

# Universidad Nacional de Ingeniería

## Facultad de Ingeniería Ambiental



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

### **Evaluación de la operatividad y suficiencia del sistema contra incendios en una planta de almacenamiento de crudo**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial.

Elaborado por

Jasmina Arali Moron Carrasco

 [0009-0002-4165-728X](#)

Asesor

Ing. Javier Enrique Taipe Rojas

 [0000-0002-9488-5836](#)

LIMA - PERÚ

2025

---

Citar/How to cite	J. Moron [1]
-------------------	--------------

---

Referencia/Reference	[1] J. Moron, " <i>Evaluación de la operatividad y suficiencia del sistema contra incendios en una planta de almacenamiento de crudo</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
----------------------	--

Estilo/Style: IEEE (2020)	
------------------------------	--

---

Citar/How to cite	(Moron, 2025)
-------------------	---------------

---

Referencia/Reference	Moron, J. (2025). <i>Evaluación de la operatividad y suficiencia del sistema contra incendios en una planta de almacenamiento de crudo</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
----------------------	---

Estilo/Style: APA (7ma ed.)	
--------------------------------	--

---

## **Dedicatoria**

*Este trabajo está dedicado a:*

*Mi esposo Richard, mi eterno compañero y  
pilar importante en mi desarrollo profesional y personal.*

*A mis hijos Emma y Adrián, quienes me motivan a seguir aprendiendo.*

*A mi mamá Modesta, por darme fortaleza y enseñarme con el ejemplo.*

*A mi padre de la vida Danfer, quien siempre me demostró con el ejemplo  
el significado de la perseverancia y la resiliencia.*

*A mis hermanos, por los mejores momentos de mi vida, por su apoyo incondicional y el  
gran amor fraterno que me demuestran.*

*Soy afortunada al tener la familia que tengo.*

## Resumen

El presente trabajo muestra los lineamientos generales a seguir para realizar la verificación de suficiencia y operatividad de los sistemas contra incendios en el peor escenario de riesgo que se puede presentar en una planta de almacenamiento de crudo, la verificación consistirá en la ejecución de pruebas de rendimiento de los sistemas contra incendios implementados.

El análisis de riesgos contra incendios fue elaborado y aprobado por la autoridad competente en una etapa previa por lo que el alcance de este trabajo no contempla su elaboración; sin embargo, el resultado de este análisis será considerado para determinar el peor escenario de riesgo de incendio y los sistemas contra incendios requeridos.

Considerando el escenario de riesgo de incendios más desfavorable, se realizó un análisis normativo en donde se determinó la capacidad del sistema contra incendios requerido y se elaboró un protocolo de prueba siguiendo los lineamientos indicados en las normas NFPA para la operación de estos sistemas en simultaneo.

Para la verificación de la operatividad y suficiencia del sistema contra incendios se realizaron pruebas en campo de acuerdo con los protocolos de prueba elaborados. Los resultados obtenidos son comparados con los criterios de diseño establecidos en la memoria de cálculo, verificando la suficiencia de los sistemas contra incendios ante el escenario de incendio más desfavorable.

Se concluyó que los sistemas contra incendios diseñados e instalados en la planta de almacenamiento de crudo son adecuados para el nivel de riesgo evaluado.

Palabras Clave: hidrocarburos, riesgo de incendios, protocolo de pruebas, protección contra incendios.

## **Abstract**

This paper presents the general guidelines to follow when verifying the adequacy and operability of fire protection systems in the worst-case risk scenario that may occur in a crude oil storage plant. The verification will consist of performing performance tests on the implemented fire protection systems.

The fire risk analysis was prepared and approved by the competent authority at a prior stage; therefore, its preparation is not included in the scope of this work. However, the results of this analysis will be considered when determining the worst-case fire risk scenario and the required fire protection systems.

Considering the worst-case fire risk scenario, a regulatory analysis was conducted to determine the required fire system capacity and develop a test protocol following the guidelines outlined in NFPA standards for the simultaneous operation of these systems.

To verify the fire system's operability and adequacy, field tests were conducted according to established test protocols. The results obtained are compared with the design criteria specified in the calculation report, verifying the adequacy of the fire systems under the most critical fire scenario.

It was concluded that the fire protection systems designed and installed at the crude oil storage plant are adequate for the assessed risk level.

Keywords: hydrocarbons, fire risk, testing protocol, fire protection.

## Tabla de Contenido

Resumen .....	iv
Abstract .....	v
Introducción .....	xi
Capítulo I. Generalidades .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento de la realidad problemática .....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.4. Marco legal .....	4
1.5. Definiciones .....	6
Capítulo II. Descripción de la instalación .....	9
2.1. Descripción general. ....	9
2.2. Descripción del proceso. ....	10
2.3. Sistema de control de procesos. ....	13
2.4. Sistema contra incendios. ....	14
Capítulo III. Resultado del estudio de riesgos .....	20
3.1. Metodología empleada .....	20
3.2. Tipos de eventos evaluados en el estudio de riesgos .....	22
3.3. Identificación de escenario de mayor riesgo .....	23
Capítulo IV. Análisis normativo del sistema contra incendios .....	24
4.1. Evaluación de normativa nacional .....	24
4.2. Evaluación de normativa internacional .....	35
Capítulo V. Memoria de cálculo del sistema contra incendios existente en el escenario de máxima demanda. ....	37
5.1. Descripción del sistema contra incendios en el patio de tanques de almacenamiento de crudo .....	37
5.2. Escenario de máxima demanda .....	43

5.3. Dimensionamiento del sistema contra incendios .....	44
Capítulo VI. Protocolo de pruebas de sistemas contra incendios.....	52
6.1. Prueba del sistema de dosificación de espuma contra incendios.....	52
6.2. Prueba de rendimiento de bomba contra incendios.....	54
6.3. Prueba de red de hidrantes contra incendios .....	57
6.4. Prueba de máxima demanda. ....	58
Capítulo VII. Análisis de los resultados obtenidos .....	61
7.1. Resultados de prueba de dosificación de espuma contra incendios.....	61
7.2. Resultados de prueba de rendimiento de bomba contra incendios .....	63
7.3. Resultados de prueba de red de hidrantes contra incendios .....	65
7.4. Resultados de prueba de máxima demanda. ....	69
Conclusiones .....	74
Recomendaciones .....	75
Referencias Bibliográficas.....	77
Anexos .....	80

## Lista de Tablas

Tabla 1: Dimensionamiento de los tanques. ....	11
Tabla 2: Características del crudo.....	12
Tabla 3: Especificaciones de la bomba contra incendios. ....	15
Tabla 4: Especificaciones de aspersores contra incendios. ....	18
Tabla 5: Especificaciones del tanque bladder .....	19
Tabla 6: Especificaciones de la cámara de espuma .....	19
Tabla 7: Número de descargas para la aplicación de espuma de acuerdo con D.S. 052-93-EM.....	34
Tabla 8: Datos para determinar curva de rendimiento de bomba contra incendios. ....	38
Tabla 9: Parámetros del sistema de aspersores de los tanques T-1-A y T-3-C.....	41
Tabla 10: Especificaciones de la cámara de espuma del tanque T-2-B .....	42
Tabla 11: Parámetros de operación en el manifold de espuma contra incendios del tanque T-2-B.....	42
Tabla 12: Cálculo de espuma contra incendios requerido .....	45
Tabla 13: Cálculo de espuma contra incendios suplementaria requerida.....	46
Tabla 14: Cálculo de agua contra incendios en el sistema de aspersores .....	48
Tabla 15: Cálculo de requerimiento de agua contra incendios para enfriamiento de techos.....	48
Tabla 16: Cálculo de requerimiento de agua contra incendios total. ....	49
Tabla 17: Datos teóricos para escenario de máxima demanda. ....	50
Tabla 18: Datos generales del sistema de espuma contra incendios. ....	61
Tabla 19: Resultados de medición de dosificación de espuma en laboratorio.....	62
Tabla 20: Resultados de medición de solución de espuma – muestra de campo.....	62
Tabla 21: Datos generales del sistema de bomba contra incendios.....	63
Tabla 22: Registro de datos obtenidos en campo .....	64
Tabla 23: Tabla de resultados de rendimiento de bomba contra incendios. ....	64

Tabla 24: Hidrantes monitores seleccionados.....	66
Tabla 25: Resultados de prueba realizada.....	67
Tabla 26: Resultados obtenidos en la prueba de máxima demanda .....	71

## Lista de Figuras

Figura 1: Esquema de proceso de planta.....	12
Figura 2: Metodología de estudio de riesgos. ....	21
Figura 3: Tablas 5.9.2.2 y 5.9.2.4 de la NFPA 11-2016.....	36
Figura 4: Distribución general del sistema contra incendios en el patio de tanques de almacenamiento de crudo.....	37
Figura 5: Placa de bomba contra incendios .....	38
Figura 6: Esquema de red de distribución de monitores contra incendios en patio de tanques de almacenamiento de crudo. ....	40
Figura 7: Esquema de red de aspersores contra incendios.....	41
Figura 8: Esquema de red de espuma contra incendios. ....	43
Figura 9: Escenario de incendio en máxima demanda simultánea.....	44
Figura 10: Grafico de indice de refracción versus el % de dosificación de espuma.....	62
Figura 11: Curva de rendimiento de bomba contra incendios. ....	64
Figura 12: Distribución de red de hidrantes.....	66
Figura 13: Gráfico del comportamiento hidráulico de la red contra incendio .....	68
Figura 14: Esquema de distribución de activación de los sistemas contra incendios en máxima demanda simultanea. ....	70

# Introducción

La industria de hidrocarburos es probablemente una de las más complejas en cada una de sus etapas y todas requieren de niveles de protección que van acorde al tipo de actividad y capacidad de procesamiento en cada planta; estas actividades deben ser protegidas a todo nivel, una de ellas es la protección contra incendios.

Los sistemas de protección contra incendios deben ser diseñados en base al nivel de riesgo, al uso de la edificación o instalación, y al tipo de contingencia que se puede presentar, inclusive realizando simulaciones de incendios para conocer el impacto o daño que puede ocasionar a las actividades adyacentes. El requerimiento del tipo y capacidad de estos sistemas se obtiene analizando la instalación como un todo, es decir se incluye el análisis de los medios de egreso, señalización, sistemas de supresión, detección y notificación, el contenido de los materiales, disponibilidad de medios de protección externos a nuestra instalación. Normas como la NFPA evalúan el riesgo a nivel prescriptivo considerando el uso de la instalación, considerando que cada instalación tiene requerimientos diferentes a otros.

Determinado e instalado el tipo de sistema contra incendios, se debe contar con un plan de mantenimiento de esos sistemas que garanticen la operatividad de estos en casos de emergencias, parte de esta verificación la veremos en la ejecución de las pruebas en campo en donde se analizará la suficiencia y operatividad de los sistemas de agua y espuma para el escenario más desfavorable en la planta de almacenamiento de crudo.

# Capítulo I. Generalidades

## 1.1 Antecedentes

Una de las principales labores que se realiza en la industria del petróleo es la comercialización de los hidrocarburos, en esta actividad existen diferentes etapas desde la recepción del crudo, la separación en fases de este y el almacenamiento del crudo en tanques cilíndricos. Todos estos procesos deben ser protegidos con sistemas contra incendios requeridos de acuerdo con el tipo de proceso que se desarrolle y cumpliendo los requerimientos de protección exigidos por las normas nacionales e internacionales aplicables.

De acuerdo con el artículo N° 79 del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos (Ministerio de Energía y Minas, 2007), indica que con respecto a los sistemas, equipamiento y organización contra incendios:

“La protección de una instalación de hidrocarburos depende fundamentalmente de su sistema, equipamiento y organización contra incendio. El mencionado sistema debe ser dimensionado y estar en capacidad adecuada para controlar cualquier tipo de emergencia en cualquier momento de la vida operativa de la instalación, guardando concordancia con lo que disponga el Estudio de Riesgos” (Ministerio de Energía y Minas, 2007)(p. 44).

El artículo N° 91.1 de la misma norma (Ministerio de Energía y Minas, 2007), indica que con respecto a los requerimientos mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento y generación de espuma para tanques de almacenamiento instalados sobre la superficie. “Los parámetros mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento y generación de espuma que se deben considerar en los diseños de los sistemas contra incendio para las Instalaciones de Hidrocarburos, serán establecidos en un Estudio de Riesgos” (p. 46).

De acuerdo con el artículo N° 80.1 del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos (Ministerio de Energía y Minas, 2007) “Los equipos y agentes

contra incendio deberán ser listados y aprobados en su eficiencia y calidad por la UL, FM u otra entidad equivalente, aceptada por el INDECOPI” (p. 44).

De acuerdo con el artículo N° 80.2 del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos (Ministerio de Energía y Minas, 2007) “Los sistemas de prevención y extinción de incendios en las Instalaciones de Hidrocarburos, podrán ser fijos, semifijos, móviles, portátiles o en combinación, en la calidad y cantidad adecuada para responder al mayor riesgo individual posible y/o a lo que el Estudio de Riesgos indique en cada caso, sustentado con las NTPs o estándares NFPA, estándares API y prácticas recomendadas, código ASME u otras normas internacionales aceptadas por OSINERGMIN” (p. 44).

De acuerdo con el reporte generado por (Foundation, 2013) The Fire Protection Research Foundation en el año 2013, sobre el desempeño de los sistemas de rociadores y la estrategia enfocada a la NFPA 25, se indica que el 91% de los sistemas de rociadores contra incendios se activaron; sin embargo, el 96% de estos casos extinguieron el fuego y el 4% no extinguió el fuego. Las causas por las que los rociadores se activaron y no funcionaron son porque el 44% de los sistemas no contaba con la suficiente presión para extinguir el incendio, el 30% no contaba con la suficiente agua para extinguir el incendio y 26% a otros factores como falta de mantenimiento, sistema inapropiado, componentes dañados.

Dadas las referencias normativas y la estadística presentada, no es suficiente contar con un sistema de protección contra incendios adecuado y dimensionado se debe poner especial énfasis en el mantenimiento y operatividad de estos sistemas que actúen en casos de incendios.

## **1.2 Planteamiento de la realidad problemática**

Las normas nacionales aplicables brindan los requerimientos de protección contra incendios de acuerdo con el tipo de actividad, inclusive los factores a emplear para el

cálculo o dimensionamiento de los sistemas contra incendios para escenarios específicos que deben ser complementados con otros sistemas indicados en las normas NFPA aplicables.

La NFPA 25, la norma de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de agua contra incendios, indica el tipo, frecuencia de inspección y mantenimiento de cada componente de los sistemas contra incendios.

Por lo tanto, se cuenta con información técnica y reglamentaria para determinar el tipo y capacidad de los sistemas contra incendios, así como la frecuencia y tipo de inspección, prueba y mantenimiento de estos sistemas; sin embargo de acuerdo a la estadística de presentado en el reporte de (Foundation, 2013) The Fire Protection Research Foundation en el año 2013, sobre el desempeño de los sistemas de rociadores y la estrategia enfocada a la NFPA 25; las fallas en la eficacia de los sistemas contra incendios son debido a factores de diseño y mantenimiento.

Identificado ese problema, en el presente documento analizaremos el tipo y capacidad requerida del sistema contra incendios para el peor escenario de riesgo de incendio y se verificará a través de una prueba en campo, cumpliendo los requerimientos de la normativa nacional y la norma NFPA, si el sistema cumple en operatividad y suficiencia en casos de incendios.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General**

Realizar la evaluación de la suficiencia y operatividad de los sistemas contra incendios ante el escenario de incendio más desfavorable en una planta de almacenamiento de crudo.

#### **1.3.2 Específicos**

- a. Determinar los requerimientos legales aplicables a la planta de almacenamiento

de crudo.

- b. Calcular el requerimiento de sistema de contra incendios en el escenario de máxima demanda.
- c. Elaborar los procedimientos de prueba de rendimientos de los sistemas contra incendios.
- d. Verificar la suficiencia y operatividad de los sistemas contra incendios para el escenario más desfavorable.

