edición 2019.

"La válvula de la conexión para prueba debe ser accesible."

<sup>28</sup> Numeral 16.14.1.3 de la norma NFPA 13, Edición 2019.

"La descarga debe hacerse hacia afuera, hasta una conexión de drenaje que tenga la capacidad de aceptar el flujo completo a la presión del sistema, o hacia alguna ubicación donde no habrá daños por agua".

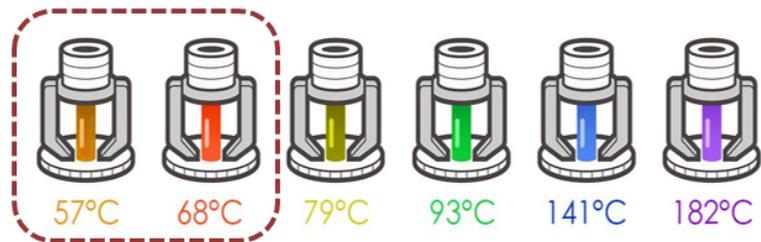
<sup>29</sup> Numeral 9.4.2 de la norma NFPA 13, Edición 2019.

"Donde las temperaturas máximas del cielorraso exceden de 100°C (38°F), deben usarse rociadores con rangos de temperatura de acuerdo con las temperaturas máximas del cielorraso de la Tabla 7.2.4.1"

NFPA 13 -Ed. 2019 - Tabla 7.2.4.1 Rangos, clasificaciones y códigos de color de temperatura

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135-170	57-77	Ordinaria	Sin color o de color negro	Naranja o rojo
150	66	175-225	79-107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250-300	121-149	Alta	Azul	Azul
300	149	325-375	163-191	Extra alta	Rojo	Morado
375	191	400-475	204-246	Muy extra alta	Verde	Negro
475	246	500-575	260-302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

En el caso de Plantas Envasadoras de GLP, la clasificación de temperatura será Ordinaria, ya que se considera una temperatura ambiente máxima de 38 °C por lo que el color del bulbo del rociador piloto a usar podrá ser naranja o rojo.



## b. Detectores de Llama<sup>30</sup>

8.6 Para la selección, ubicación y espaciamiento de los detectores de llama que se usarán para el accionamiento del Sistema Fijo de Aspersión, se deberá realizar un Análisis de Riesgo de la zona a proteger<sup>31</sup> tomando en consideración los siguientes puntos:

- ✓ Naturaleza del riesgo a proteger (Radiación electromagnética que se emitirá en la combustión)
- ✓ Absorción de la energía radiante por la atmosfera
- ✓ Presencia de fuentes ajenas que emiten radiación (Probabilidad de falsas alarmas)
- ✓ Objetos o Materiales interpuestos que no permitan una correcta detección de la radiación emitida
- ✓ Sensibilidad del detector
- ✓ Campo visual del detector
- ✓ Tiempo de respuesta requerido
- ✓ Efecto de las condiciones meteorológicas
- ✓ Distancias y dimensiones de la zona a proteger
- ✓ Recomendaciones del fabricante



**Detector de Llama  
Cono de Visión de 110°**

8.7 Verificar que la ubicación de los detectores de llama es tal que ninguna parte del riesgo a proteger se extienda más allá de la línea perimetral de los detectores. Cabe señalar que el sistema de detección debe tener la capacidad de detectar un incendio hasta la parte más alta de la superficie del equipo a proteger<sup>32</sup>.

<sup>30</sup> Numeral 3.3.70.8 de la norma NFPA 72, Edición 2019

"Detector de Incendios con sensor de energía radiante que detecta la energía radiante emitida por una llama".

<sup>31</sup> Numeral 17.8.3.2.1 de la norma NFPA 72, Edición 2019

<sup>32</sup> Numerales 6.5.2.2.1 y 6.5.2.2 de la norma NFPA 15, Edición 2017

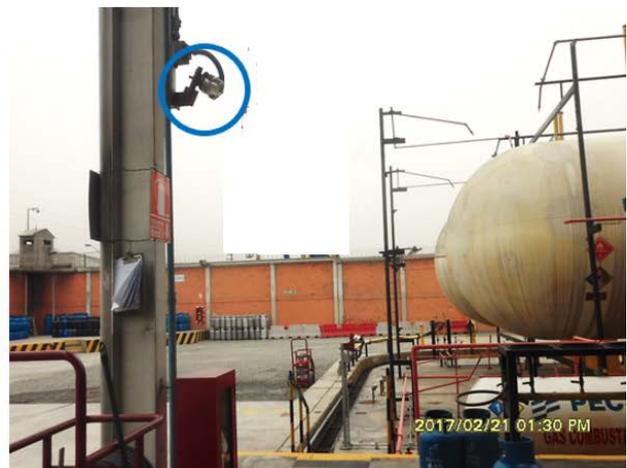


En la imagen se puede observar un detector de llama infrarrojo, con un cono de visión de 110° y un rango de detección mayor a 60m

- 8.8 Verificar que los detectores de llama instalados sean listados<sup>33</sup>. Además, es importante mencionar que los detectores de llama deberán estar ubicados de manera que estén protegidos contra daños mecánicos<sup>34</sup> y condiciones climáticas de la zona<sup>35</sup>.



Vista del Mercado FM, Ex y CE del Detector de Llama



Detector de llama instalado en Planta Envasadora de GLP

<sup>33</sup> Numeral 9.4.2 de la norma NFPA 15, Edición 2017

“Los equipos de detección automáticos, dispositivos de liberación y accesorios del sistema deben estar listados para el uso previsto.”

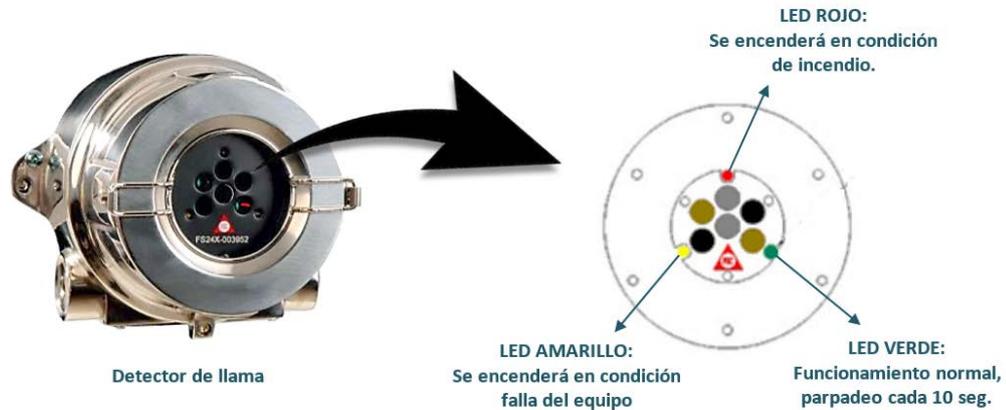
<sup>34</sup> Numeral 6.5.1.3 de la norma NFPA 15, Edición 2017

“Los equipos de detección deben estar ubicados de manera que estén protegidos contra daños mecánicos.”

<sup>35</sup> Numeral 6.5.1.2 de la norma NFPA 15, Edición 2017

“Los equipos de detección que requieran estar protegidos contra las condiciones climáticas, deben estar provistos de una cubierta, campana u otra protección adecuada.”

- 8.9 Verificar que los detectores de llama cuenten con una notificación o señal de advertencia en caso se presente una condición anormal en su funcionamiento<sup>36</sup>.



<sup>36</sup> Numeral 6.5.3.1.1 de la norma NFPA 15, Edición 2017

"(...) de manera que tales equipos estén normalmente energizados o completamente supervisados de modo que derive en notificaciones positivas de una condición anormal de acuerdo con NFPA 72, a menos que la falla del sistema de detección resulte en el funcionamiento del sistema de agua pulverizada."

# ANEXO 1

## Diseño del Sistema Fijo de Aspersión de un Tanque Estacionario de GLP

### OBJETIVOS:

- Cálculo del caudal y el volumen mínimo requerido de agua para el Sistema de enfriamiento por aspersión de los tanques estacionarios en Plantas Envasadoras de GLP.
- Cálculo del número mínimo de aspersores requeridos para el enfriamiento del Tanque Estacionario.
- Selección del tipo adecuado de aspersor y cálculo del caudal y volumen real de agua requerida, para el enfriamiento de la superficie del Tanque Estacionario.

### CONSIDERACIONES:

- Para el desarrollo de un patrón apropiado y teniendo en cuenta el factor viento en exteriores y diámetro de orificio de las boquillas del aspersor menor a 9.5 mm, la presión de las boquillas será siempre mayor a 30 psi.
- Es recomendable que los aspersores se posicionen dentro de los 2 pies (0.6m) de distancia desde la superficie del tanque; esto debido a los efectos del viento por estar al exterior. Esta distancia, sin embargo, puede variarse según se requiera.
- Se debe tener en cuenta que si se usan aspersores de ángulo demasiado grandes en tanques de diámetro pequeño se producirá una sobre pulverización, es decir, el agua proveniente del aspersor no incidirá completamente sobre la superficie del tanque y se desperdiciará.

Para el caso de aspersores ubicados a 2 pies (0.6m) de la superficie del tanque, los diámetros mínimos de los tanques para evitar la sobre pulverización será:

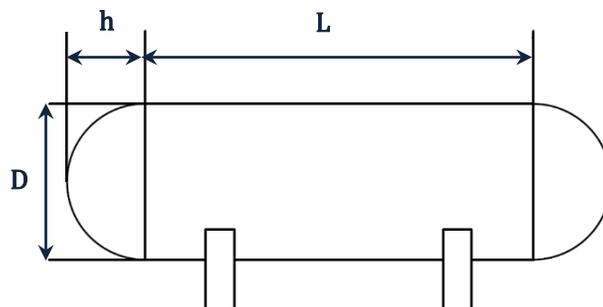
Ángulo de Boquilla Usada	Mínimo diámetro del Tanque (m)
30	0.43
60	1.2
90	3.0
120	8.0
140	19.4

- Tabla 1 - \*

- Es importante señalar que el ángulo de los aspersores mostrados en la tabla 1, son valores típicos de aspersores de cono sólido; sin embargo, estos valores se usarán como valores mínimos de referencia para la determinación de los objetivos planteados.
- El régimen de agua para enfriamiento no debe ser menor a 10.2 lpm por cada metro cuadrado (0.25 gpm por pie cuadrado) de área expuesta al área expuesta del tanque, en concordancia el numeral 2 del artículo 73 del Reglamento aprobado por Decreto Supremo 027-94-EM.
- La dirección de las boquillas debe ser perpendicular a la superficie del tanque a proteger. También se deberá verificar que los soportes u otras estructuras del tanque no interfieran con el patrón de aspersión de las boquillas.

### CÁLCULO DEL CAUDAL Y VOLUMEN MÍNIMO REQUERIDO

- a. Determinar el área de la superficie a proteger



- Figura 1 -

$$A_{TOTAL} = A_{CABEZALES} + A_{CILINDRO}$$

\* Información recogida de información técnica y especificaciones técnicas de fabricantes de aspersores.

$$A_{TOTAL} = 2\pi \left( \frac{D^2}{4} + h^2 \right) + \pi DL$$

**b. Determinar la densidad de agua requerida ( $d_r$ )**

La mínima densidad requerida para enfriamiento de tanques estacionarios de GLP en Plantas Envasadoras es de 10.2 lpm/m<sup>2</sup>.

**c. Cálculo del caudal mínimo requerido**

El cálculo del caudal mínimo requerido de agua se hará mediante la multiplicación del  $A_{TOTAL}$  por la densidad mínima seleccionada ( $d$ ).

$$Q_{mín} = (A_{CABEZALES} + A_{CILINDROS}) \times d_r$$

**d. Cálculo del volumen mínimo de agua requerido**

Para el cálculo del volumen mínimo de agua para enfriamiento de los tanques estacionarios se deberá tener en cuenta lo establecido en el numeral 4 del artículo 73 del Reglamento aprobado por Decreto Supremo 027-94-EM: (1, 2 o 4 horas de abastecimiento, dependiendo de las condiciones de la instalación).

$$V_{mín} = Q_{mín} \times \#Horas$$

**Caso práctico 1.1**

En una Planta Envasadora de GLP se tiene un tanque estacionario con las siguientes dimensiones:  $D=3,2m$ ,  $h=1,6m$  y  $L=14,2m$ . Determinar el caudal y volumen mínimo requerido de agua para realizar el enfriamiento del Tanque.

**SOLUCIÓN:**

**Paso N°1.** Determinamos el área de la superficie del tanque que va ser enfriado:

$$A_{TOTAL} = 2\pi \left( \frac{D^2}{4} + h^2 \right) + \pi DL$$

$$A_{TOTAL} = 2 \times \pi \times \left( \frac{3.2^2}{4} + 1.6^2 \right) + \pi(3.2)(14.2)$$

$$A_{TOTAL} = 32.17 + 142.75 = 174.92 \text{ m}^2$$

**Paso N°2.** La mínima densidad de agua requerida: (Considerando lo establecido en el D.S 027-94-EM).

$$d_r = 10.2 \text{ lpm/m}^2$$

**Paso N°3.** Ahora calculamos el caudal mínimo requerido por la normativa vigente.

Caudal mínimo requerido en los cabezales:

$$Q1_{mín} = A_{CABEZALES} \times d_r$$

$$Q1_{mín} = (32.17) \times (10.2)$$

$$Q1_{mín} = 328.13 \text{ lpm} = 86.68 \text{ gal/min}$$

Caudal mínimo requerido en la parte cilíndrica:

$$Q2_{mín} = A_{CILINDRO} \times d_r$$

$$Q2_{mín} = (142.75) \times (10.2)$$

$$Q2_{mín} = 1456.05 \text{ lpm} = 384.65 \text{ gal/min}$$

Caudal total mínimo requerido

$$Q_{mín} = Q1_{mín} + Q2_{mín}$$

$$Q_{mín} = 86.68 + 384.65$$

$$Q_{mín} = 471.33 \text{ gal/min} = 1784.18 \text{ lpm}$$

**Paso N°4.** Calculamos el volumen mínimo de agua requerido para enfriar el tanque estacionario (4 horas):

$$V_{mín} = Q_{mín} \times \#Horas$$

$$V_{mín} = (1784.23) \times (4 \times 60)$$

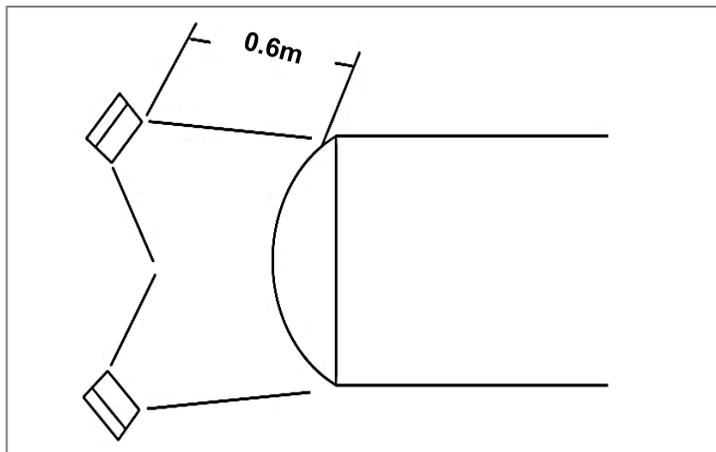
$$V_{mín} = 428214.6 \text{ litros} = 428.21 \text{ m}^3$$

**CÁLCULO DEL NÚMERO MÍNIMO DE ASPERSORES REQUERIDOS**

El propósito de este cálculo es el correcto enfriamiento de toda la superficie del tanque estacionario (cabezales y parte cilíndrica), para lo cual se realizará la distribución de un número mínimo de aspersores. Cabe señalar que considera una distancia de 2 pies (0.6m) desde la superficie del tanque hasta el aspersor.