## **1.4 Marco legal**

### **1.4.1 Normas Nacionales**

- a. Ley 26221: Ley Orgánica de Hidrocarburos, aprobado por el Decreto Supremo N° 042-2005-EM
- b. D.S.032-2004-EM: Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos
- c. D.S.032-2002-EM: Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos.
- d. D.S.052-93-EM: Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos
- e. D.S.036-03-EM: Modificación del Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado por el D.S. 052-93-EM.
- f. D.S.043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.
- g. D.S.051-93-EM: Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos.

- h. D.S.023-2015-EM: Modifican el Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 051-93-EM.
- i. D.S.005-2003-EM: Sustituyen artículo del Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos y modifican definiciones del Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos

#### **1.4.2 Estándares y códigos**

- a. NFPA 1: Código de prevención de incendios.
- b. NFPA 10: Norma para extintores portátiles contra incendios
- c. NFPA 11: Norma para espumas de baja, media y de alta expansión.
- d. NFPA 14: Norma para la instalación de sistemas de montantes y mangueras
- e. NFPA 15: Norma para sistemas de pulverización de agua de protección contra incendios.
- f. NFPA 20: Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios.
- g. NFPA 22: Norma para tanques de agua para protección contra incendios privada.
- h. NFPA 24: Norma de instalación de tuberías del sistema privado de incendios y sus accesorios.
- i. NFPA 25: Norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios a base de agua.
- j. NFPA 30: Norma de líquidos inflamables y combustibles

## 1.5 Definiciones

- a. Estudio de riesgos: Es una evaluación de las condiciones de operación de los procesos de una instalación y determinar los posibles escenarios de riesgos de seguridad y de protección contra incendios que se pueden desencadenar determinando los medios de protección adecuados para reducir el nivel de riesgo.
- b. Mayor riesgo: Se considera el área de mayor riesgo la zona, área, proceso de una instalación en donde se requiere la máxima demanda de sistemas contra incendios en simultaneo.
- c. Programas de cumplimiento basados en el desempeño: Debe permitirse que los componentes y sistemas sean inspeccionados, probados y mantenidos según lo establecido en un programa basado en el desempeño aprobado. (National Fire Protection Association , 2020)
- d. Procedimiento para pruebas: Un procedimiento que se usa para determinar el estado operativo de un componente o sistema mediante verificaciones física y periódicas, tales como pruebas de flujo de agua, pruebas de bombas contra incendios, pruebas de alarmas y pruebas de activación de válvulas de tubería seca, de diluvio o de acción previa. (National Fire Protection Association , 2020).
- e. Sistema de aspersion de agua: Un sistema de tuberías fijas activado manual o automáticamente, conectado a un suministro de agua y equipado con boquillas de aspersion de agua, diseñado para proveer una descarga y distribución específicas de agua sobre el área o las superficies protegidas. (National Fire Protection Association , 2020)
- f. Sistema de espuma fijo: Instalación completa en la cual se conduce la espuma a través de tuberías desde la estación central de espuma, descargando a través de salidas fijas sobre el riesgo que se va a proteger con bombas instaladas

permanentemente donde se requieren. (National Fire Protection Association , 2016)

- g. Tanque vejiga de presión balanceada: Tanque de concentrado de espuma equipado con una vejiga interna que usa flujo de agua a través de un proporcionador tipo Venturi para controlar la velocidad de inyección del concentrado de espuma desplazando el concentrado de espuma dentro de la membrana con el agua fuera de la vejiga o vejiga. (National Fire Protection Association , 2016)
- h. Concentrado de Espuma: Es el agente extintor empleado para la generación de la solución de espuma contra incendios.
- i. Solución de espuma contra incendios: Mezcla homogénea de agua y concentrado de espuma en proporciones adecuadas. (National Fire Protection Association , 2016)
- j. Concentrado de espuma formador de película acuosa (AFFF). Concentrado a base de surfactantes fluorados más estabilizadores de espuma para producir una película acuosa fluida para suprimir los vapores de hidrocarburos combustibles y usualmente diluido con agua para formar una solución al 1%, 3% o al 6%. (National Fire Protection Association , 2016)
- k. Cámaras de Espuma. Es la salida fija para la descarga de espuma contra incendios. (National Fire Protection Association , 2016).
- l. Hidrante de incendio: Una conexión de un sistema de suministro de agua a través de válvulas, que posee una o más bocas de salida y que se utiliza para abastecer de agua a mangueras y autobombas del cuerpo de bomberos. (National Fire Protection Association , 2020)
- m. Boquilla monitora: Un dispositivo montado de manera permanente, diseñado específicamente con una tasa de flujo alta para proveer un chorro de largo

alcance para ubicaciones donde es necesario disponer de grandes cantidades de agua sin la demora del despliegue de líneas de mangueras. (National Fire Protection Association , 2020).

- n. Prueba de flujo: Una prueba llevada a cabo por el flujo y la medida de agua de un hidrante y las presiones estática y residual de un hidrante adyacente, con el propósito de determinar el suministro de agua disponible en ese lugar. (National Fire Protection Association , 2019)
- o. Presión Residual: Presión existente en el sistema de distribución, medida en el hidrante residual en el momento en que se toman las lecturas de flujo en los hidrantes de flujo. (National Fire Protection Association , 2019)
- p. Presión estática: La presión que existe en un punto dado en condiciones normales del sistema de distribución, medida en el hidrante residual sin hidrantes que fluyan. (National Fire Protection Association , 2019).

## Capítulo II. Descripción de la instalación

### 2.1 Descripción general.

Todo el proceso productivo y administrativo está ubicado en un lote en la selva amazónica, alejada de la ciudad principal y en donde el acceso es limitado y controlado para salvaguardar la protección de las personas que laboran en la planta.

El lote consta de tres sectores, en donde se cuentan con operaciones de recepción, separación, almacenamiento y despacho de crudo.

Estos tres sectores son:

- a. Centro de procesamiento del crudo, en donde se realiza la recepción, medición y separación del crudo, también se encuentra la sala de control para el monitoreo de estos procesos.
- b. Zona de campamentos y oficinas, en donde se cuenta con facilidades de comedor, tópico, vigilancia permanente, alojamiento y oficinas equipadas para trabajos administrativos.
- c. Patio de almacenamiento de crudo, en donde se realiza la recepción del crudo para almacenamiento y posterior despacho en camiones cisterna.

Estas operaciones han sido diseñadas cumpliendo todos los requerimientos de diseño y construcción de acuerdo con normas internacionales; además del cumplimiento de normas de seguridad y medio ambiente con el fin de cumplir con todos los parámetros normativos los cuales fueron revisados, evaluados y aprobados por la autoridad competente. Considerando además el monitoreo constante de las condiciones climatológicas, evaluando parámetros como temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad del viento, presión atmosférica, dirección del viento predominante y nivel sísmico, todos estos factores son importantes para el desarrollo normal de las operaciones.

## **2.2 Descripción del proceso.**

### **2.2.1 Recepción de fluido**

El crudo proveniente de los pozos va a través de una línea de recolección e ingresa directamente a la planta de procesamiento de fluido a través de un manifold de producción que cuenta con una unidad de medición que permite cuantificar la cantidad de agua, gas y crudo. Desde este manifold se envía el producto hacia los separadores trifásicos.

### **2.2.2 Primera etapa de separación de fluido.**

La primera etapa de separación se ejecuta en el separador trifásico cuyo objetivo es separar el agua y gas presente en el crudo.

El gas obtenido en esta primera etapa de separación trifásica se envía al sistema de filtro de gas, el agua obtenida es enviada a la planta de tratamiento de agua y el crudo es enviado a una segunda etapa de separación trifásica.

Cabe indicar que el separador cumple con los requerimientos de diseño para evitar inundaciones de líquido y sobrepresiones contando con las válvulas de seguridad requeridas; los excesos de gas son enviados a un quemador de gas (flare).

### **2.2.3 Segunda etapa de separación de fluido.**

El crudo proveniente de la primera etapa pasa por un segundo proceso de separación trifásica.

El gas obtenido es enviado hacia un recipiente de alivio, el agua hacia la planta de tratamiento de agua y el crudo obtenido es enviado hacia un Aero enfriador de crudo a través de bombas de crudo. El Aero enfriador tiene como objetivo disminuir la temperatura antes de su almacenamiento.

Cabe indicar que el separador cumple con los requerimientos de diseño para evitar inundaciones de líquido y sobrepresiones contando con las válvulas de seguridad requeridas; los excesos de gas son enviados a un quemador de gas (flare).

#### **2.2.4 Almacenamiento y despacho de crudo**

El crudo obtenido en la segunda etapa de separación es almacenado en tanques, ubicados en el área de almacenamiento de crudo; zona que está alejada de la zona de producción.

El crudo almacenado en los tanques es transferido hacia el cargadero de camiones cisterna a través de bombas de transferencia de crudo.

Existen tres tanques de almacenamiento de crudo cuya fabricación cumple con los requerimientos de diseño y seguridad para su operación. Cada tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 25 000 Barriles.

En la tabla 1, se muestra las características de los tanques de almacenamiento.

**Tabla 1**

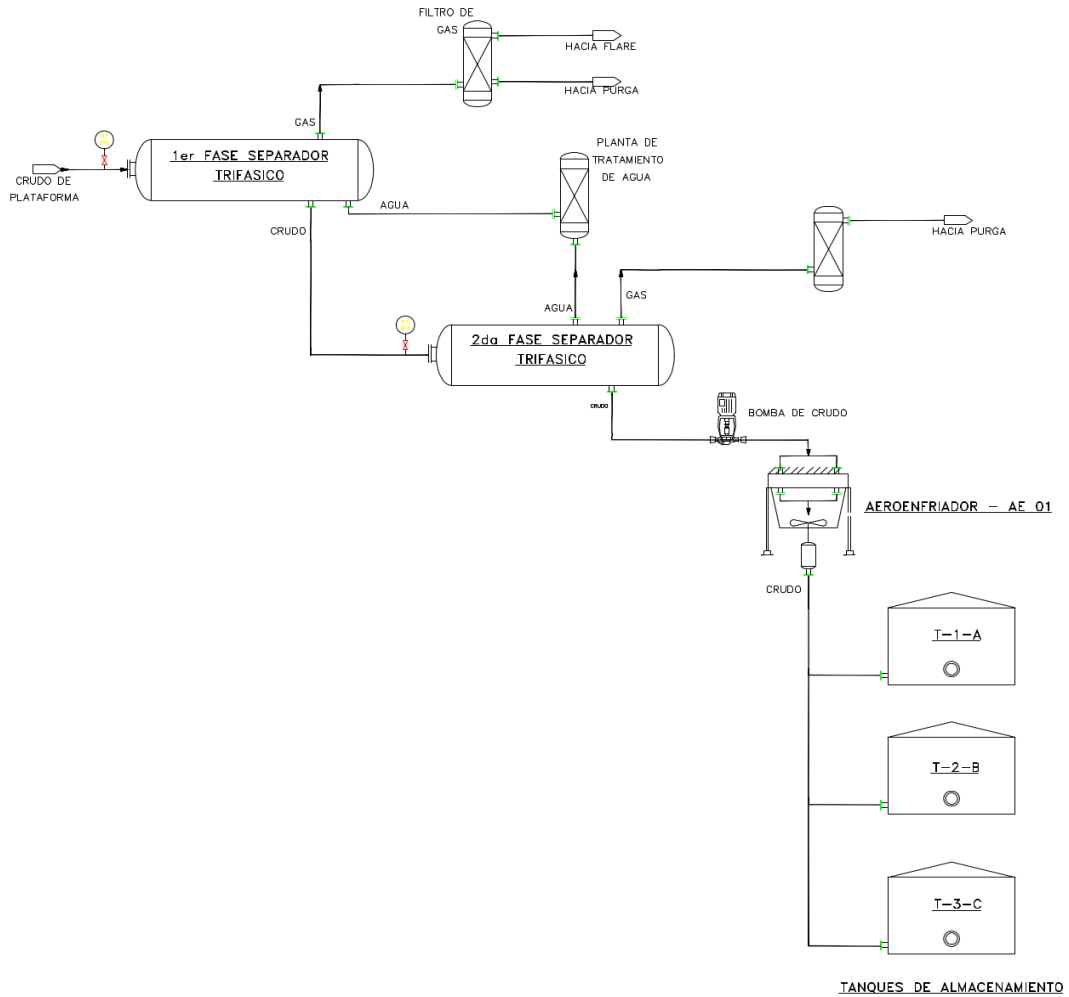
*Dimensionamiento de los tanques.*

N°	ID Tanque	Producto	Tipo de techo	Diámetro (ft)	Altura (ft)
1	T-1-A	Crudo	Techo fijo	72.00	30.00
2	T-2-B	Crudo	Techo fijo	72.00	30.00
3	T-3-C	Crudo	Techo fijo	72.00	30.00

En la figura 1, se muestra el esquema del proceso desde la recepción, procesamiento, almacenamiento y despacho del crudo.

**Figura 1**

*Esquema de proceso de planta.*



**2.2.4.1. Características del crudo.** El crudo que se almacena en el patio de tanques tiene las siguientes características indicadas en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Características del crudo*

Descripción	Valor
Gravedad API @60°F	45.30
Densidad relativa	0.7936
Temperatura	17 °C / 62.6 °F

Descripción	Valor
Flash Point	< 38°C / 100.5 °F

**2.2.4.2. Clasificación del Crudo.** De acuerdo con lo establecido en la norma NFPA 30 - Norma de líquidos inflamables y combustibles, considerando que el punto de inflamación del crudo a almacenar en las instalaciones es superior a 73 °F (22,8 °C) e inferior a 100 °F (37,8 °C), se determina que el crudo pertenece a los Líquidos Inflamables Clase IC.

### 2.3 Sistema de control de procesos.

El monitoreo de los procesos se realizará a través de un PLC que ejecutará las siguientes funciones:

- a. Monitoreará las variables de proceso como presiones, temperaturas, flujos.

Ejecutará los diferentes lazos de control de las variables de los equipos de proceso: controles de nivel, de presión y de flujo de separadores, tratador térmico, desaladora e inyección de diluyente.

La parada total se podrá efectuar, también en forma manual mediante pulsadores de parada distribuidos en puntos estratégicos de las instalaciones o desde el software de supervisión en la estación del operador.

- b. Comunicación con el panel de control de detección y alarma de fuego y gas.

En el eventual caso de fugas o incendio en algún equipo en la plataforma, se podrá proceder al paro de emergencia presionando el botón de parada de emergencia que se instalará en el panel de cabeza de pozo, en el calentador y en el separador. Una vez accionado el botón de parada de emergencia se cerrarán las válvulas de cabeza de pozo, las válvulas de la descarga del sistema de levantamiento, las válvulas de control irán a su posición segura y las SDV cerrarán.

Cada uno de los PLCs estará integrado a un SCADA que permitirá monitorear y controlar la planta, cuando se generen alarmas y/o paradas se tendrá la historización de estas para su futuro análisis.

## **2.4 Sistema contra incendios.**

Previo al inicio de operaciones se realizó el análisis de riesgos de la planta que incluye la revisión de cada uno de los procesos y sus parámetros de operación lo que determina los posibles escenarios de incendios y sus medios de protección requeridos. Como resultado de este estudio de riesgos, que incluye un análisis prescriptivo, se determina el tipo de sistema contra incendios a instalar de acuerdo con el uso y características de cada área.

El lote cuenta con un sistema contra incendios que incluye un sistema de enfriamiento a base de agua y un sistema de extinción a base de espuma. Los equipos principales de los sistemas contra incendios instalados son:

### **2.4.1 Tanque de almacenamiento de agua (TA-001)**

Se cuenta con un tanque vertical (TA-001) con capacidad de 5000 barriles de agua, cuenta con las siguientes características.

- a. Se tiene una entrada y salida de 12" sch. STD de acero al carbono ASTM A53 galvanizado.
- b. Indicador de nivel tipo regleta para la verificación de la cantidad de agua.

Switch de nivel bajo de agua que se conecta al tablero de arranque de la motobomba contra incendios, y envía una señal al tablero para evitar cavitación en la bomba contra incendios.

En la succión del tanque se cuenta con un filtro para la eliminación de partículas sólidas que queden de la succión del agua de río.

Línea de descarga del tanque que alimenta a la succión de la bomba contra incendios, con placa anti-vórtices.