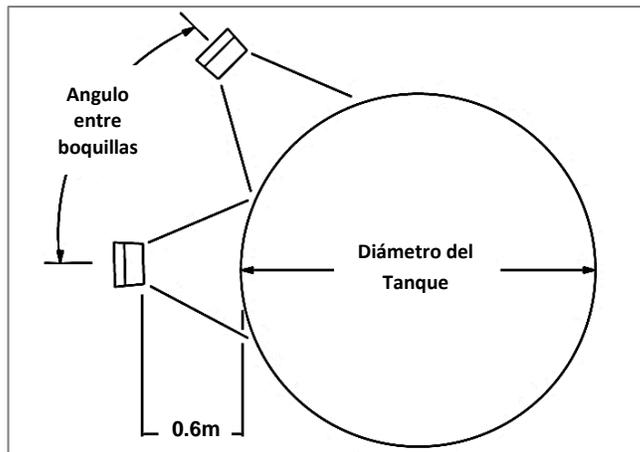
Primero, para determinar el número mínimo de aspersores que se requerirá en cada cabezal y el número de hileras que se requerirán para cubrir el tanque se usará la tabla 2.

**Cabezales del Tanque**



- Figura 2 -

**Corte Transversal en la Parte Cilíndrica (Hileras)**



- Figura 3 -

Numero de Hileras a Usar	Ángulo entre las boquillas	Máximo Diámetro del Tanque para Varios Ángulos de Boquillas		
		60°	90°	120°
		(m)	(m)	(m)
3	120	1.4	2.4	-
4	90	1.7	3.2	5.2
5	72	2.1	3.8	6.1
6	60	2.4	4.5	7.3
7	53.5	2.8	5.1	8.1

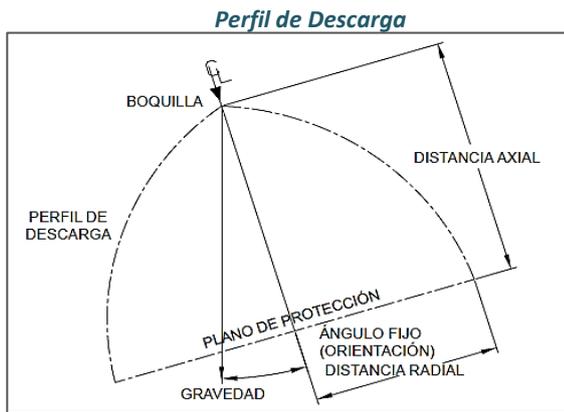
- TABLA 2 -

**Paso N° 5:**

Para el tanque evaluado (dimensiones:  $D=3,2m$ ,  $h=1.6m$  y  $L=14.2m$ ), según la tabla 2 se deberá usar aspersores de ángulo mínimo de  $90^\circ$  y que formen ángulos de  $90^\circ$  entre ellos. Por tanto, será necesario colocar 4 hileras de aspersores y 4 aspersores por cada cabezal. Por tanto:

- ✓ Par el tanque de diámetro de  $3,2m$ , con aspersores de ángulo mínimo de  $90^\circ$  se requerirán **4 Hileras**.
- ✓ Para 2 cabezales y 4 aspersores por cabezal, en total se requieren **8 Aspersores** en los cabezales.

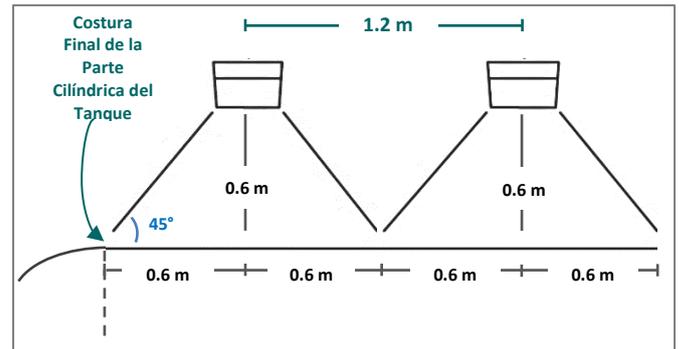
Asimismo, para determinar el número mínimo de aspersores que requerirá el tanque en su parte cilíndrica, previamente se deberá seleccionar un modelo de aspersor y usar los datos del fabricante, donde se nos indicará la distancia radial del patrón de descarga como se muestra en la figura 5.



- Figura 4 -

**Paso N° 6:**

Elegimos una modelo de aspersor con ángulo 95° (igual o superior a 90°) y considerando una distancia de 0.6m desde la superficie del tanque al aspersor. Con esta información y considerando la figura 5 obtenemos que la distancia radial es de 0.6m por lo que haciendo una representación geométrica obtendríamos.



- Figura 6 -

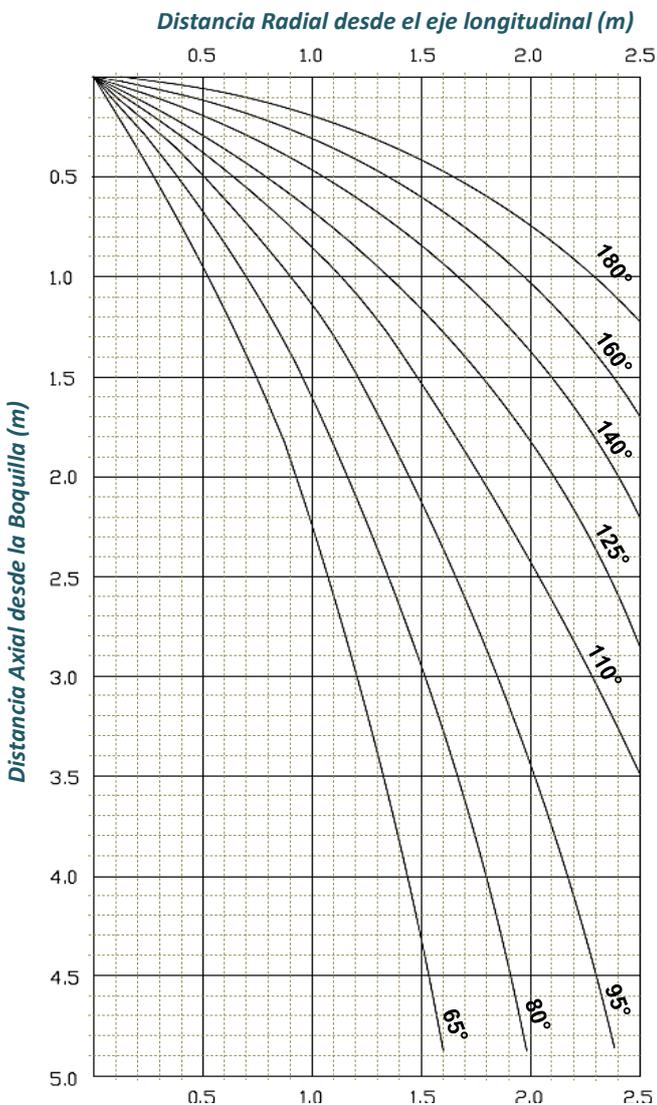
De la figura 6, podemos ver que, para que al menos se junten los patrones de descarga de los aspersores la distancia mínima debería ser 1.2m y para tener una cobertura de toda la parte cilíndrica del tanque la distancia del último aspersor a la costura del final del tanque debe ser 0.6m.

Por lo tanto, para determinar el número mínimo de aspersores:

- Primero ubicamos los **2 aspersores** a 0.6 m de las costuras finales del tanque y quedará un espacio por rellenar de:  
 $14.2m - 2 \times (0.6m) = 13m$
- Determinamos el número de espacios requeridos (Ver figura 7):  
 $\# \text{Espacios} = 13/1.2 = 10.83 \approx 11 \text{ espacios}$
- Luego, calculamos el número total de Aspersores restantes mediante la siguiente formula:

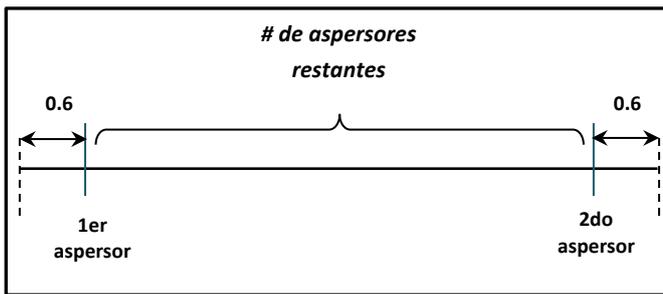
$$\# \text{ Asp. restantes} = \# \text{Espacios} - 1 = 10 \text{ aspersores}$$

Entonces, el número de aspersores por hilera en la parte cilíndrica del tanque estacionario serían  $2 + 10 = 12$  aspersores.



- FIGURA 5 - \*\*\*\*

\*\*\*\* Data técnica obtenida de fabricantes de aspersores



- Figura 7 -

Por lo tanto tenemos lo siguiente:

- ✓ 4 hileras de aspersores
- ✓ 8 aspersores para ambos cabezales
- ✓ 48 aspersores para la parte cilíndrica (12 aspersores por hilera)

**Cantidad mínima para cubrir el tanque: 56 aspersores.**

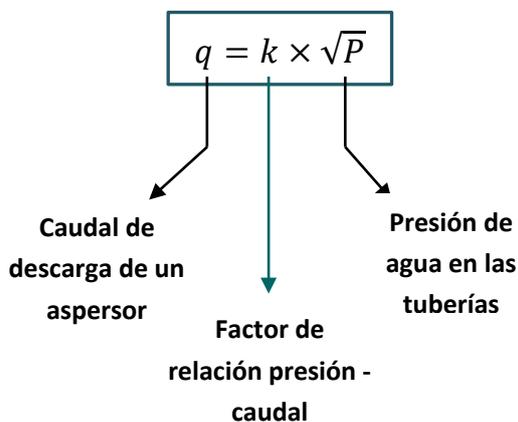
**SELECCIÓN DEL TIPO ADECUADO DE ASPERSOR Y CÁLCULO DEL CAUDAL Y VOLUMEN REAL DE AGUA**

**a. Selección del Tipo adecuado de Aspersor:**

Para determinar el tipo adecuado de aspersor a usar primero se deberá calcular el caudal de descarga de un solo aspersor, mediante la división del caudal total mínimo y el número mínimo de aspersores requeridos:

$$q = Q_{\text{mín}} / (\# \text{mín de aspersores})$$

Luego, se deberá hallar el valor de K teórico mediante la siguiente ecuación:



Cabe señalar que, para hallar el valor de K teórico, el valor de la Presión (P) es la presión de operación del aspersor más alejado.

Una vez determinado el valor de K teórico, se deberá buscar en las tablas del fabricante un modelo de aspersor comercial, con valor próximo y superior al K teórico. Además, el ángulo del modelo de aspersor que se elija debe ser mayor o igual al que se usó para el cálculo del número mínimo de aspersores requeridos.

**b. Cálculo y Aceptación del caudal real en los cabezales y en la parte cilíndrica del Tanque Estacionario de GLP:**

Una vez seleccionado un modelo comercial de aspersor a usar, se realizará el cálculo del caudal real de descarga de un aspersor ( $q_n$ ), considerando el factor K del modelo de aspersor comercial ( $K_n$ ) seleccionado.

$$q_n = k_n \times \sqrt{P}$$

Luego, se determinará el caudal real total requerido, para los cabezales ( $Q1_{n-\text{mín}}$ ) y la parte cilíndrica ( $Q2_{n-\text{mín}}$ ) del tanque estacionario de GLP.

Caudal real para los cabezales del tanque ( $Q1_{n-\text{mín}}$ ):

$$Q1_{n-\text{mín}} = q_n \times (\# \text{mín de aspersores})$$

Caudal real para los cabezales del tanque ( $Q2_{n-\text{mín}}$ ):

$$Q2_{n-\text{mín}} = q_n \times (\# \text{mín de aspersores})$$

Una vez obtenidos  $Q1_{n-\text{mín}}$  y  $Q2_{n-\text{mín}}$ , se deberá verificar que estos valores de caudal sean los adecuados en relación a los caudales mínimos requeridos calculados inicialmente. En caso se requiera ajustar estos valores, se podrá optar por una de las siguientes opciones para corregir los

valores y seguidamente se deberá realizar nuevamente el cálculo de los caudales reales:

- ✓ Elegir un nuevo modelo de aspersor con un valor de K diferente.
- ✓ Colocar aspersores adicionales en la parte que se requiera (cabezal o parte cilíndrica), distribuyéndolos uniformemente.

Una vez verificado que los nuevos caudales reales son aceptables y mayores que los caudales mínimos requeridos, calculados inicialmente, entonces se procederá a calcular el caudal real total.

$$Q_{1n-\text{mín}} = Q_{1n-\text{mín}} + Q_{2n-\text{mín}}$$

**c. Cálculo del volumen real mínimo requerido de agua:**

Por último, se calculará el volumen real mínimo de agua requerido para enfriamiento del tanque estacionario de GLP, según el número de horas de abastecimiento que se requiera.

$$V_{\text{mín}} = Q_{\text{mín}} \times \# \text{Horas}$$

**Paso N° 7.** Calculamos el caudal de descarga para un aspersor, dividiendo el caudal total mínimo requerido entre el número mínimo de aspersores requeridos.

$$q = Q_{\text{mín}} / (\# \text{mín de aspersores})$$

$$q = 471.33 / 56$$

$$q = 8.42 \text{ gal/min}$$

**Paso N° 8.** Hallamos el valor del factor K teórico, considerando una presión de 40 psi.

$$k = q / \sqrt{P}$$

$$k = 8.42 / \sqrt{40}$$

$$k = 1.33 \left[ \text{gpm} / (\text{psi})^{1/2} \right]$$

**Paso N° 9.** Luego buscamos en las tablas del fabricante, un valor de k y el ángulo de la boquilla superior más próximo a los valores teóricos calculados.

Del ejemplo tenemos para un aspersor con un valor de K de 1.33 y ángulo de boquilla de 95°, por lo que al revisar las hojas técnicas del fabricante podemos escoger el **modelo comercial con K=1.8 de ángulo de 95° o el modelo comercial con K=1.8 de ángulo de 110°.**

Para proseguir con los cálculos elegimos por el modelo comercial con **K=1.8 de ángulo de 95°.**

**Paso N° 10.** Cálculo del caudal real de descarga de un aspersor. Considerando el modelo comercial (K=1.8 y ángulo de 95°).

$$q_n = k_n \times \sqrt{P}$$

$$q_n = 1.8 \times \sqrt{40}$$

$$q_n = 11.38 \text{ gal/min}$$

**Paso N° 11.** Cálculo del caudal real requerido por los cabezales del tanque estacionario de GLP:

$$Q_{1n-\text{mín}} = q_n \times (\# \text{mín de aspersores})$$

$$Q_{1n-\text{mín}} = 11.38 \times 8$$

$$Q_{1n-\text{mín}} = 91.37 \text{ gal/min}$$

Se verifica que el caudal real calculado para los cabezales del tanque estacionario es mayor al caudal mínimo requerido. Por lo tanto, se aceptan los supuestos para el cálculo (8 aspersores Modelo comercial con K=1.8 y ángulo de 95°).

**Paso N° 12.** Cálculo del caudal real requerido por la parte cilíndrica del tanque estacionario de GLP.

$$Q_{2n-\text{mín}} = q_n \times (\# \text{mín de aspersores})$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 11.38 \times 48$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 546.20 \text{ gal/min} \\ > 384.65 \text{ gal/min}$$

Se verifica que el caudal real requerido por la parte cilíndrica del tanque estacionario es demasiado alto respecto del caudal mínimo requerido; por ello, se propondrán alternativas.

**AJUSTE DE VALORES:** Se realizará un nuevo cálculo de caudal real requerido por la parte cilíndrica del tanque estacionario de GLP, usando el Modelo comercial con  $K=1.2$  y ángulo de  $95^\circ$ .