#### **2.4.2 Bomba contra incendios (BCI-001)**

Se cuenta con un sistema de bomba contra incendios que consta de una bomba con motor de combustión interna de 2000 gpm de capacidad a 150 PSI. La motobomba cuenta en la succión con un manómetro de -30inHG a 100 psi y otro en la descarga con un rango de operación de 0 a 200 psi.

En el tanque de combustible de la motobomba tiene un indicador de nivel y un switch de nivel bajo LSL, la señal del switch de nivel llega al tablero de control.

La motobomba cuenta con un tablero de control en donde se registran las presiones en cada prueba y se visualizan las alarmas de operatividad de las baterías, sobrepresión, sobre velocidad, bajo nivel de tanque de combustible, bajo nivel de tanque de agua.

Se cuenta con un manifold de pruebas con 06 válvulas angulares de 2 ½” para las pruebas de flujo correspondientes.

La bomba fue diseñada e instalada de acuerdo con los requerimientos de la norma NFPA 20.

#### **Tabla 3**

*Especificaciones de la bomba contra incendios.*

Caudal Nominal	2000 gpm
Presión nominal	150 psi.
Velocidad nominal	2800 rpm
Máxima presión	200 psi
Presión a 150% de sobrecarga	120 psi
Máxima Potencia	270 BHP
Marca	SPP
Modelo	TD15
Certificación	UL y FM

### **2.4.3 Electrobomba Jockey (BJ-001)**

Se cuenta con una electrobomba jockey que tiene una capacidad de 75 gpm @ 160 psi, con tablero de control. Tiene dos manómetros uno en la succión de -30inHG a 100 psi y otro en la descarga con un rango de operación de 0 a 250 psi, estos manómetros sirven para verificar las presiones en cada punto respectivamente.

Se tiene una línea de censado que se conecta a la línea de descarga de la electrobomba. En esta línea de censado se tiene un switch de presión; cuando la presión en la línea baje o llegue a 170 PSI, este switch hace que la electrobomba arranque.

### **2.4.4 Red de agua contra incendios**

La red contra incendios inicia en la caseta de la bomba contra incendios, la red troncal será enterrada y se subdivide en dos anillos, el primer anillo alimenta a hidrantes, monitores y manifold de sistemas de espuma que protegen a la zona de plataforma y procesos. El segundo anillo protege a la zona de almacenamiento de crudo y que también alimenta a los hidrantes, monitores y manifold de los sistemas de espuma y rociadores de esa zona.

Todos los hidrantes y monitores están ubicados en lugares estratégicos y manteniendo la distancia adecuada para evitar daños por la radiación generada en caso de incendios, esto permitirá una fácil y adecuada manipulación de estos equipos en situaciones de emergencia.

Se cuenta con válvulas seccionadoras con poste indicador ubicados estratégicamente en toda la red para garantizar un adecuado mantenimiento por sectores.

El dimensionamiento fue desarrollado de acuerdo con la NFPA 24 y cuenta con las siguientes características principales:

a. Línea de alimentación de 6" de diámetro.

Cada hidrante de 6" de diámetro, en la parte superior tendrá dos salidas de 2½" y una brida en la parte superior de 4".

El monitor es listado por UL, con conexión de entrada de 4" y conexión de salida de 2 ½".

Cada monitor tiene una boquilla listada por UL con capacidad de descarga de 250 – 500 gpm y un alcance de 48 m con 100 psi.

#### **2.4.5 Sistema de enfriamiento contra incendios**

El sistema de enfriamiento contra incendios consiste en la aplicación de agua a través de hidrantes – monitores distribuidos y ubicados estratégicamente para cubrir el riesgo de incendio en las diferentes operaciones del lote y a una distancia adecuada que permita su manipulación en casos de incendios.

En la zona de almacenamiento de tanques de crudo, además de la red de hidrantes – monitores distribuidos alrededor del dique, se cuenta con dos semianillos en la parte superior del tanque y tendrán instalado cada cierto tramo una boquilla pulverizadora de agua.

El objetivo de este sistema de enfriamiento para la protección de los tanques es que se pueda enfriar parte del techo de los tanques a través de la aplicación de agua con mangueras o boquillas en los monitores ubicados alrededor del dique y el enfriamiento de las paredes laterales a través de la activación de los pulverizadores de agua.

La activación de los anillos del sistema de pulverización se realiza a través del manifold que cuenta con 6 válvulas tipo compuerta de 4" para la apertura de cada semianillo que se aplica a cada tanque de almacenamiento.

La ubicación de todos los dispositivos de activación del sistema de enfriamiento está ubicados a una distancia adecuada que se permita su manipulación ante un caso de incendio.

**Tabla 4**

*Especificaciones de aspersores contra incendios.*

Tanque	N° aspersores por anillo	N° anillos	N° secciones por anillo	Factor K comercial (gpm/psi <sup>1/2</sup> )	Presión mínima requerida (PSI)
T-1-A	46	1	2	4.1	39.44
T-2-B	46	1	2	4.1	39.44
T-3-C	46	1	2	4.1	39.44

#### **2.4.6 Sistema de espuma contra incendios**

El sistema de espuma contra incendios está compuesto por un tanque bladder horizontal de 700 galones de capacidad de concentrado de espuma AFFF 3%.

Cada tanque de almacenamiento cuenta con una cámara de espuma ubicado en la parte superior. Para la apertura de las cámaras de espuma se cuenta con un manifold de espuma que consta de 03 válvulas tipo compuerta de 4" cada una.

El sistema de espuma contará con válvulas de activación ubicadas fuera del radio de afectación por radiación en caso de incendio y la activación se realizará por personal entrenado. La primera activación se realizará a las válvulas ubicadas en el tanque bladder y luego el manifold del sistema de espuma, que activará la descarga de solución de espuma a través de la cámara de espuma.

Adicionalmente se cuenta con 2 galoneras de 55 galones de capacidad cada uno como espuma contra incendios suplementaria.

**Tabla 5***Especificaciones del tanque bladder*

Tipo	Tanque bladder
Marca	ANSUL
Modelo	AFC38
Agente	AFFF
Dosificación	3%
Capacidad	700 galones

**Tabla 6***Especificaciones de la cámara de espuma*

Tanque	N° de cámaras	Caudal por cámara	Factor K	Presión mínima requerida
T-1-A	1	412.8	59.56	48.05
T-2-B	1	412.8	59.56	48.05
T-3-C	1	412.8	59.56	48.05

**2.4.7 Extintores contra incendios**

La distribución y ubicación de extintores se realizó considerando la norma NFPA 10 y NTP 350.043-1, para ello se realizó la clasificación de riesgo e identificación del tipo de fuego por área; la ubicación se determinó considerando las distancias máximas de recorrido establecidos por la normativa nacional. Por lo tanto, se encuentra adecuadamente distribuido los extintores contra incendios en todas las operaciones del lote.

Los tipos de extintores instalados y distribuidos en todo el lote son de PQS ABC, PQS BC, Dióxido de carbono, agua pulverizada, acetato de potasio y de acuerdo con el nivel de riesgo estos pueden ser portátiles o rodantes.

## Capítulo III. Resultado del estudio de riesgos

### 3.1 Metodología empleada

La metodología general para el estudio de riesgos se basa en lo indicado por la Society Fire Protection Engineering, mostrado en la figura 2. La identificación de peligros se realiza a través de una revisión de los tipos de procesos, insumos, materias primas empleadas, factores de operación, entre otros. Estas condiciones determinarán los escenarios de fuego y explosión a través de la evaluación de eventos inicializadores de falla, eventos intermedios y eventos desencadenantes.

Para la evaluación de los eventos desencadenantes y su severidad se realizan simulaciones de fuego o explosión consideran factores como la ubicación geográfica, distribución de procesos, condiciones climatológicas, materia prima e insumos empleados, medios de acceso, medios de protección existentes y capacidad de respuesta ante una emergencia. El resultado de estas simulaciones determina los medios de protección necesarios de acuerdo con los requerimientos normativos aplicables y obtener un nivel de riesgos aceptable que garantice una protección adecuada a las personas y a la continuidad de las operaciones.

Entre las técnicas para la identificación y evaluación de riesgos para el estudio de riesgos son:

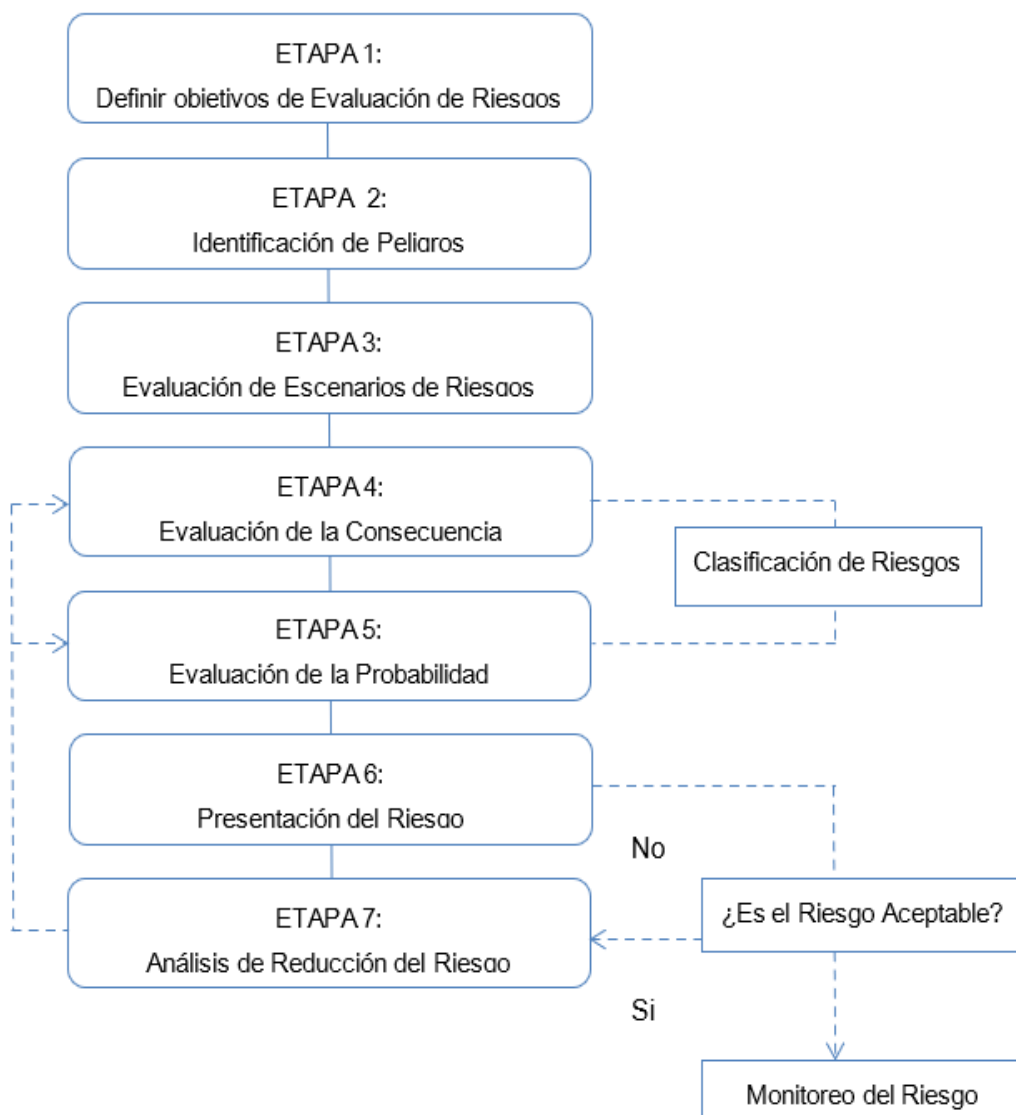
- a. Estudio de Peligros y Operabilidad (HAZOP).
- b. Estudio de Identificación de Peligros (HAZID).
- c. Análisis de Árbol de Eventos (ETA).
- d. Análisis de Árbol de Fallas (FTA).
- e. Estudio de Alcance de Consecuencias (EAC).
- f. Estudio de Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR).

g. Lista de Verificación de Cumplimiento de Estándares y Prácticas de Ingeniería.

Finalmente, al obtener un nivel de riesgos aceptable a través de la implementación de medidas de control, se debe realizar un monitoreo de los riesgos con una frecuencia adecuada.

**Figura 2**

*Metodología de estudio de riesgos.*



Fuente: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th edition

### 3.2 Tipos de eventos evaluados en el estudio de riesgos

De acuerdo con el resultado del estudio de riesgos se identificaron más de 90 eventos de emergencia, entre los principales eventos destacan:

- a. Incendio tipo pool fire confinado en el tanque de almacenamiento de crudo de techo fijo, a través de una simulación se pudo observar que la radiación térmica peligrosa ( $12.5 \text{ kW/m}^2$ ) llega a afectar a los tanques adyacentes debido a que se encuentran dentro de un radio de afectación de 15 metros. Como medida de control inmediato se debe enfriar el tanque incendiado y proteger las tuberías expuestas a nivel de piso.
- b. Incendio tipo pool fire debido a la fuga de crudo por un orificio de 50 mm de una tubería del tanque de almacenamiento de crudo, a través de la simulación del evento se pudo observar que, la radiación térmica peligrosa ( $12.5 \text{ kW/m}^2$ ) logra afectar los tanques adyacentes debido a que se encuentran dentro de un radio de afectación de 23 metros. Como medida de control inmediata se debe enfriar el tanque incendiado y proteger las tuberías expuestas a nivel de piso.
- c. Incendio de tipo jet fire debido a la fuga continua del crudo por un orificio de 10mm de diámetro de una tubería del separador trifásico, en la simulación del evento se puede observar que, la radiación térmica peligrosa ( $12.5 \text{ kW/m}^2$ ) afecta dentro de un radio de 2.4 metros, por lo que se deben enfriar o proteger las tuberías expuestas dentro de este radio de acción.
- d. Flash fire generado por una fuga de gas asociado al KO Drum a través de un orificio de 10 mm de diámetro de una tubería, en la simulación de evento se puede observar que no se llega a superar el 0.5 del LIE (Límite inferior de explosividad).

- e. Explosión por fuga de gas del KO Drum a través de un agujero de 10 mm de diámetro afectando parcialmente estructuras por una exposición a 12.5 KPa (1.8psi) dentro de los 20 metros de exposición.

Estos eventos fueron evaluados para determinar el grado de severidad y el nivel de afectación con procesos adyacentes y las personas, determinando el nivel de protección requerido para reducir el nivel de riesgo.

### **3.3 Identificación de escenario de mayor riesgo.**

De todos los eventos evaluados y priorizando el análisis de los eventos desencadenantes que tienen mayor impacto se identificó un evento crítico y que requiere de mayor control con la aplicación de medidas adicionales para reducir el nivel de riesgo.

Este evento crítico es un incendio en el techo de uno de los tanques de almacenamiento de crudo, el que tiene el mayor nivel de consecuencias y que requiere de la mayor demanda de agua y espuma contra incendios.

Siendo este escenario el de mayor riesgo y mayor demanda de agua y espuma contra incendios se analizará el desempeño de los sistemas contra incendios a través de la ejecución de pruebas de rendimiento, los que son detallados en capítulos posteriores.

Cabe resaltar que el estudio de riesgos fue revisado y aprobado por la autoridad competente y las pruebas de recepción de los sistemas contra incendios que se aplican para este escenario fueron realizadas en presencia de la autoridad competente.

## Capítulo IV. Análisis normativo del sistema contra incendios

### 4.1 Evaluación de normativa nacional

De acuerdo con el análisis de riesgos aprobado por la autoridad competente, se determinó el peor escenario de incendio que puede ocurrir en la planta el que puede desarrollarse en el patio de tanques de almacenamiento de crudo.

Cabe resaltar que esta zona se encuentra alejada de la zona de procesamiento del crudo, campamento y oficinas administrativas, por lo que al generarse un incendio éste no afectará a las actividades adyacentes. Todo ello fue verificado con modelamientos de incendio y sus impactos desarrollados en el estudio de riesgos.

Por lo tanto, a continuación, se realiza un análisis normativo aplicable para determinar el requerimiento del sistema contra incendios en el patio de tanques de almacenamiento.

Las instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos se rigen dentro del marco legal del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos D.S. 043-007-EM", en donde se especifica lo siguiente con respecto a la prevención y extinción de incendios:

Artículo 78.- Normas de Seguridad operativa y protección contra incendio en el diseño y construcción de Instalaciones de Hidrocarburos. En el diseño y construcción de las Instalaciones de Hidrocarburos en cuanto se refiere a la Seguridad operativa y protección contra incendio, se deberá tener en cuenta las normas NFPA 10, 11, 11A, 12A, 13, 14, 15, 16, 17, 17A, 18, 20, 22, 24, 25, 30, 30A, 307, 54, 58, 59, 59 A, 70, 77, 101 y 780, entre otras. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 79.- Sistema, equipamiento y organización contra incendio. La protección de una Instalación de Hidrocarburos depende fundamentalmente de su sistema,

equipamiento y organización contra incendio. El mencionado sistema debe ser dimensionado y estar en capacidad adecuada para controlar cualquier tipo de Emergencia en cualquier momento de la vida operativa de la instalación, guardando concordancia con lo que disponga el Estudio de Riesgos. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 80.1.- Los equipos y agentes contra incendio deberán ser Listados y aprobados en su eficiencia y calidad por la UL, FM u otra entidad equivalente, aceptada por el INDECOPI. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 80.2.- Los sistemas de prevención y extinción de incendios en las Instalaciones de Hidrocarburos, podrán ser fijos, semifijos, móviles, portátiles o en combinación, en la calidad y cantidad adecuada para responder al mayor riesgo individual posible y/o a lo que el Estudio de Riesgos indique en cada caso, sustentado con las NTPs o estándares NFPA, estándares API y prácticas recomendadas, código ASME u otras normas internacionales aceptadas por OSINERGMIN. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 80.3.- A falta de normas nacionales, los sistemas contra incendio, agua para enfriamiento, sistemas mecánicos de aplicación de espumas, anhídrido carbónico, halón o sustituto que no afecte el ambiente, se regirán por las normas NFPA 1, 10, 11, 11A, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 17A, 18, 20, 22, 24, 25, 30, 58, 59, 59 A, 70, 72 u otras comprobadamente equivalentes y aceptadas por el OSINERGMIN. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 81.1.- Para la extinción de incendios en Instalaciones de Hidrocarburos deben considerarse como elementos o equipos mínimos, además del agua para enfriamiento, los agentes extintores de espuma, polvos químicos secos y otros como dióxido de carbono y líquidos vaporizantes que no afecten a la capa de ozono, siempre y cuando se encuentren de acuerdo a las NTP 350.043-1 y 350.043-2, para el caso de extintores portátiles; a las normas NFPA 11 y 16 para el caso de los

sistemas y agentes de espuma; y, a las normas NFPA 13, 14, 15, 20, 22, 24 y 25 para los sistemas de agua contra incendio en los casos que no exista NTP aplicable. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 81.2.- Igualmente, los componentes de los sistemas contra incendio deben cumplir con las normas de diseño y construcción de entidades reconocidas de normalización y/o certificación. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 86.- Cantidades de extracto de agentes espumosos en disponibilidad  
Las cantidades de agentes de espuma (en extracto) que deben mantenerse disponibles, deben ser establecidas por la Empresa Autorizada y no serán menores a dos veces la cantidad necesaria para combatir el mayor riesgo individual existente. Dichas cantidades podrán establecerse en el Estudio de Riesgos y/o en el RISI. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 91.- Requerimientos mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento y generación de espuma para tanques de almacenamiento instalados sobre la superficie. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 91.1.- Los parámetros mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento y generación de espuma que se deben considerar en los diseños de los sistemas contra incendio para las Instalaciones de Hidrocarburos, serán establecidos en un Estudio de Riesgos. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 91.2.- La capacidad de agua contra incendio de una Empresa Autorizada deberá basarse en lo mínimo requerido para aplicar espuma y extinguir un incendio en el tanque de mayor capacidad, más la cantidad de agua necesaria para enfriar los tanques adyacentes expuestos al flujo radiante del tanque incendiado, que pueda afectar la integridad de estos. Esto deberá estar sustentado en base a un estudio técnico. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 91.3.- El sistema de agua contra incendio deberá contar con bombas contra incendio, las cuales serán diseñadas e instaladas, según la NFPA 20. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 91.4.- Las tuberías del sistema de agua y espuma contra incendio deberán tener un diseño sísmo resistente, considerando la vulnerabilidad sísmica de la zona. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 91.5.- Se deberá asegurar un abastecimiento por lo menos de cuatro (4) horas de agua, al régimen de diseño considerando el mayor riesgo.

Reservas de agua:

- Cuatro (4) horas en base al máximo riesgo posible de la instalación.
- Una (1) hora cuando exista red pública confiable con capacidad superior al máximo riesgo posible de la instalación.
- No es necesaria cuando exista disponibilidad ilimitada de agua dulce o salada, siempre y cuando existan instalaciones fijas de bombeo que aseguren la capacidad del máximo riesgo posible, según norma NFPA 20. En este caso, debe contarse con una bomba contra incendio alterna. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 92.- Requerimientos mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento para tanques de almacenamiento de techo fijo o flotante. Los requerimientos mínimos para los sistemas de agua de enfriamiento para tanques de almacenamiento de techo fijo o flotante son los siguientes:

a. Enfriamiento:

Tanques de techo fijo o flotante:

- Con toroide en el anillo superior : 0,15 gpm/p<sup>2</sup> del área lateral del cilindro.
- Con sistema externo : 0,20 gpm/p<sup>2</sup> del área lateral expuesta.

Fijos, semifijos, móviles y portátiles (monitor, lanzador portátil, manguera con pitón chorro/niebla). (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Aplicación de espumas contra incendio: En los sistemas de extinción se pueden aplicar los concentrados de espumas mecánicas, cuya concentración será determinada por el tipo de Hidrocarburo y el sistema a extinguir, según la NFPA 11 y NFPA 11A:

- Monitores y mangueras para espuma:

Los monitores no deberán ser considerados como protección primaria en los tanques de techo fijo mayores a dieciocho metros (18 m) (60 pies) de diámetro. Las mangueras con lanzadores portátiles no se considerarán como un medio de protección de tanques de techo fijo mayores a nueve metros (9m) (30 pies) de diámetro o sobre seis metros (6 m) (20 pies) de altura.

Sistemas portátiles 0,15 gpm/p2 para Hidrocarburos.

(monitores y/o lanzadores portátiles) 0,20 gpm/p2 para solventes polares.

- Cámara de espuma para descarga en superficie:

Los sistemas de aplicación fijos, salvo las excepciones que indica la norma NFPA 11, serán capaces de suministrar una solución de espuma no menor a 4,1 lpm/m<sup>2</sup> (0,10 gpm/p2) para el caso de Hidrocarburos y de 6,5 lpm/m<sup>2</sup> (0,15 gpm/p2) para solventes polares, por espacio de tiempo no menor a treinta (30) minutos para líquidos con puntos de inflamación entre 37,8°C y 93,3°C (100F y 200F) o de 55 minutos en los casos de petróleo crudo o líquidos con punto de inflamación menores a 37,8°C (100°F).

- Inyección de espuma bajo superficie:

Los sistemas de aplicación, salvo las excepciones que indica la norma NFPA 11, serán capaces de suministrar una solución de espuma no menor a 4,1 lpm/m<sup>2</sup> (0,10

gpm/p2) para el caso de Hidrocarburos y de 4,1 lpm/m2 (0,10 gpm/p2) para solventes polares, por un lapso no menor a treinta (30) minutos para líquidos con puntos de inflamación entre 37,8°C y 93,3°C (100F y 200F) o de 55 minutos en los casos de petróleo crudo o líquidos con punto de inflamación menores a 37,8°C (100°F).

- Inyección de espuma semibajo superficie:

Los sistemas de aplicación fijos, salvo las excepciones que indica la norma NFPA 11, serán capaces de suministrar una solución de espuma no menor a cuatro coma uno (4,1) lpm/m2 (0,10 gpm/p2) para el caso de Hidrocarburos y de cuatro coma uno (4,1) lpm/m2 (0,10 gpm/p2) para solventes polares, por espacio de tiempo no menor a treinta (30) minutos para líquidos con puntos de inflamación entre treinta y siete coma ocho grados centígrados (37,8)°C y noventa y tres coma tres grados centígrados (93,3)°C (100F y 200F) o de cincuenta y cinco (55) minutos en los casos de petróleo crudo o líquidos con punto de inflamación menores a treinta y siete coma ocho grados centígrados (37,8)°C (100F). (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 95.- Inclusión de hidrantes en el sistema de agua contra incendio. El sistema de agua contra incendio deberá incluir la instalación de hidrantes, de acuerdo con la NFPA 14 (Standard for the Installation of Standpipe, Private Hydrant, and Hose Systems), dependiendo de cada Empresa Autorizada, y adicionalmente, lo que determine un Estudio de Riesgos. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 96.- Tipo de hidrantes contra incendio. Los hidrantes contra incendio serán del tipo de pedestal que cuenten con una conexión para abastecimiento del camión contra incendio y/o con 2,5 pulgadas (64 mm) que permitan ser utilizadas por la brigada contra incendio de la Empresa Autorizada o por el equipo del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú. No se permiten hidrantes en caja enterrada. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 97.1.- La capacidad real de los hidrantes contra incendio en conjunción con su fuente de suministro será comprobada mediante prueba y aforo en el sitio, por Personal calificado de la Empresa Autorizada, en presencia de un representante de OSINERGMIN o, de ser necesario y existiendo las facilidades del caso, la prueba puede realizarse en presencia de representantes del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 97.2.- Los hidrantes instalados en la Empresa Autorizada deberán proporcionar un caudal mínimo de quinientos (500) gpm, cuando tengan dos (2) salidas de 2,5 pulgadas (64 mm) o de mil (1 000) gpm cuando tengan 2,5 pulgadas (64 mm) y una salida para abastecimiento de un camión contra incendio, teniendo en cuenta el requerimiento de presión positiva. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 205.- Aplicación normativa. Para el almacenamiento de Hidrocarburos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos será de aplicación el Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, así como sus normas complementarias, modificatorias o sustitutorias. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

Artículo 206.- Medidas de Seguridad para tanques de almacenamiento. Los tanques de almacenamiento además deberán cumplir las siguientes medidas de Seguridad: (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

- a. Estar protegidos, de acuerdo con cada riesgo individual, por los sistemas y equipos contra incendio que se especifican en el Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.

Estar instalados en locaciones que tengan facilidades de acceso rápido y seguro a las unidades móviles contra incendio y auxilio, así como estar provistos de sistemas de agua y espuma para el control y extinción de incendios.

Mantener libre de hierbas, maleza o plantas el espacio entre el tanque de almacenamiento y los muros de contención.

Salvo Emergencias, permiso expreso o que los tanques se encuentren vacíos y desgasificados para mantenimiento, está prohibido el ingreso de vehículos automotores al área contenida por el dique.

Contar con letreros, avisos o carteles de Seguridad colocados en lugares visibles.

Mantener los pisos, peldaños y pasamanos de las escaleras en buen estado de conservación.

Tener pisos y pasarelas de material antideslizante.

Disponer de un número adecuado de sellos o cintas metálicas para impedir el manipuleo de determinadas válvulas, cuyo mal manejo daría lugar a una Emergencia.

Mantener una adecuada puesta a tierra, así como un registro de las inspecciones y medidas de resistividad de las pozas de puesta a tierra. Se debe cumplir con el Código Eléctrico del Perú, y en su defecto, con la última versión de las NFPA 70 y 77. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

De acuerdo con lo indicado en el D.S 043-007-EM Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos, se revisarán las normas complementarias relacionadas al almacenamiento de tanques de combustible como son el D.S.052-93-EM: Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos y su modificatoria el D.S.036-03-EM. Con respecto a los sistemas contra incendios, estas normas refieren:

Artículo 84.- En la extinción de incendios en instalaciones para almacenamiento de hidrocarburos, deben ser considerados además del agua de extinción y enfriamiento, los agentes extintores como espumas mecánicas y polvos químicos secos y otros como dióxido de carbono y líquidos vaporizantes que no afecten al ozono, siempre y cuando se encuentren normados de acuerdo al NFPA y sean

necesariamente listados y aprobados en su eficiencia y calidad por la UL, FM o USCG y/o específicamente requeridos en el Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

El uso de vapor de agua como agente de prevención y control de incendio, debe ser previsto en todas las instalaciones que dispongan de este servicio. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

Artículo 86.- Toda instalación para almacenamiento de hidrocarburos debe tener un sistema de agua para enfriamiento. La capacidad de agua contra incendio de una instalación se basa en lo mínimo requerido para aplicar espuma y extinguir un incendio en el mayor tanque más la cantidad de agua necesaria para enfriar los tanques adyacentes que se encuentran en el cuadrante expuesto al lado de sotavento de dicho tanque de acuerdo con las normas NFPA aplicables. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

Artículo 87.- Cuando el suministro de agua de la red pública no es suficiente, en cantidad de agua y en presión se preverá almacenamiento de agua con sus bombas contra incendio. Se deberá asegurar un abastecimiento de por lo menos cuatro horas de agua al régimen de diseño al mayor riesgo. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

Artículo 88.- En los servicios de distribución del agua para protección de las Instalaciones para Almacenamiento de Hidrocarburos, se observarán las siguientes disposiciones:

- a. La red de distribución de agua contra incendio deberá ser independiente de la red de distribución de agua para otros servicios y en general será abastecida de dos fuentes distintas.
- b. En la red de distribución de agua contra incendio será montado el número de válvulas e hidrantes, de acuerdo con la norma NFPA, para protección de todas

las edificaciones, tanques e instalaciones particularmente afectos a incendios. Los hidrantes permitirán indistintamente el montaje directo de boquillas o generadores de espuma portátiles. Las roscas de los equipos obedecerán a lo indicado en la reglamentación nacional (D.S. 42F).

- c. En el techo de los tanques de líquidos Clase I y II con más de 1,000 metros cúbicos de capacidad, deberá existir un dispositivo rociador para su enfriamiento, cuando por cualquier motivo la temperatura se eleve de una forma anormal (en virtud de un incendio cercano, por ejemplo). (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

Artículo 89.- Los sistemas generales de prevención y extinción de incendios en las Instalaciones para Almacenamiento de Hidrocarburos, podrán ser fijos, móviles, portátiles, o en combinación, en calidad y cantidad que obedezcan el mayor riesgo individual posible, de acuerdo con las normas NFPA 10, 11, 11c, 16 y a lo que el Estudio de Riesgos indique en cada caso. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

Artículo 90.- Los sistemas de aplicación de espumas con monitores y mangueras serán capaces de suministrar la solución (agua más el porcentaje de espuma recomendado para cada producto, sean hidrocarburos o solventes polares) a regímenes no menores de 6.5 lpm/m<sup>2</sup> (0.16 gpm/p<sup>2</sup>) en el caso de hidrocarburos y de 9.8 lpm/m<sup>2</sup> (0.24 gpm/p<sup>2</sup>) para alcoholes o solventes polares. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

- a. Los tiempos de aplicación no serán menores a 50 minutos en los casos de líquidos con punto de inflamación entre 37.8 °C y 93.3 °C (100 °F y 200 °F), o de 65 minutos en caso de petróleo crudo, líquidos con punto de inflamación menor a 37.8 °C (100 °F) o solventes polares, de acuerdo con lo que estipula la norma NFPA 11.

- b. Monitores y líneas manuales de espuma, no deben ser considerados como medios primarios o principales de extinción en tanques de techo fijo mayores de 18.0 metros y 9.0 metros respectivamente. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

Artículo 91.- Los sistemas de aplicación fijos, salvo las excepciones que indica la norma NFPA 11 (3.2.5.1) serán capaces de suministrar una solución de espuma no menor a 4.1 lpm/m<sup>2</sup> (0.10 gpm/p<sup>2</sup>) para el caso de hidrocarburos y de 6.5 lpm/m<sup>2</sup> (0.15 gpm/p<sup>2</sup>) para solventes polares, por espacio de tiempo no menor a 30 minutos para líquidos con puntos de inflamación entre 37.8 °C y 93.3 °C (100 °F y 200 °F) o de 55 minutos en los casos de petróleo crudo o líquidos con punto de inflamación menores a 37.8 °C (100°F). (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

Artículo 92.- El número de descargas para la aplicación de espuma contra incendio, será tal, que no se exceda la velocidad de inyección indicada en la norma NFPA 11 (3.2.6.3.). (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

**Tabla 7**

*Número de descargas para la aplicación de espuma de acuerdo con D.S. 052-93-EM*

Diámetro del tanque	Punto de inflamación	
	Menor a 37.8 °C	Mayor a 37.8 °C
Hasta 24 metros	1	1
De 24 a 36 metros	2	1
De 36 a 42 metros	3	2
De 42 a 48 metros	4	2
De 48 a 54 metros	5	2
De 54 a 60 metros	6	3
Sobre los 60 metros	1 por cada 465 m <sup>2</sup> adicionales	1 por cada 697 m <sup>2</sup> adicionales

Las cantidades de extracto de agentes espumógenos que deben mantenerse en almacén, deben ser iguales a, por lo menos, dos veces la capacidad instalada o necesaria para combatir el mayor riesgo individual posible.