Cálculo del caudal real de descarga de un aspersor:

$$q_n = k_n \times \sqrt{P}$$

$$q_n = 1.2 \times \sqrt{40}$$

$$q_n = 7.59 \text{ gal/min}$$

Cálculo del caudal real requerido por la parte cilíndrica del tanque estacionario de GLP:

$$Q_{2n-\text{mín}} = q_n \times (\#\text{mín de aspersores})$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 7.59 \times 48$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 364 \text{ gal/min} \\ < 384.65 \text{ gal/min}$$

Del cálculo se verifica que el caudal real hallado es menor al caudal mínimo requerido, por lo que los supuestos no pueden ser aceptados. Sin embargo, se evaluará la alternativa de contar con un aspersor adicional en cada hilera para la parte cilíndrica, además de usar los aspersores de Modelo comercial con  $K=1.2$  y ángulo de  $95^\circ$ .

Al usar un aspersor adicional por cada hilera para la parte cilíndrica del tanque, se tendrá 13 aspersores por hilera en la parte cilíndrica y al ser 4 hileras se tendrían  $13 \times 4 = 52$  aspersores.

Considerando el nuevo número de aspersores y el mismo  $q_n$ , el caudal real para la parte cilíndrica del tanque sería:

$$Q_{2n-\text{mín}} = q_n \times (\#\text{mín de aspersores})$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 7.59 \times 52$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 394.68 \text{ gal/min} > 384.65 \text{ gal/min}$$

Se verifica que, en esta nueva alternativa el caudal real calculado para la parte cilíndrica del tanque estacionario es ligeramente mayor al caudal mínimo requerido. Por lo tanto, se aceptan los supuestos para el cálculo (52 aspersores Modelo comercial con  $K=1.2$  y ángulo de  $95^\circ$ ).

**Paso N°13.** Calcular el caudal real total requerido por el Tanque Estacionario de GLP.

$$Q_{n-\text{mín}} = Q_{1n-\text{mín}} + Q_{2n-\text{mín}}$$

$$Q_{n-\text{mín}} = 91.07 + 394.68$$

$$Q_{n-\text{mín}} = 485.75 \text{ gal/min} = 1838.76 \text{ lpm}$$

**Paso N°14.** Calculamos el volumen real mínimo requerido. Cabe señalar, que se considera que la planta envasadora no dispone de una compañía de bomberos en un radio de 20km desde los linderos de la planta por lo que será requerido 4 horas de abastecimiento de agua.

$$V_{n-\text{mín}} = Q_{1n-\text{mín}} \times \#\text{Horas}$$

$$V_{n-\text{mín}} = (1838.76) \times (4 \times 60)$$

$$V_{n-\text{mín}} = 441302.4 \text{ Litros} = 441.30 \text{ m}^3$$

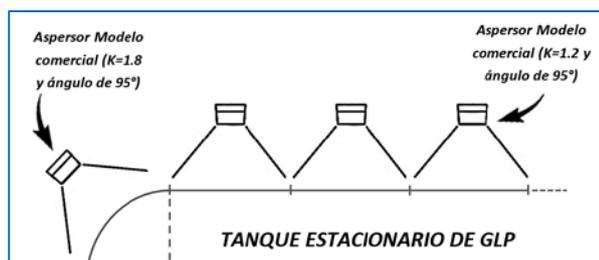
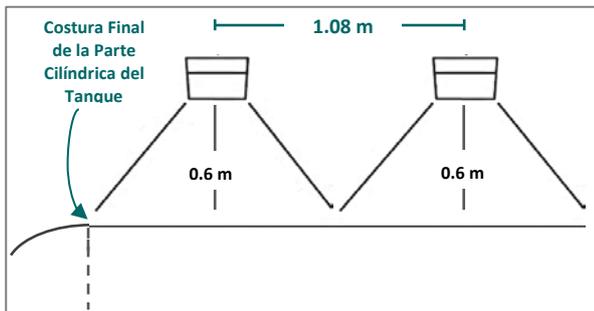
Vemos que el volumen real mínimo es mayor en  $13.09 \text{ m}^3$  al volumen mínimo requerido calculado inicialmente. Este será el volumen mínimo necesario para el abastecimiento del sistema de enfriamiento por aspersión del tanque estacionario de GLP.

#### CONCLUSIÓN:

Para un tanque estacionario de GLP con dimensiones ( $D= 3,2\text{m}$ ,  $h= 1.6\text{m}$  y  $L=14.2\text{m}$ ), una posible alternativa para el correcto enfriamiento de su superficie sería:

- ❖ Contar con un total de 60 aspersores como mínimo, distribuidos en cuatro hileras.
- ❖ En los cabezales del tanque 8 aspersores en total ( $K=1.8$  y ángulo de  $95^\circ$ ), con una presión de salida de 40 psi por aspersor y ubicados dentro de 0.6m desde la superficie del tanque
- ❖ En el parte cilíndrica del tanque 52 aspersores ( $K=1.2$  y ángulo de  $95^\circ$ ), con una presión de salida de 40 psi por aspersor y ubicados dentro de 0.6m desde la superficie del tanque.

Disponer de un volumen mínimo de agua de 441.30 m<sup>3</sup> para el abastecimiento del sistema de enfriamiento de los tanques estacionarios de GLP de la Planta Envasadora de GLP. A este volumen se le deberá añadir otros requerimientos de agua que se requieran según la evaluación del Estudio de Riesgos (otros sistemas de aspersión, cortinas de agua, mangueras, monitores u otros).



## VEAMOS OTRO CASO

### Caso práctico 1.2

Para el mismo tanque estacionario de GLP (dimensiones:  $D= 3,2m$ ,  $h= 1,6 m$  y  $L=14,2m$ ), pero considerando que el valor de la presión de operación del aspersor más alejado es de 50 psi. Determinar el número mínimo de aspersores necesarios y el volumen real de agua requerido para realizar el enfriamiento del tanque.

## SOLUCIÓN:

**Paso N°1.** Área de la superficie del tanque (Ver ejemplo 1, paso1):

$$A_{TOTAL} = 32.17 + 142.75 = 174.92 \text{ m}^2$$

**Paso N°2.** Caudal mínimo requerido por la normativa vigente. (Ver ejemplo 1, paso 3):

$$Q_{mín} = 471.33 \text{ gal/min} = 1784.18 \text{ lpm}$$

**Paso N°3.** Volumen mínimo requerido de agua para enfriar el tanque estacionario. (Ver ejemplo 1, paso 4):

$$V_{mín} = 428214.6 \text{ litros} = 428.21 \text{ m}^3$$

**Paso N°4.** Calculamos la cantidad de hileras a usar y el número de aspersores necesarios en los cabezales del tanque. (Ver ejemplo 1, paso 5)

- ✓ Serán requeridas **4 Hileras** para cubrir el tanque.
- ✓ Se requieren **8 Aspersores** en total en los cabezales, cada aspersor con un ángulo de  $95^\circ$ .

**Paso N°5.** Calculamos el número de aspersores necesarios en la parte cilíndrica del tanque. (Ver ejemplo 1, paso 6)

- ✓ Se requieren **56 Aspersores en Total**.

**Paso N°6.** Calculamos el caudal mínimo de descarga para un aspersor (Ver ejemplo 1, paso 7)

$$q = 8.42 \text{ gal/min}$$

**Paso N°7.** Hallamos el valor del factor K teórico, para una presión de operación de 50 psi por aspersor.

$$k = q/\sqrt{P}$$

$$k = 8.42/\sqrt{50}$$

$$k = 1.19 \left[ \text{gpm}/(\text{psi})^{1/2} \right]$$

**Paso N° 8.** Teniendo un aspersor teórico de ángulo de  $95^\circ$  y un K de 1.19, buscamos en las tablas del

fabricante de aspersores un modelo de aspersor con un K y un ángulo próximo.

De la búsqueda, elegimos el aspersor comercial con  $K=1.2$  de ángulo de  $95^\circ$ .