Tanto los extractos como los sistemas fijos y portátiles para generación de espuma deberán ser comprobados sobre bases anuales, incluyendo los análisis de laboratorio para asegurar la calidad de los extractos, espumas producidas y soluciones premezcladas, si fuera el caso. (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

## **4.2 Evaluación de normativa internacional**

Dado que ambas normas el D.S.043-007-EM y el D.S. 052-93-EM referencian a las normas NFPA para la implementación de los sistemas contra incendios, se detalla los requerimientos indicados con respecto al cálculo de los medios de extinción.

La NFPA 11, Norma de espumas de baja, media y alta expansión, da los siguientes requerimientos para el cálculo de protección a base de espuma.

5.2.1 Protección suplementaria. Además de los medios primarios de protección, se debe proveer protección suplementaria de acuerdo con los requisitos de la sección 5.9. (National Fire Protection Association , 2016)

5.9\* Protección suplementaria.

5.9.1 Protección adicional. Además de los medios de protección principal, algunos tipos de riesgos requerirán provisión de medios de protección suplementaria. (National Fire Protection Association , 2016)

5.9.2 Requisitos para chorros suplementarios de manguera de espuma.

5.9.2.1 Debe proveerse equipos de chorros de manguera de espuma aprobados, además de las instalaciones de tanques de espuma como protección suplementaria para incendios de derrames pequeños. (National Fire Protection Association , 2016)

5.9.2.2 El número mínimo de chorros de manguera fijos o portátil requerido debe ser el especificado en la Tabla 5.9.2.2 y debe estar disponible para proveer protección del área. (National Fire Protection Association , 2016)

5.9.2.3 El equipo para producir cada chorro de espuma debe tener un régimen de aplicación de solución de por lo menos 189 L/min (50 gpm), con el número mínimo de chorros de manguera que muestra la Tabla 5.9.2.2. (National Fire Protection Association , 2016)

5.9.2.4 Debe proveerse material adicional para producir espuma que permita la operación del equipo de chorros de manguera simultáneamente con las instalaciones de tanques de espuma como se especifica en la Tabla 5.9.2.4. (National Fire Protection Association , 2016).

**Figura 3**

*Tablas 5.9.2.2 y 5.9.2.4 de la NFPA 11-2016*

**Tabla 5.9.2.2 Requisitos para chorros suplementarios de manguera de espuma, diámetro del tanque mayor**

<b>Diámetro del tanque mayor</b>		<b>Número mínimo de chorros de manguera requeridos</b>
<b>metros</b>	<b>pies</b>	
Hasta 19.5 m	Hasta 65	1
19.5 a 36 m	65 a 120	2
Más de 36 m	Más de 120	3

**Tabla 5.9.2.4 Tiempos de operación de los chorros de manguera, complementando las instalaciones de espuma en los tanques.**

<b>Diámetro del tanque mayor</b>		<b>Tiempo mínimo de operación*</b>
<b>metros</b>	<b>pies</b>	
Hasta 10.5	Hasta 35	10
10.5 a 28.5	35 a 95	20
Más de 28.5	Más de 95	30

\*Basados en la operación simultánea del número mínimo requerido de chorros de manguera descargando a un régimen de 189 L/min (50 gpm).

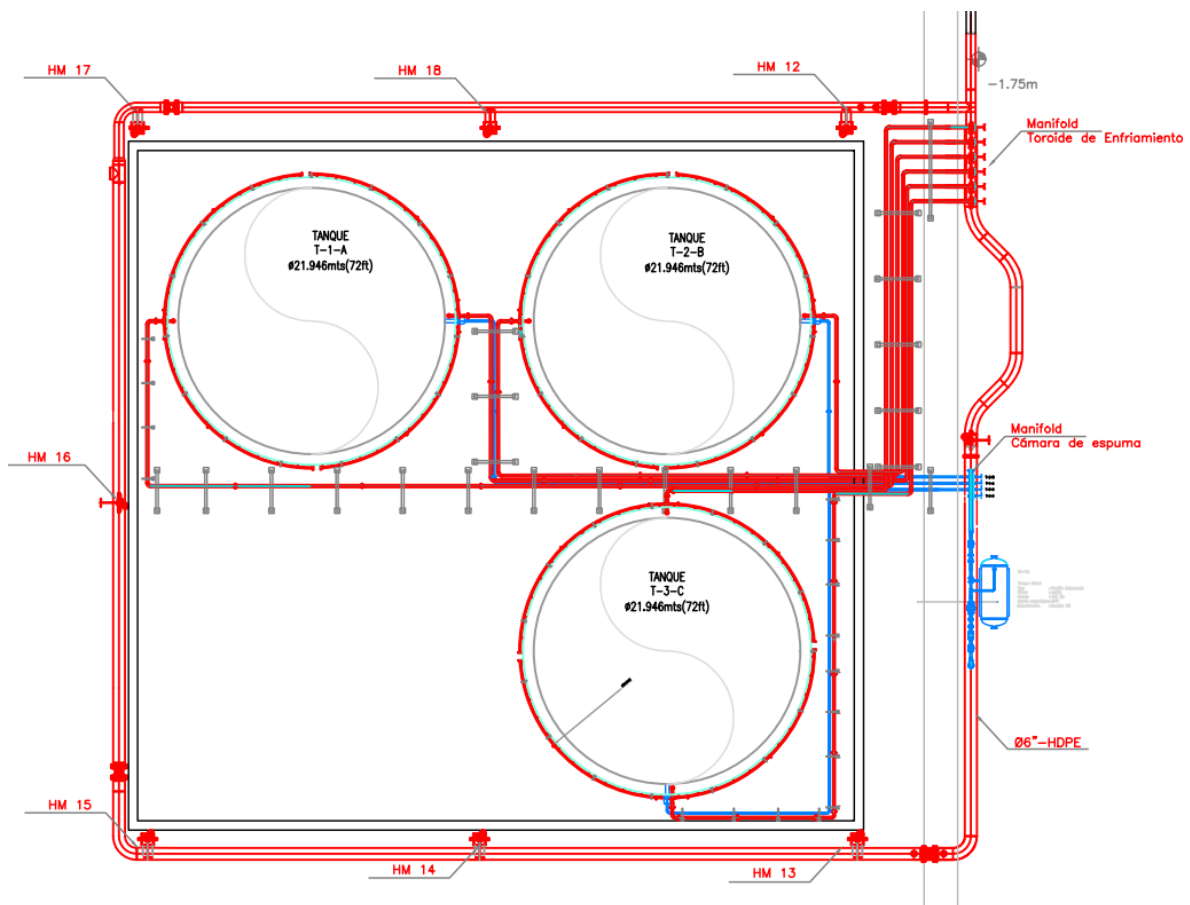
## Capítulo V. Memoria de cálculo del sistema contra incendios existente en el escenario de máxima demanda.

### 5.1 Descripción del sistema contra incendios en el patio de tanques de almacenamiento de crudo.

El sistema contra incendios instalado en el patio de tanques de almacenamiento de crudo forma parte del sistema general contra incendios instalado en todo el lote. En la figura 4 se muestra la distribución general de los sistemas contra incendios instalados en el patio de tanques de almacenamiento de crudo.

#### Figura 4

*Distribución general del sistema contra incendios en el patio de tanques de almacenamiento de crudo.*



Los componentes principales que actuarán ante un evento de incendio en el patio de tanques son:

### 5.1.1 Motobomba contra incendios

Se cuenta con una bomba contra incendios de 2000 gpm a 150 psi y una bomba jockey. Lo datos de fábrica considerados para la prueba de rendimiento de la bomba contra incendios, son los indicados en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Datos para determinar curva de rendimiento de bomba contra incendios.*

Caudal Nominal	2000 gpm
Presión nominal	150 psi.
Velocidad nominal	2800 rpm

Esta bomba contra incendios proporciona el agua a todos los sistemas de enfriamientos instalados, como son la red de hidrantes, aspersores, mangueras contra incendios.

En la figura 5 se muestra la placa de la bomba contra incendios.

**Figura 5**

*Placa de bomba contra incendios*

<b>SPP</b> PUMPS		SPP Pumps Inc. Norcross GA USA Tel: +1 (770) 409-3280 www.sppumps.com
SERIAL No.	USA-01-9554	
PUMP TYPE	TD16	
RATED CAPACITY	2000	USgpm
RATED NET PRESS.	150	psi
RATED SPEED	2800	RPM
NET PRESS. @ 150% CAPACITY	120	psi
MAX NET PRESS.	200	psi
MAX POSITIVE SUCT. PRESS.	72	psi
MAX POWER REQD.	279	bhp
IMPELLER DIA.	13.39	in
No. OF STAGES	1	
CENTRIFUGAL FIRE PUMP		

### **5.1.2 Red de agua contra incendios**

El patio de tanques de almacenamiento de crudo cuenta con una red de agua contra incendios de tuberías enterradas de 6" de diámetro, protege a la zona de almacenamiento de crudo y también alimenta a los hidrantes, monitores y manifold de los sistemas de espuma y rociadores de esa zona.

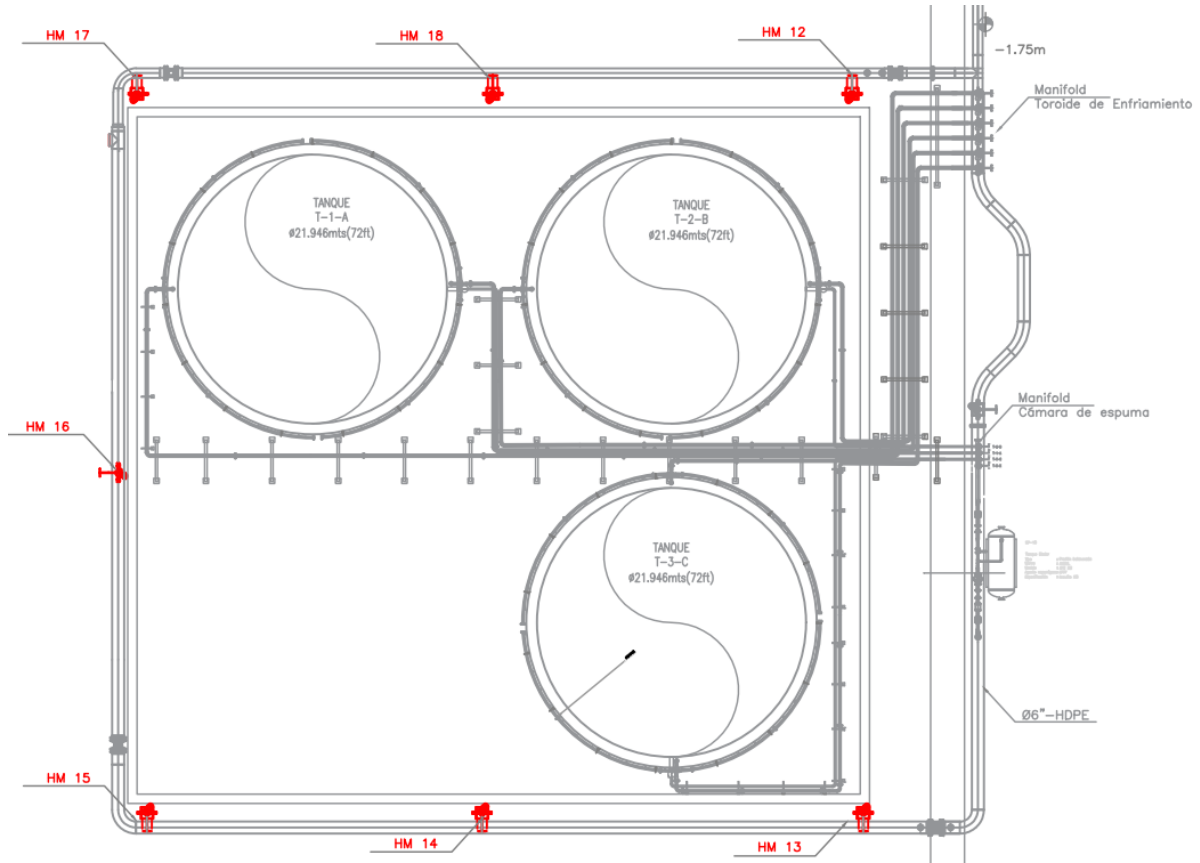
En el patio de tanques de almacenamiento de crudo existen 7 hidrantes - monitores UL ubicados en lugares estratégicos y manteniendo la distancia adecuada para evitar daños por la radiación generada en caso de incendios, esto permitirá una fácil y adecuada manipulación de estos equipos en situaciones de emergencia.

Cada hidrante tiene dos salidas de 2 ½" y una brida superior en donde se instala un monitor con una salida de 2 ½". En cada monitor se puede instalar una boquilla de agua o de espuma, de acuerdo con el requerimiento indicado en el escenario de máxima demanda.

En la figura 6 se muestra la red de distribución de monitores contra incendios alrededor del patio de tanques de almacenamiento de crudo.

**Figura 6**

*Esquema de red de distribución de monitores contra incendios en patio de tanques de almacenamiento de crudo.*



### **5.1.3 Aspersores contra incendios**

Se cuenta con un anillo superior en cada tanque de almacenamiento para el enfriamiento de las paredes del tanque. La distribución y características de los aspersores fueron determinados de acuerdo con el cálculo hidráulico elaborado previamente y en donde se determina la presión y caudal mínimo requerido en el aspersor ubicado en el punto más desfavorable, esto garantizará que se llegue a la presión adecuada en los demás aspersores y al caudal requerido en máxima demanda. En la tabla 9 se muestra los parámetros del sistema de aspersores, activando uno de los semianillos, de acuerdo con el cálculo hidráulico realizado, considerando la operación de los tanques T-1-A y T-3-C.

**Tabla 9**

*Parámetros del sistema de aspersores de los tanques T-1-A y T-3-C.*

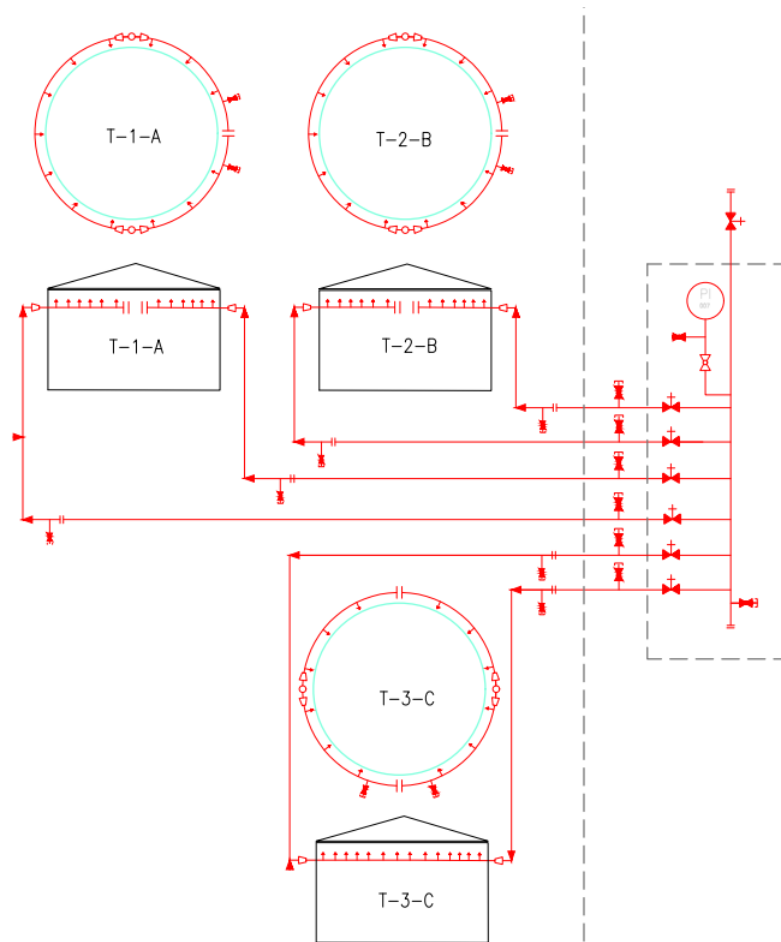
Tanque	Sección	Factor K comercial (gpm/psi <sup>1/2</sup> )	Presión mínima requerida (PSI)	Caudal mínimo requerido (GPM)
T-1-A	1	4.1	39.96	25.95
T-3-C	1	4.1	44.51	27.39

Para el escenario de máxima demanda se apertura uno de los semi anillos de cada tanque afectado por la radiación.

En la figura 7 se muestra el esquema de la red de aspersores contra incendios.

**Figura 7**

*Esquema de red de aspersores contra incendios.*



#### 5.1.4 Espuma contra incendios

El sistema de espuma contra incendios está compuesto por un tanque bladder horizontal de 700 galones de capacidad de concentrado de espuma AFFF 3%.

Cada tanque de almacenamiento cuenta con una cámara de espuma ubicado en la parte superior. Para la apertura de las cámaras de espuma se cuenta con un manifold de espuma que consta de 03 válvulas tipo compuerta de 4" cada una.

El sistema de espuma contará con válvulas de activación ubicadas fuera del radio de afectación por radiación en caso de incendio y la activación se realizará por personal entrenado.

Adicionalmente se cuenta con 2 galoneras de 55 galones de capacidad cada uno como espuma contra incendios suplementaria.

En la tabla 10 se muestra los requerimientos de presión y caudal de la cámara de espuma del tanque T-2-B, tanque incendiado y en la tabla 11 se muestra la presión y caudal requerido en el manifold de espuma, se consideran estos datos en caso la medición en la cámara de espuma no sea accesible al momento de realizar la prueba.

**Tabla 10**

*Especificaciones de la cámara de espuma del tanque T-2-B*

Tanque	N° de cámaras	Caudal por cámara	Factor K	Presión mínima requerida
T-2-B	1	464.22 gpm	59.56	60.58

**Tabla 11**

*Parámetros de operación en el manifold de espuma contra incendios del tanque T-2-B*

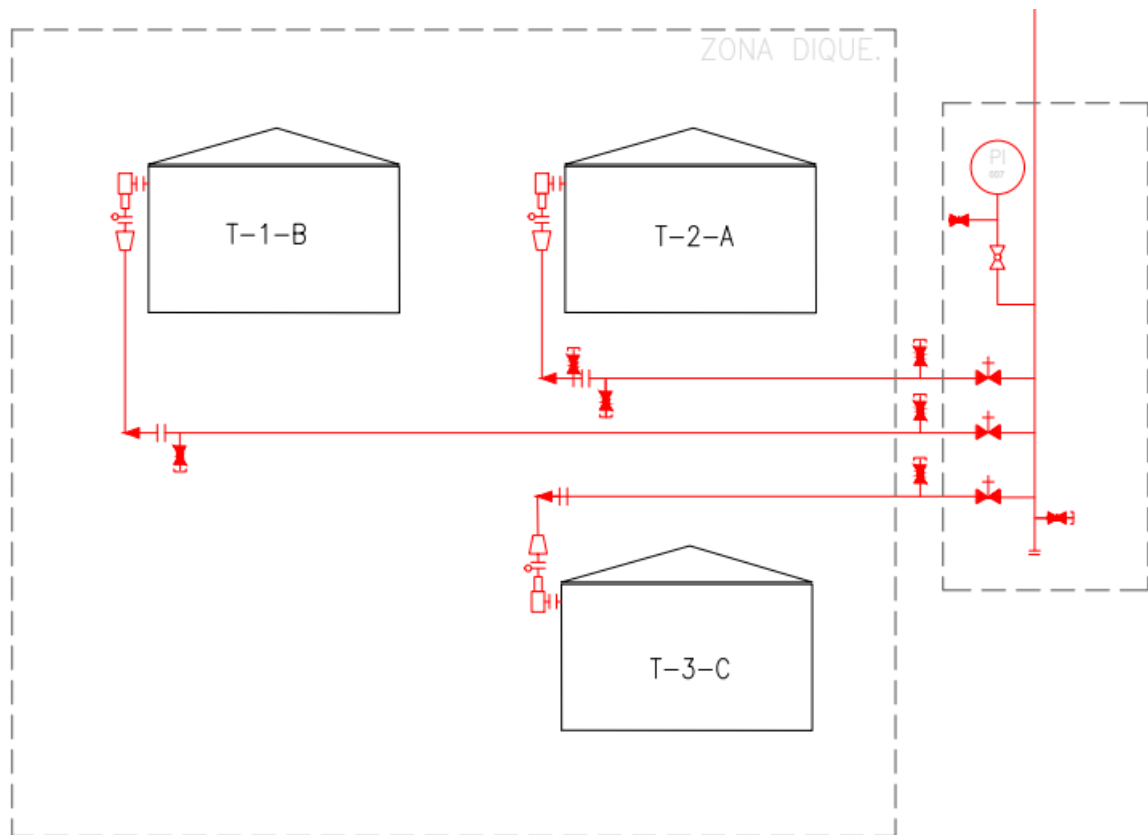
Equipo	Caudal por cámara	Presión mínima requerida
Manifold de espuma	464.22 gpm	88.93

El sistema contra incendios descrito es el que se activará en el caso de un escenario de incendios en el patio de tanques de almacenamiento de crudo.

En la figura 8 se muestra un esquema de distribución de la red de espuma contra incendios de los tanques de almacenamiento.

**Figura 8**

*Esquema de red de espuma contra incendios.*



## 5.2 Escenario de máxima demanda

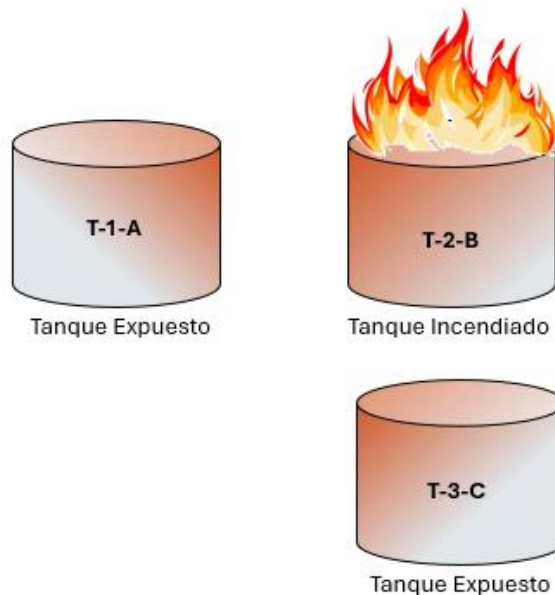
De acuerdo con el estudio de riesgos revisado y aprobado por la autoridad competente se determinó que el evento crítico o escenario más desfavorable es un incendio en el techo de uno de los tanques de almacenamiento de petróleo, siendo este escenario el de mayor riesgo y mayor demanda de agua y espuma contra incendios. Este evento ocurre en el patio de tanques de almacenamiento de crudo.

El escenario de máxima demanda ocurre con un incendio en el tanque T-2-B, cuya radiación mayor a  $12.5 \text{ kW/m}^2$  afecta directamente a los tanques T-1-A y T-3-C, la descripción gráfica de este escenario se muestra en la figura 9.

Como medida de control se deben activar el sistema de extinción del tanque incendiado T-2-B, activar un semianillo del sistema de pulverización de los tanques T-1-A y T-3-C para el enfriamiento del 50% de las paredes expuestas y activación de 02 monitores para el enfriamiento del 50% de los techos expuestos de los tanques -1-A y T-3-C, adicionalmente contar con la descarga de 02 mangueras de espuma contra incendios como protección suplementaria.

### Figura 9

*Escenario de incendio en máxima demanda simultánea.*



### 5.3 Dimensionamiento del sistema contra incendios

Determinado el escenario de máxima demanda y los sistemas contra incendios que deben activarse, debemos verificar que la cantidad de agente disponible como el agua y la espuma contra incendios sea suficiente para atender el escenario de incendio más desfavorable.

### 5.3.1 *Requerimiento de la capacidad y tiempo de aplicación de espuma contra incendios.*

Dado que el tanque incendiado es el T-2-B, se debe activar el sistema de espuma a través de la cámara de espuma y para dimensionar el sistema de espuma en el peor escenario de riesgo de incendio, se debe considerar el artículo 92 del D.S. N° 043-07-EM en donde se indica que el ratio de aplicación en la cámara de espuma para descarga en superficie es de 0.10 gpm/ft<sup>2</sup> para el caso de hidrocarburos en un tiempo de 55 minutos.

Considerando los siguientes datos generales del tanque de almacenamiento:

Producto almacenado : Crudo  
Tipo de techo : Techo fijo  
Altura del tanque : 30 pies  
Diámetro del tanque : 72 pies

Realizamos el cálculo de requerimiento de espuma contra incendios indicado en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Cálculo de espuma contra incendios requerido*

Área Incendiada	4,071.5 pies <sup>2</sup>
Caudal de aplicación de espuma	407.2 gpm
Ratio = 0.10 gpm/ft <sup>2</sup>	
Cantidad de solución de espuma en 55 minutos	22 393.33 galones
Cantidad de concentrado de espuma AFFF 3%	671.80 galones
Cantidad de agua de extinción fija	21 721.53 galones
Caudal de agua requerida	394.94 gpm

El tanque bladder tiene una capacidad de 700 galones, por lo tanto, la capacidad del tanque bladder cubre la capacidad mínima requerido de espuma contra incendios.

### **5.3.2 Requerimiento de aplicación de espuma suplementaria contra incendios.**

En adición a la espuma requerida para extinguir el fuego en el techo del tanque incendiado, se considera como protección suplementaria la espuma para suplir con los incendios que pudieran ocurrir por pequeños derrames. Este cálculo se realiza considerando la NFPA 11.

De acuerdo con lo indicado en el punto 5.9 de la NFPA 11, la protección suplementaria debe proveerse a través de chorros de espuma a través de mangueras contra incendios cuyo régimen de aplicación debe ser de por lo menos 50 gpm.

La cantidad de mangueras con espuma contra incendios se encuentra definido en la Tabla 5.9.2.2. de la NFPA 11, y dependerá del diámetro del tanque mayor, para este caso el tanque tiene un diámetro de 72 pies, por lo que corresponde 2 mangueras con espuma contra incendios y el tiempo de aplicación de cada manguera se encuentra indicado en la tabla 5.9.2.4. de la misma NFPA 11, en donde el tiempo dependerá también del diámetro del tanque mayor, para este caso es de 20 min mínimo de operación.

Por lo tanto, para la aplicación de espuma suplementaria se debe contar con 02 chorros de espuma contra incendios de 50 gpm para cada una con un tiempo de aplicación de 20 min.

En la tabla 13 se muestra el cálculo de espuma suplementaria requerida.

**Tabla 13**

*Cálculo de espuma contra incendios suplementaria requerida*

Caudal de aplicación	100 galones por minuto
Cantidad de solución de espuma en 20 minutos	2000 galones
Cantidad de concentrado de espuma AFFF 3%	60 galones
Cantidad de agua de extinción suplementaria	1940 galones
Caudal de agua requerida	97 gpm

La cantidad de agua contra incendios para el sistema de espuma contra incendios es 23 661.532 galones. Esta agua contra incendios se requiere para atender el sistema fijo y sistema suplementario de espuma contra incendios.

### **5.3.3 *Requerimiento de espuma contra incendios en máxima demanda.***

De acuerdo con los cálculos realizados, se cuenta con espuma para la aplicación al techo del tanque incendiado y espuma complementaria para pequeños incendios alrededor. Considerando este escenario se debe contar con 732 galones de espuma; sin embargo, lo que indica el artículo 86 del D.S. N° 043-07-EM, se debe considerar al menos 02 veces la cantidad de espuma contra incendios necesaria para combatir el mayor riesgo, por lo que se deberá contar con 1464 galones de espuma, incluida la reserva.

### **5.3.4 *Requerimiento de capacidad y tiempo de aplicación de agua contra incendios.***

De acuerdo con las características del patio de tanque, capacidad de almacenamiento y tipo de insumo a almacenar se debe considerar las siguientes consideraciones normativas para determinar el abastecimiento de agua y el tiempo de aplicación de este.

De acuerdo con el D.S. N° 043-2007-EM, artículo 91.5 se debe asegurar un abastecimiento de agua de por lo menos 04 horas de agua en base al máximo riesgo de la instalación.

Dado que en el tanque incendiado se aplicará espuma contra incendio a través de cámara de espuma y además se contará con protección suplementaria para chorros pequeños, se debe considerar adicionalmente la protección a los tanques expuestos a través de la activación del sistema de aspersion de los tanques T-1-A y T-3-C y la aplicación de enfriamiento a los techos de ambos tanques a través de la activación de hidrantes contra incendios.

De acuerdo con el artículo 92 del D.S. N° 043-07-EM el enfriamiento a tanques con techo fijo que cuenten con un sistema de anillo superior como el sistema de aspersores se debe emplear un ratio de 0.15 gpm/pie<sup>2</sup> del área lateral del cilindro, por lo tanto, en la tabla 43 realizamos el cálculo de requerimiento de agua para el sistema de enfriamiento por la activación de aspersores de los tanques T-1-A y T-3-C.

**Tabla 14**

*Cálculo de agua contra incendios en el sistema de aspersores*

Superficie lateral expuesta (50%) - T-1-A	3 392.93 pies <sup>2</sup>
Caudal de aplicación de agua en sistema fijo - T-1-A Ratio = 0.15 gpm/ft <sup>2</sup>	508.94 gpm
Superficie lateral expuesta (50%) - T-3-C	3 392.93 pies <sup>2</sup>
Caudal de aplicación de agua en sistema fijo - T-3-C Ratio = 0.15 gpm/ft <sup>2</sup>	508.94 gpm
Caudal de agua de enfriamiento fija	1 017.88 gpm

En el caso de sistemas externos como es la aplicación de agua para el enfriamiento de los techos de los tanques T-1-A y T-3-C. se aplicará un ratio de 0,20 gpm/pie<sup>2</sup> del área expuesta, por lo tanto, en la tabla 15 realizamos el cálculo de requerimiento de agua para el enfriamiento de los techos de los tanques T-1-A y T-3-C.

**Tabla 15**

*Cálculo de requerimiento de agua contra incendios para enfriamiento de techos.*

Área del techo (50%) - T-1-A	2 035.75 pies <sup>2</sup>
Caudal de aplicación de agua en techo - T-1-A Ratio = 0.20 gpm/ft <sup>2</sup>	407.15 gpm
Área del techo (50%) - T-3-C	2 035.75 pies <sup>2</sup>
Caudal de aplicación de agua en techo - T-3-C Ratio = 0.20 gpm/ft <sup>2</sup>	407.15 gpm

Caudal de agua de enfriamiento externa	814.30 gpm
--	------------

La cantidad total de agua requerida para un escenario de máxima demanda está calculada en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Cálculo de requerimiento de agua contra incendios total.*

Caudal de agua de enfriamiento fija (aspersores)	1 017.88 gpm
Caudal de agua de enfriamiento externa (hidrantes)	814.30 gpm
Caudal de agua de extinción	491.94 gpm
<b>Caudal total de agua requerida</b>	<b>2 324.12 gpm</b>
Cantidad de agua requerida en máxima demanda (240 minutos)	439 723.47 galones
Cantidad de agua de extinción suplementaria (espuma)	23 661.53 galones
Cantidad total de agua requerida	463 384.99 galones
Cantidad total de agua requerida	11 032.98 barriles

Por lo tanto, con los cálculos realizados hemos determinado la cantidad mínima de agua y espuma para un escenario de máxima demanda y serán verificados con las pruebas en campo. En la tabla 17 se muestra el resumen de los datos teóricos calculados para el escenario de máxima demanda.