**Paso N°9.** Calculamos del caudal real de descarga de un aspersor. Usamos el modelo comercial ( $K=1.2$  y ángulo de  $95^\circ$ ).

$$q_n = k_n \times \sqrt{P}$$

$$q_n = 1.2 \times \sqrt{50}$$

$$q_n = 8.49 \text{ gal/min}$$

**Paso N°10.** Calculamos el caudal real requerido por los cabezales del tanque estacionario de GLP:

$$Q_{1n-\text{mín}} = q_n \times (\#\text{mín de aspersores})$$

$$Q_{1n-\text{mín}} = 8.49 \times 8$$

$$Q_{1n-\text{mín}} = 67.92 \text{ gal/min}$$

$$< 86.68 \text{ gal/min}$$

Se verifica que el caudal real calculado para los cabezales del tanque estacionario es menor, al caudal mínimo requerido. Por tanto, se aumentará el valor del K a uno superior (Ver tablas del fabricante) y veremos si este nuevo K soluciona la deficiencia de caudal.

De las tablas del fabricante el valor más próximo superior es el del modelo comercial con  $K=1.8$  de ángulo de  $95^\circ$

$$q_n = k_n \times \sqrt{P}$$

$$q_n = 1.8 \times \sqrt{50}$$

$$q_n = 12.73 \text{ gal/min}$$

Cálculo del caudal real requerido por los cabezales del tanque estacionario de GLP:

$$Q_{1n-\text{mín}} = q_n \times (\#\text{mín de aspersores})$$

$$Q_{1n-\text{mín}} = 12.73 \times 8$$

$$Q_{1n-\text{mín}} = 101.84 \text{ gal/min} > 86.68 \text{ gal/min}$$

Se verifica que, en esta nueva alternativa el caudal real calculado para los cabezales del tanque estacionario es mayor al caudal mínimo requerido. Por lo tanto, se aceptan los supuestos para el cálculo (8 aspersores comerciales con  $K=1.8$  y ángulo de  $95^\circ$ ).

**Paso N°11.** Calculamos el caudal real requerido por la parte cilíndrica del tanque estacionario de GLP. (Usamos el modelo  $K=1.2$  y ángulo de  $95^\circ$ ).

$$Q_{2n-\text{mín}} = q_n \times (\#\text{mín de aspersores})$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 8.49 \times 48$$

$$Q_{2n-\text{mín}} = 407.52 \text{ gal/min} > 384.65 \text{ gal/min}$$

Se verifica que el caudal real calculado para la parte cilíndrica del tanque estacionario es mayor al caudal mínimo requerido. Por lo tanto, se aceptan los supuestos para el cálculo (48 aspersores Modelo comercial con  $K=1.2$  y ángulo de  $95^\circ$ ).

**Paso N°12.** Determinamos el caudal real total requerido por el Tanque Estacionario de GLP.

$$Q_{n-\text{mín}} = Q_{1n-\text{mín}} + Q_{2n-\text{mín}}$$

$$Q_{n-\text{mín}} = 101.84 + 407.52$$

$$Q_{n-\text{mín}} = 509.36 \text{ gal/min} = 1928.14 \text{ lpm}$$

**Paso N° 13.** Determinamos el volumen real mínimo requerido. Tomando en consideración las 4 horas de abastecimiento de agua requerido.

$$V_{n-\text{mín}} = Q_{1n-\text{mín}} \times \#\text{Horas}$$

$$V_{n-\text{mín}} = (1928.14) \times (4 \times 60)$$

$$V_{n-\text{mín}} = 462753.6 \text{ Litros} = 462.75 \text{ m}^3$$

Vemos que el volumen mínimo real es mayor en  $34.54 \text{ m}^3$  al volumen mínimo requerido, este será el

*volumen mínimo necesario para el abastecimiento del sistema de aspersión del tanque estacionario de GLP.*

#### **CONCLUSIÓN:**

Finalmente podemos concluir, que para un tanque estacionario de GLP con dimensiones (D= 3,2m, h= 1.6m y L=14.2m), una posible alternativa para el correcto enfriamiento de su superficie sería:

- ❖ Contar con un total de 56 aspersores como mínimo, distribuidos en cuatro hileras:
- ❖ En los cabezales del tanque, 8 aspersores en total modelo comercial (K=1.8 y ángulo de 95°), con una presión de salida de 50 psi por aspersor

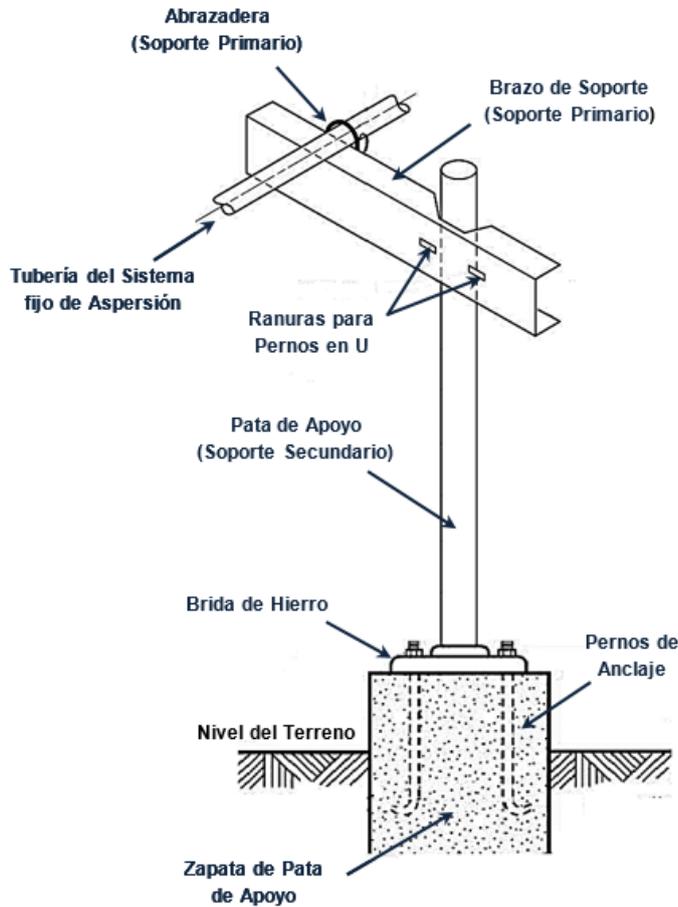
**y ubicados dentro de 0.6m desde la superficie del tanque.**

- ❖ En el pate cilíndrico del tanque, 48 aspersores en total en los cabezales modelo comercial (K=1.2 y ángulo de 95°), con una presión de salida de 50 psi por aspersor y ubicados dentro de 0.6m desde la superficie del tanque.

Disponer de un volumen mínimo de agua de 462.75 m<sup>3</sup> para el abastecimiento del sistema de aspersión y el cumplimiento de los requisitos de la normativa de seguridad vigente. A este volumen se le deberá añadir otros requerimientos de agua que se requieran según la evaluación del Estudio de Riesgos (otros sistemas de aspersión, cortinas de agua, mangueras, monitores u otros).

## ANEXO 2

## Diseño de Soportes en Sistemas Fijos de Aspersores

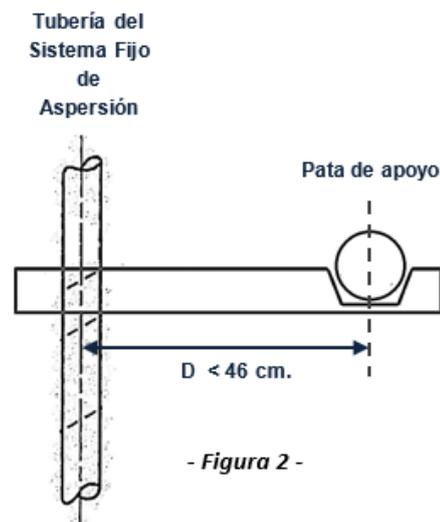


- Figura 1 -

A continuación, se presenta consideraciones extraídas de la norma NFPA 15 Edición 2017 a tomar en cuenta para el diseño del Conjunto de Soporte para las tuberías en lazo o bucle del Sistema Fijo de Aspersión. En caso hubiera diferencias entre el anexo y la norma, primara lo que se indique en la norma NFPA 15.