**Tabla 17***Datos teóricos para escenario de máxima demanda.*

<b>Tipo de protección</b>	<b>Caudal teórico requerido</b>	<b>Sistema activado</b>	<b>Presión teórica requerida</b>	<b>Punto de medición</b>
Extinción tanque T-2-B	407.15 gpm	Cámara de espuma	60.58 psi	Punto más cercano a la cámara de espuma
Extinción suplementaria	100 gpm	02 pitones de 1 ½" regulado a 60 gpm	----	HM-16 y HM-18
Enfriamiento de pared 50% - T-1-A	508.94 gpm	Activación del semianillo de aspersores del T-1-A	39.96 psi	Rociador más desfavorable en semianillo
Enfriamiento de pared 50% - T-3-C	508.94 gpm	Activación del semianillo de aspersores del T-3-C	44.51 psi	Rociador más desfavorable en semianillo
Enfriamiento de techo 50% - T-1-A	407.15 gpm	Pitón de 2 ½"	----	Hidrante HM-17
Enfriamiento de techo 50% - T-3-C	407.15 gpm	Pitón de 2 1/2"	----	Hidrante HM-13

De acuerdo con el cálculo hidráulico realizado las presiones en los rociadores más desfavorables de los semianillos de T-1-A y T-3-C son 39.96 psi y 44.51 psi respectivamente.

## **Capítulo VI. Protocolo de pruebas de sistemas contra incendios.**

Determinado el escenario de máxima demanda, se considera la aplicación de los sistemas de aspersores, espuma, hidrantes y bomba contra incendios, por lo tanto, se debe realizar la prueba a cada uno de los sistemas para ver la eficacia y suficiencia de manera independiente y también la prueba con todos los equipos o sistemas contra incendios operando para verificar que se cumplan con los requerimientos de agua y espuma en el peor escenario y de máxima demanda comparando que los datos obtenidos en campo con los requeridos y calculados en la memoria de cálculo.

Se tiene en cuenta que la recepción de los sistemas contra incendios ya fue realizado y aprobado en base a las normas NFPA correspondientes, por lo que las pruebas que se describirán en adelante se consideran de desempeño lo que garantiza la operatividad y suficiencia del sistema contra incendios en el mayor escenario de riesgo de incendio.

A continuación, se muestran los procedimientos de prueba en campo para cada sistema contra incendios y en el escenario de máxima demanda.

### **6.1 Prueba del sistema de dosificación de espuma contra incendios.**

#### **6.1.1 Equipos y materiales**

- a. Refractómetro digital calibrado
- b. Botellas para toma de muestras
- c. Agua destilada
- d. Probeta de 100 ml
- e. Pipeta de 10 ml

- f. Vasos de ensayos
- g. Bombillas
- h. Jeringa de 50 ml

### **6.1.2 Actividades preliminares**

- a. Se realiza la inspección visual externa del tanque bladder, verificando la suficiencia del concentrado de espuma.
- b. Se debe colocar un accesorio para la descarga de la solución de espuma, esto evitará que se gire la cámara de espuma contra incendio, de tal manera que la descarga de la solución no afecte el producto almacenado.
- c. Se debe tomar una muestra del concentrado de espuma directamente del tanque bladder.
- d. Se debe tomar una muestra de la red de agua contra incendios.
- e. Se debe verificar el alineamiento del sistema de dosificación de espuma para proceder con la activación del sistema.

### **6.1.3 Procedimiento de prueba**

- a. Una vez tomadas las muestras de concentrado de espuma y de agua de la red contra incendios, se procede a activar el sistema de espuma.
- b. Se deja fluir la solución de espuma hasta obtener una muestra de líquido espumógeno homogénea.
- c. En un laboratorio o ambiente adecuado y con temperaturas ambientales se realiza la medición de las muestras obtenidas.
- d. Se empleará un refractómetro calibrado para realizar las mediciones.
- e. Con las muestras de agua de la red contra incendios y concentrado de espuma

se procedió a elaborar una curva patrón de dilución de espuma, en concentraciones de 1%, 2%, 3% y 4% por el método de refractometría.

- f. Cada lectura obtenida del refractómetro se registrada para realizar la curva patrón.
- g. Se realiza la medición con el refractómetro de la solución de espuma obtenida en campo, el cual debe coincidir con el resultado de medición de la solución al 3%.

#### **6.1.4 Criterios de aceptación**

De acuerdo con el numeral 11.6.4 de la NFPA 11.2016, el sistema debe dosificar a una concentración igual o menor al 30% de la dosificación nominal. No está permitido que la dosificación sea inferior a la concentración nominal.

## **6.2 Prueba de rendimiento de bomba contra incendios**

### **6.2.1 Equipos y materiales**

- a. 02 Tubos pitot con certificación UL
- b. 02 Manómetros de 0-160 psi calibrados
- c. 01 Manómetros de 0 a 300 psi calibrado para la descarga
- d. 01 Mano vacuómetro de -30 inHg a 60 psi calibrado para la succión
- e. Tacómetro calibrado

### **6.2.2 Actividades preliminares**

- a. Inspección visual externa del sistema de bomba contra incendios para verificar condiciones iniciales.
- b. Apagado del sistema de bomba contra incendios, incluyendo el apagado de la bomba jockey.

- c. Inspección general de motor y bomba, verificación de niveles de aceite y refrigerante, verificación de alineamiento de válvulas y nivel de carga de baterías.
- d. Cambio de manómetros de descarga y succión, colocando manómetros calibrados, según corresponda.
- e. Limpieza de eje de la bomba y colocación de indicador para medir RPM.
- f. Instalación de 02 tubos pitot en el cabezal de pruebas.

### **6.2.3 Procedimiento de prueba**

#### **6.2.3.1. Prueba de controlador.**

- a. Se realiza 6 pruebas de arranque automático.
- b. Se realiza 6 pruebas de arranque manual: 3 pruebas de arranque manual con el banco de baterías 1 y 3 pruebas de arranque manual con el banco de baterías 2.
- c. Prueba de falla de cargador 1 y 2.
- d. Prueba de alarma y paro por sobre velocidad.
- e. Prueba de alarma de baja presión de aceite.
- f. Prueba de alarma de alta temperatura.
- g. Prueba de alarma por bajo nivel de combustible.

#### **6.2.3.2. Prueba de rendimiento de la bomba contra incendios.**

- a. Caudal cero y 140% de presión nominal:
  - i. Cerrar la válvula de descarga al sistema de red contra incendios.
  - ii. Arrancar el motor y dejar que se estabilice el sistema.

- iii. Verificar si se apertura la válvula de alivio, en caso se apertura proceder a cerrarla.
  - iv. Al comprobar que el caudal es cero, leer y registrar la lectura de presión de succión, presión de descarga y rpm con el tacómetro.
- b. Caudal y presiones nominales (100%)
- i. Abrir la válvula de descarga de agua hacia el cabezal de prueba.
  - ii. Equilibrar la descarga de agua por el cabezal de prueba hasta obtener el caudal nominal.
  - iii. Al estar equilibrado el sistema, se registra las presiones de descarga indicados en el manómetro del tubo pitot.
  - iv. Una vez que se llegue al caudal nominal, se deben registrar la presión de succión, presión de descarga y los RPM con el tacómetro.
  - v. Apagar el sistema y estabilizarlo.
- c. 150% del caudal nominal y 65% de la presión nominal:
- i. Abrir la válvula de descarga de agua hacia el cabezal de prueba.
  - ii. Equilibrar la descarga de agua por el cabezal de prueba, hasta obtener el 150% del caudal nominal.
  - iii. Al estar equilibrado el sistema, se registra las presiones de descarga indicados en el manómetro del tubo pitot.
  - iv. Una vez que se llegue al caudal requerido, se deben registrar la presión de succión, la presión de descarga y los RPM con el tacómetro.
  - v. Apagar el sistema y estabilizarlo.

#### **6.2.4 Criterios de aceptación**

- a. La NFPA 25, indica en el punto 8.3.7.2.3, que los datos obtenidos deben ser comparados con la curva de prueba generada a partir de la placa de identificación de la bomba contra incendios, considerando una desviación máxima de 5%.

### **6.3 Prueba de red de hidrantes contra incendios**

#### **6.3.1 Equipos y materiales**

- a. 02 Tubos pitot con certificación UL
- b. 01 Manómetros de 0-200 psi calibrado
- c. 01 tapa de hidrante.

#### **6.3.2 Actividades preliminares**

- a. Seleccionamos un grupo de hidrantes, para la prueba, a los que denominaremos monitores de flujo.
- b. Seleccionar un hidrante para la medición de presión estática y presión residual, el cual se denomina hidrante de presión residual.
- c. El hidrante residual es aquel donde se observará la presión estática, con la motobomba funcionando y los otros hidrantes cerrados y donde se medirá la presión residual, cuando los otros hidrantes se encuentren fluyendo agua.
- d. En el hidrante residual de 2 ½" es fijado una tapa especial a la que está acoplado un manómetro con escala 0-200 psi, para la lectura de la presión estática y presión residual.

#### **6.3.3 Procedimiento de prueba**

- a. A una señal dada, cada uno de los otros hidrantes de flujo es abierto en

sucesión, y la descarga fluye directamente de los extremos abiertos de los hidrantes.

- b. Con todos los hidrantes fluyendo, debe permitirse el flujo de agua durante el tiempo suficiente para limpiar desperdicios y substancias extrañas de los flujos.
- c. En ese momento, se procede a medir la presión de los flujos, empleando el tubo pitot, mientras la presión residual está siendo leída.
- d. El número máximo de hidrantes de flujo a ser usados depende de la capacidad de la red de agua contra incendios, considerando que la presión residual no debe ser menor de 20 psi.
- e. Después de que las lecturas han sido tomadas los hidrantes deben ser cerrados lentamente, uno a la vez, para evitar indebidas ondas de impulso en el sistema.

#### **6.3.4 Criterios de aceptación**

- a. De acuerdo con la NFPA 24, en el punto C.4.3.6, para obtener resultados de prueba satisfactorios, debe alcanzarse una descarga suficiente para causar una caída de presión, en el hidrante residual, de al menos el 25%.
- b. La descarga mínima debe ser de 500 gpm como lo requiere el requisito 97.2 del D.S. 043-2007-EM Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.
- c. La presión mínima residual debe ser mayor a 20 psi de acuerdo con lo indicado en el punto C.4.1.3 de la NFPA 24

#### **6.4 Prueba de máxima demanda.**

##### **6.4.1 Equipos y materiales**

- a. 02 Tubos pitot con certificación UL
- b. 01 manómetros de 0-200 psi calibrado

- c. 03 manómetro de 0-100 psi calibrado
- d. 01 tapa de hidrante.

#### **6.4.2 Actividades preliminares**

- a. El escenario de máxima demanda ocurre con un incendio en el tanque T-2-B, como medida de control se deben activar el sistema de extinción del tanque incendiado T-2-B, activar un semianillo del sistema de pulverización de los tanques T-1-A y T-3-C para el enfriamiento del 50% de las paredes expuestas y activación de 02 monitores para el enfriamiento del 50% de los techos expuestos de los tanques T-1-A y T-3-C, adicionalmente contar con la descarga de 02 mangueras de espuma contra incendios como protección suplementaria.
- b. Colocar un manómetro calibrado con rango de 0 a 100 psi en la posición del rociador hidráulicamente más desfavorable en el tanque T-1-A.
- c. Colocar un manómetro calibrado con rango de 0 a 100 psi en la posición del rociador hidráulicamente más desfavorable en el tanque T-3-C.
- d. Colocar un tubo pitot en el monitor MH-017 adyacente al tanque expuesto T-1-A para aplicación de agua en el techo.
- e. Colocar un tubo pitot en el monitor MH-013 adyacente al tanque expuesto T-3-C para aplicación de agua en el techo.
- f. Colocar una tapa de hidrante con manómetro en el MH-15, para la lectura de la presión residual.
- g. Se colocará un manómetro de 0 -100 psi calibrado en la brida adaptada ubicada en la parte baja del tanque T-2-B, para la lectura de la presión del sistema de espuma.
- h. Se colocarán dos mangueras de espuma contra incendios en los hidrantes HM 16 y HM 18 con un pitón graduado a 60 gpm.

- i. La ubicación de equipos de medición y activación de sistemas de acuerdo con la figura.

#### **6.4.3 Procedimiento de prueba**

- a. Registrar la presión estática a caudal cero en el MH 16.
- b. Aperturar la válvula del sistema de rociadores del tanque.
- c. Aperturar los monitores MH 17 y MH 13.
- d. Aperturar la válvula del sistema de espuma.
- e. Aperturar las mangueras de espuma ubicadas en MH 16 y MH18.
- f. Registrar la presión en los manómetros ubicados en los tanques T-1-A y T-3-C.
- g. Registrar la presión del manómetro del sistema de espuma en el tanque T-2-B.
- h. Registrar la presión en los tubos pitot de los MH 17 y MH 13.
- i. Registrar la presión residual en el MH 16.

#### **6.4.4 Criterios de aceptación**

- a. El criterio de aceptación de la prueba de máxima demanda consiste en la comparación de los datos teóricos y los datos obtenidos en campo; siendo este último mayor al obtenido teóricamente.
- b. He de considerar que la presión mínima residual debe ser mayor a 20 psi como lo requiere la NFPA 24 (C.4.1.3).

## Capítulo VII. Análisis de los resultados obtenidos

### 7.1 Resultados de prueba de dosificación de espuma contra incendios.

En las siguientes tablas se muestran los datos generales del sistema de espuma y los datos obtenidos del muestreo realizando y finalmente se realiza una comparación para determinar si el dosificador del sistema de espuma cumple con brindar el % de espuma requerido.

**Tabla 18**

*Datos generales del sistema de espuma contra incendios.*

Tipo de tanque	Tanque Bladder - Presión Balanceada
Capacidad del tanque	700 galones
Marca y modelo del tanque	ANSUL - AFC 3B
Agente espumógeno	AFFF
% Dosificación	3%
Equipo de análisis empleado:	Refractómetro
Marca y Modelo de equipo de medición	MISCO - PA 202
Lugar de toma de muestra	Tanque T-2-B

Con las muestras de concentrado de espuma y la muestra de agua de la red contra incendios se realiza la dosificación al 1%, 2%, 3% y 4% y luego se realiza la medición con el refractómetro. Estos datos servirán para elaborar la curva patrón. Luego se realiza la medición con el refractómetro de la solución de espuma contra incendios obtenida en campo, comparando el índice de refracción obtenido en el porcentaje de dosificación del sistema.