### 1. Distancia Máxima de la tubería al Soporte:

La distancia desde la línea Horizontal del Soporte Secundario o Pata de Apoyo hasta la línea central de la Tubería del Sistema Fijo de Aspersión debe menor a 46 cm.



- Figura 2 -

**RESEÑA:** En Sistemas Fijos de Aspersión para tanques estacionarios de Plantas Envasadoras de GLP, será necesario contar con miembros estructurales de acero, concreto o **Soportes de Tuberías** para fijar o colgar las tuberías del sistema de aspersión.

El presente Anexo se enfoca en el diseño de **Soportes de Tuberías** que sostienen diámetros de las **Tuberías de Lazo o en Bucle** (Unidas entre sí) que son usados en el Sistema fijo de Aspersión.

### Soportes a Usar:

#### a. Soportes Primarios:

Son las partes del conjunto de soporte que están directamente conectadas a la tubería en lazo, del Sistema Fijo de Aspersión.

#### b. Soportes Secundarios:

Son las partes del conjunto de soporte que están conectadas directamente a la base/estructura y contienen el soporte primario unido a la tubería en lazo.

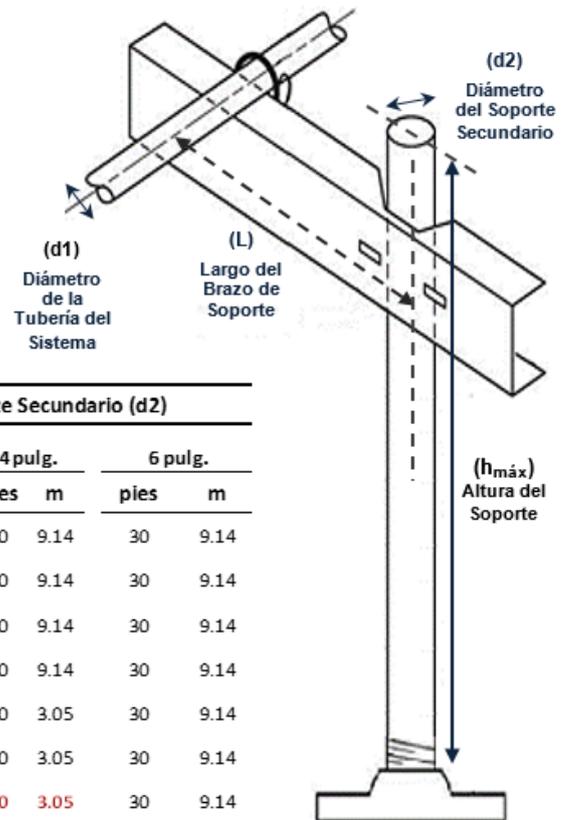
## 2. Altura Máxima para Soporte con Brazos:

Las alturas máximas permitida ( $h_{m\acute{a}x}$ ) para los soportes con brazos de longitud de largo de largo ( $L$ ) menor a 1 pie 6 pulgadas, se muestran en la Tabla 1, considerando los diámetros de la tubería del Sistema Fijo de Aspersión ( $d1$ ) y las Patas de Apoyo del Sistema de Soporte ( $d2$ ).

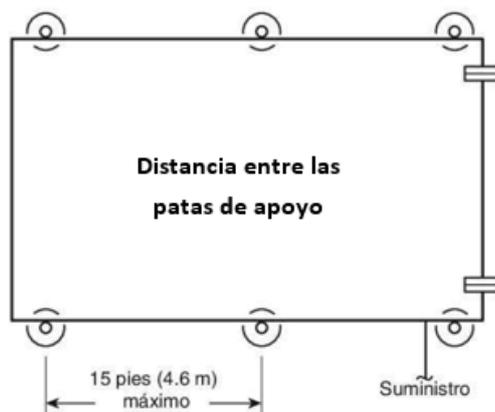
Cabe señalar, que las alturas en color rojo mostradas en la Tabla 1, son válidos solo para los brazos de soporte con longitud ( $L$ ) menor a 1 pie.

Diámetro de la Tubería del Sistema ( $d1$ )	Diámetro del Soporte de la Tubería – Soporte Secundario ( $d2$ )											
	1½ pulg.		2 pulg.		2½ pulg.		3 pulg.		4 pulg.		6 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
1½ pulg.	9	2.74	14	4.27	18	5.49	28	8.53	30	9.14	30	9.14
2 pulg.	-	-	12	3.66	16	4.88	26	7.92	30	9.14	30	9.14
2½ pulg.	-	-	8	2.44	14	4.27	24	7.32	30	9.14	30	9.14
3 pulg.	-	-	-	-	12	3.66	22	6.71	30	9.14	30	9.14
4 pulg.	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3.05	30	9.14
6 pulg.	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3.05	30	9.14
8 pulg.	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3.05	30	9.14

- Tabla 1 -



- Figura 3 -

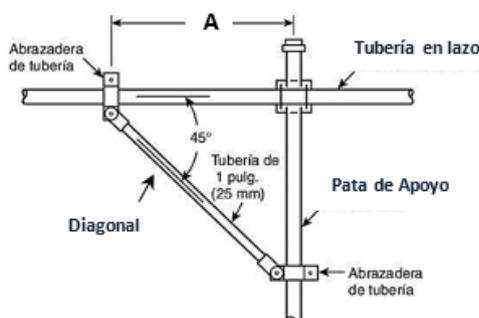


- Figura 4 -

## 3. Espaciamiento entre soportes secundarios (Patatas de Apoyo)

Las máximas distancias entre las patas de apoyo del sistema de soportes dependerán del diámetro de las tuberías en lazo del sistema fijo de aspersión. Estas distancias se muestran en la tabla 2.

En caso se use diagonales de 45° entre la pata de apoyo y la tubería en lazo del sistema de aspersión (ver figura 5) se podrá **añadir A/2** las distancias indicadas en la Tabla 2, por cada diagonal existente entre 2 patas de apoyo.



- Figura 5 -

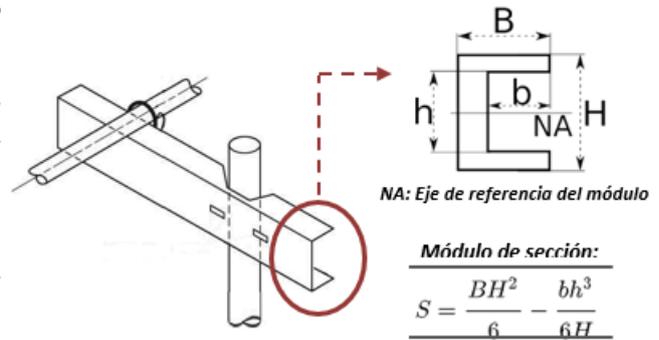
Tamaño de lazo		Distancia entre soportes de tuberías	
pulg.	mm	pies	mm
1	25	10	3048
1½	40	12	3658
2	50	14	4267
2½	65-200	15	4572

- Tabla 2 -

#### 4. Módulo de Sección Requerido para los Brazos de Soporte

El módulo de sección ( $S$ ) es una propiedad para una sección transversal usada en el diseño de elementos sometidos a flexión.

El valor mínimo del Módulo de Sección en relación con el diámetro de las tuberías y el material de las mismas se muestran en las Tablas 3, 4, 5 y 6.



- Figura 6 -

i. **Módulo de sección requerido (pulg<sup>3</sup>) para brazos de soporte horizontales de sostenes de tuberías de 1 pie.**

Diámetro de la Tubería del Sistema (Pulg) – Cedula 10									
1 pulg	1.25	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0.15	0.17	0.2	0.24	0.3	0.36	0.42	0.49	0.66	0.85

- Tabla 3 -

Diámetro de la Tubería del Sistema (Pulg) – Cedula 40									
1 pulg	1.25	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0.16	0.18	0.22	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.86	1.13

- Tabla 4 -

i. **Módulo de sección requerido (pulg<sup>3</sup>) para brazos de soporte horizontales de sostenes de tuberías de 1 pie 6 pulg.**

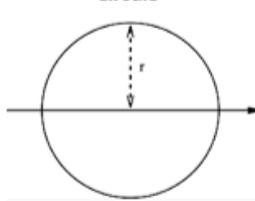
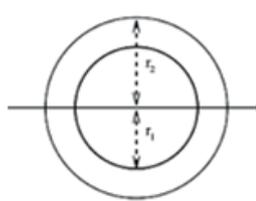
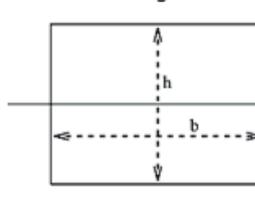
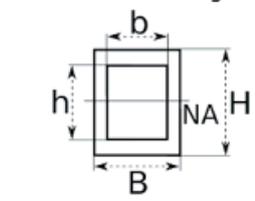
Diámetro de la Tubería del Sistema (Pulg) – Cedula 10									
1 pulg	1.25	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0.23	0.26	0.31	0.36	0.44	0.54	0.63	0.73	0.99	1.27

- Tabla 5 -

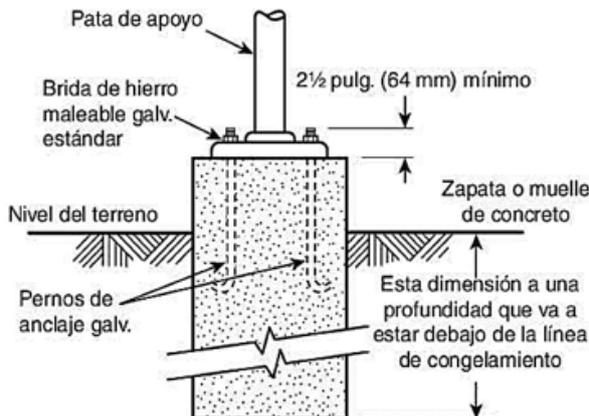
Diámetro de la Tubería del Sistema (Pulg) – Cedula 40									
1 pulg	1.25	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0.24	0.27	0.33	0.41	0.54	0.68	0.81	0.95	1.29	1.69

- Tabla 6 -

#### MÓDULOS DE SECCIÓN DE OTRAS FIGURAS GEOMÉTRICAS

Círculo	Sección Hueca Circular	Rectángulo	Sección Hueca Rectangular
			
$S = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{\pi d^3}{32}$	$S = \frac{\pi (r_2^4 - r_1^4)}{4r_2} = \frac{\pi (d_2^4 - d_1^4)}{32d_2}$	$S = \frac{bh^2}{6}$	$S = \frac{BH^2}{6} - \frac{bh^3}{6H}$

- Figura 7 -

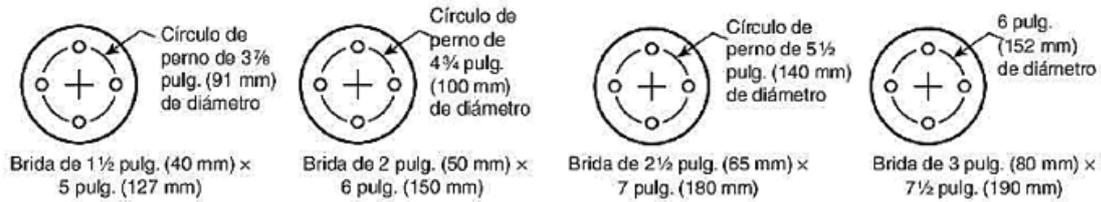


- Figura 8 -

#### 5. Anclaje del Soporte Primario

Los Soportes de las Tuberías deberán estar anclados mediante una brida a una zapata o muelle de concreto con anclajes de expansión, pernos para concreto o ganchos J. Además, se deberá hacer 4 perforaciones como mínimo y el tamaño de estas dependerá del espesor de la brida colocada.

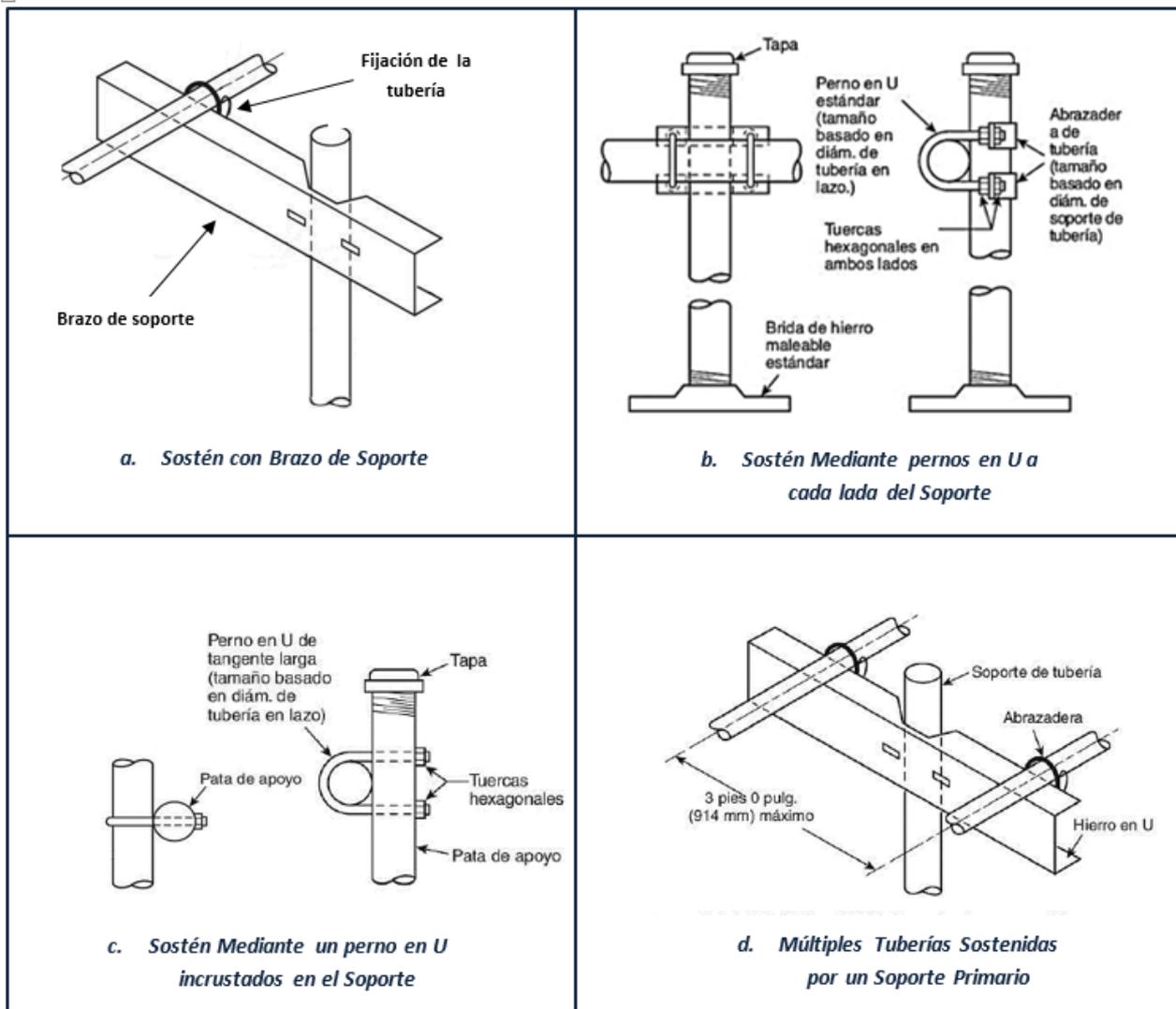
**UBICACIÓN DE ORIFICIOS DE PERNOS**



- Figura 9 -

**6. Arreglos para Fijar la Tubería del Sistema de Aspersión a los Soportes**

La tubería debe ser fijada a soportes primario o secundario para evitar el movimiento cuando circule el fluido, estas formas pueden ser:



- Figura 10 -