**Tabla 19**

*Resultados de medición de dosificación de espuma en laboratorio*

CURVA PATRÓN				
% de dosificación	1%	2%	3%	4%
Índice de Refracción, Unidades nD20	1.3331	1.3333	1.3335	1.3337

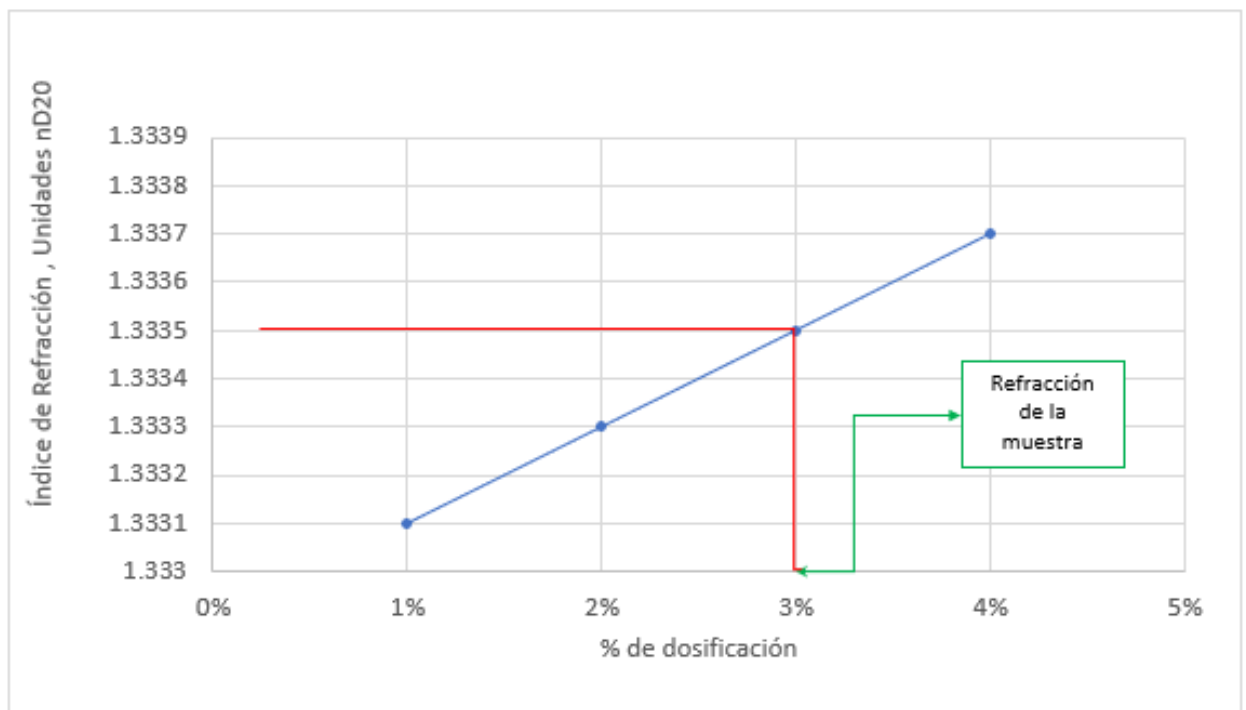
**Tabla 20**

*Resultados de medición de solución de espuma – muestra de campo.*

MUESTRA OBTENIDA EN CAMPO	
Lugar de toma de muestra	Cámara de espuma del tanque T-2-B
% de dosificación de la muestra	3%
Índice de Refracción(nD20)	1.3335

**Figura 10**

*Grafico de indice de refracción versus el % de dosificación de espuma.*



Conclusión: Como se puede apreciar en la figura 10, la curva patrón indica que la dosificación de espuma al 3% realizado en el laboratorio coincide con la tasa del proporcionador de espuma del tanque bladder del 3%, por lo tanto, se cumple con el requisito 11.6.4 de la norma NFPA 11.

## 7.2 Resultados de prueba de rendimiento de bomba contra incendios

En las siguientes tablas se muestran los datos generales del sistema de bombas contra incendios y los datos obtenidos de la prueba realizada en campo, finalmente se hace una comparación de los datos obtenidos en campo y los datos indicados en la placa de identificación.

**Tabla 21**

*Datos generales del sistema de bomba contra incendios.*

Tipo De Bomba	Motobomba
N° Serie	USA-01-9554
Fabricante	SPP PUMPS
Modelo	TD15
Presión Nominal	150
Caudal Nominal	2000 gpm
RPM Nominal	2800
Caudal @ 150% (GPM)	3000 gpm
Max Presión Q=0 (PSI)	200 psi
Presión Q=150% (PSI)	120 psi

**Tabla 22**

*Registro de datos obtenidos en campo*

PRUEBA	Ø (pulg)	PITOT EN BOQUILLAS			P. Est	P. Succ(i)	P. Succ(f)	P. Desc	P. Neta	RPM
		2.50	2.50	2.50	psi	psi	psi	psi		
Caudal 0	0 gpm				10	10	0	203	203	2840
100%	psi	15	15	10						
	gpm	2026	719	719	587	10	8	-2	148	150
150%	psi	28	30	30						
	gpm	3017	983	1017	1017	10	6	-3	120	123

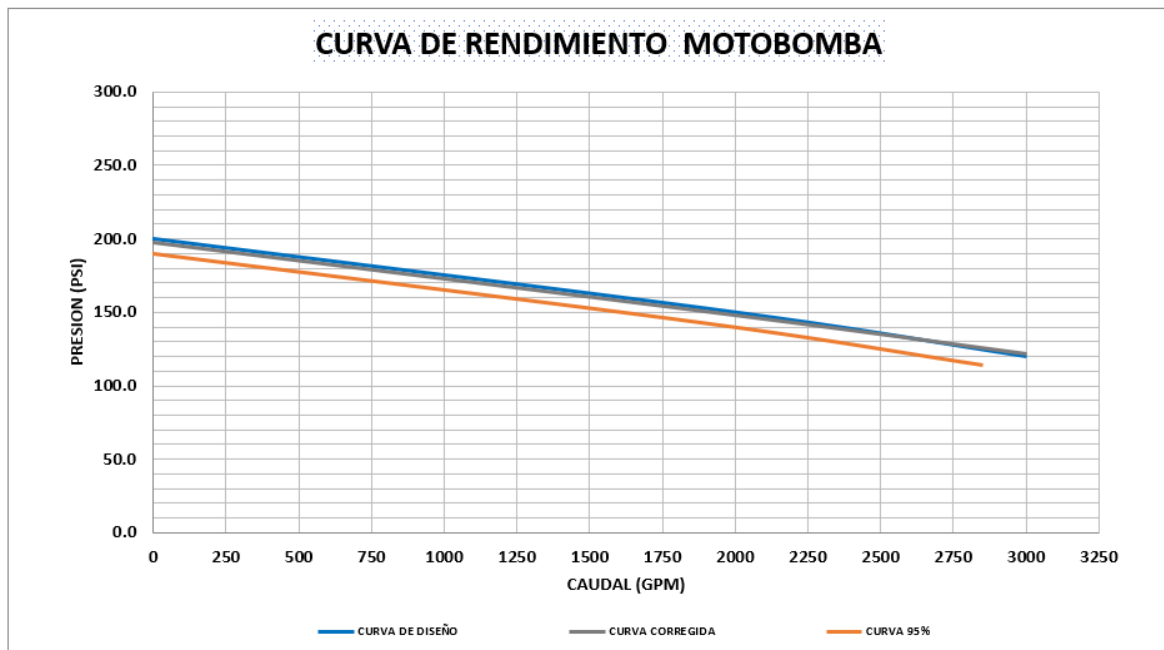
**Tabla 23**

*Tabla de resultados de rendimiento de bomba contra incendios.*

	CURVA DE DISEÑO		CURVA DE PRUEBA		CURVA CORREGIDA		CURVA 95%	
	gpm	psi	gpm	psi	gpm	psi	gpm	psi
0%	0	200.0	0	203	0	197	0	190.0
100%	2000	150.0	2026	150	2010	148	1900	142.5
150%	3000	120.0	3017	123	3001	122	2850	114.0

**Figura 11**

*Curva de rendimiento de bomba contra incendios.*



### **7.2.1 Resultados de pruebas de alarma.**

Se realizaron las pruebas de alarma de acuerdo con el requisito 12.4.1.3 de la norma NFPA 20 con los siguientes resultados:

- Falla de batería 1: Conforme
- Falla de batería 2: Conforme
- Falla de cargador 1: Conforme
- Falla de cargador 2: Conforme
- Baja presión de aceite: Conforme
- Alta temperatura de motor: Conforme
- Sobre velocidad: Conforme

Conclusión: Como se puede apreciar en el gráfico de la curva de rendimiento, el desempeño de la bomba contra incendios está por encima del 95% del desempeño en caudal cero, nominal y sobrecarga, por tanto, cumple con el requisito 8.3.7.2.3 de la norma NFPA 25. Además de obtener resultados satisfactorios en las pruebas de alarmas.

### **7.3 Resultados de prueba de red de hidrantes contra incendios**

Para la prueba de hidrantes se eligieron 04 los hidrantes - monitores ubicados alrededor de la zona de tanques de almacenamiento de crudo, los mismos que se encuentran hidráulicamente más alejados. Para generar flujo y medir el caudal se empleó tubos pitot UL con boquillas de 2 ½ " con manómetros de 0 a 160 psi calibrados, para medir la presión estática y residual se instaló una tapa con un manómetro de 0 a 200 psi calibrado. En la tabla 24, se muestra la lista de hidrantes – monitores seleccionados para la prueba.

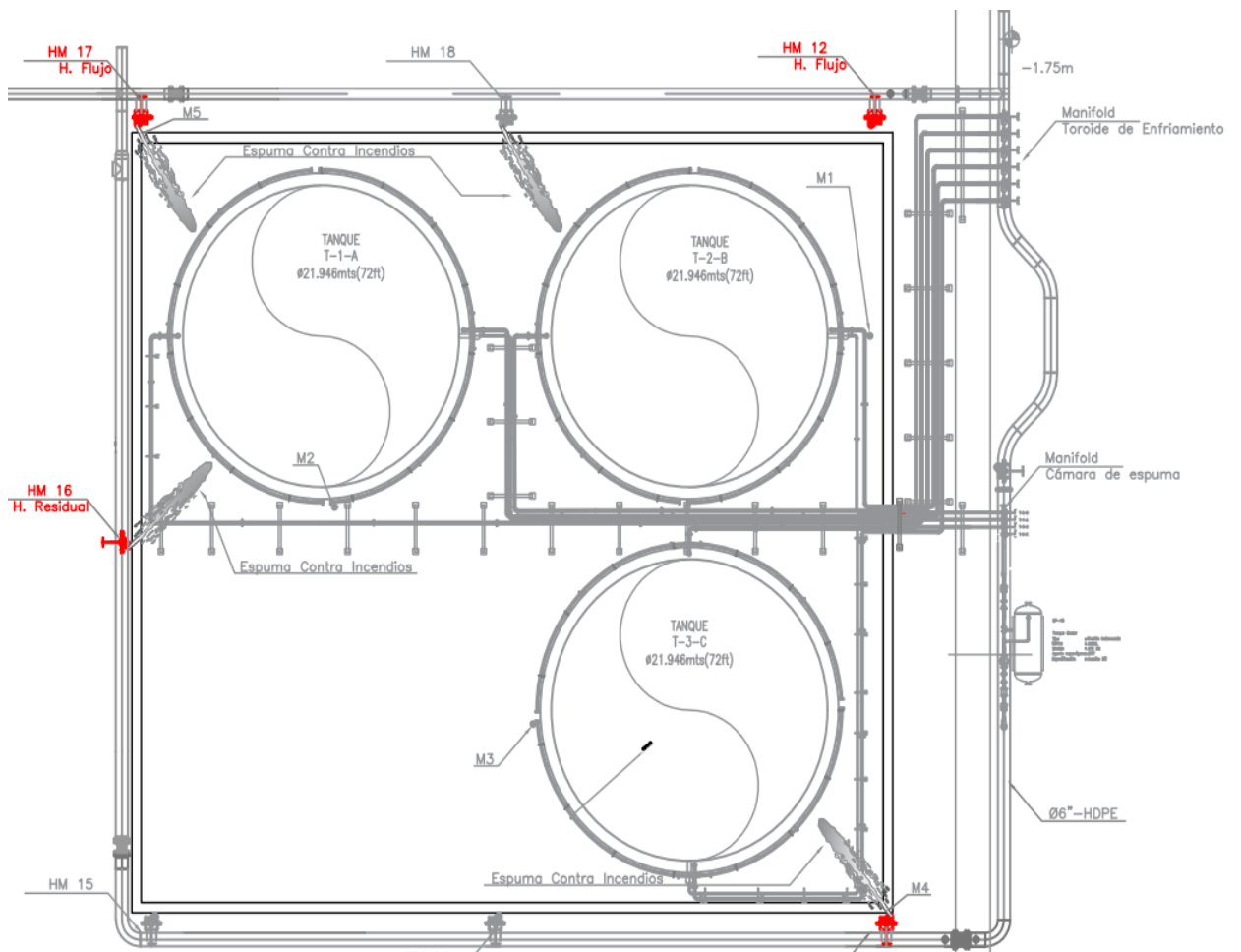
**Tabla 24**

*Hidrantes monitores seleccionados*

Identificación	Tipo de medición
Hidrante – monitor #16	Medición de presión estática y presión residual
Hidrante – monitor #13	Medición de flujo de agua
Hidrante – monitor #17	Medición de flujo de agua
Hidrante – monitor #12	Medición de flujo de agua

**Figura 12**

*Distribución de red de hidrantes*



**Tabla 25***Resultados de prueba realizada*

RESULTADOS DE PRUEBA			
Hidrante - Monitor	Presión Estática (psi)	Presión Residual (psi)	Caudal a 20 psi (gpm)**
HM16	175	85	3936

PRESIONES EN TUBOS PITOT CON SALIDA LISA Y REDONDEADA (Coef. 0.9) Fig C 4.7.1 NFPA 24			Qr:Caudal prueba (gpm)*
Hidrante - Monitor	Diámetro (Pulg)	Presión (psi)	
HM-12	2.5	48	1163
HM-13	2.5	24	822
HM-17	2.5	32	950
TOTAL CAUDAL (gpm)			2935

El caudal de prueba es calculado con la siguiente formula.

$$Q_r = 29.84 \cdot c \cdot d^2 \cdot \sqrt{P}$$

Donde:

- Q<sub>r</sub> : Tasa de flujo del hidrante en gpm
- C : Coeficiente de descarga
- D : Diámetro de la boquilla de hidrante en pulgadas
- P : Presión del tubo pitot en psi.

El caudal de prueba a 20 psi se obtiene con la siguiente formula.

$$Q_f = Q_r \left[ \frac{P_s - 20}{P_s - P_r} \right]^{0.54}$$

En donde:

- Q<sub>f</sub> : Es el caudal final a 20 psi.
- Q<sub>r</sub> : Es el caudal obtenido por la descarga de flujo de los hidrantes.
- P<sub>s</sub> : Es la presión estática en psi

Pr : Es la presión residual en psi

**Figura 13**

*Gráfico del comportamiento hidráulico de la red contra incendio*

## Hydrant Flow Test Report

Test Date 20/09/2024

Test Time 11:30 am

Location

Pucallpa - Perú

Tested by

Jasmina Moron

Notes

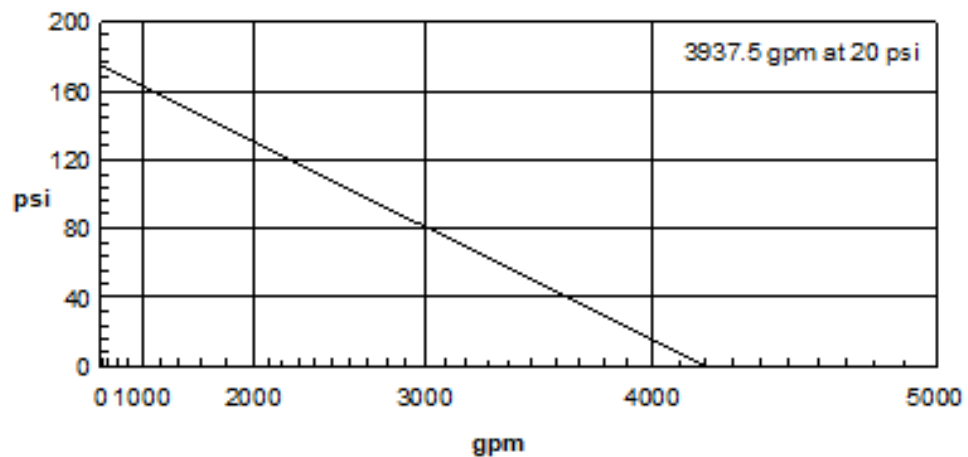
Read Hydrant

175 psi static pressure  
85 psi residual pressure  
0 ft hydrant elevation

Flow Hydrant(s)

Outlet	Elev	Size	C	Pitot Pressure	Flow
#1	0	2.5	0.9	32	950gpm
#2	0	2.5	0.9	48	1163gpm
#3	0	2.5	0.9	24	822gpm
Total					2935gpm

Flow Graph



Conclusión: El caudal descargado a través de los 3 monitores fue de 2935 gpm, durante la prueba se obtuvo como resultado que el caudal de descarga en el monitor - hidrante hidráulicamente más alejado (MH 13) superó los 500 gpm cumpliendo lo indicado en el artículo 97.2 del D.S. 043-2007-EM y la presión residual obtenida de 85 psi superó la presión mínima residual de 20 psi de acuerdo a lo requerido por la NFPA 24 (C.4.1.3), por lo tanto, se concluye que los resultados de la prueba fueron satisfactorios.

#### **7.4 Resultados de prueba de máxima demanda.**

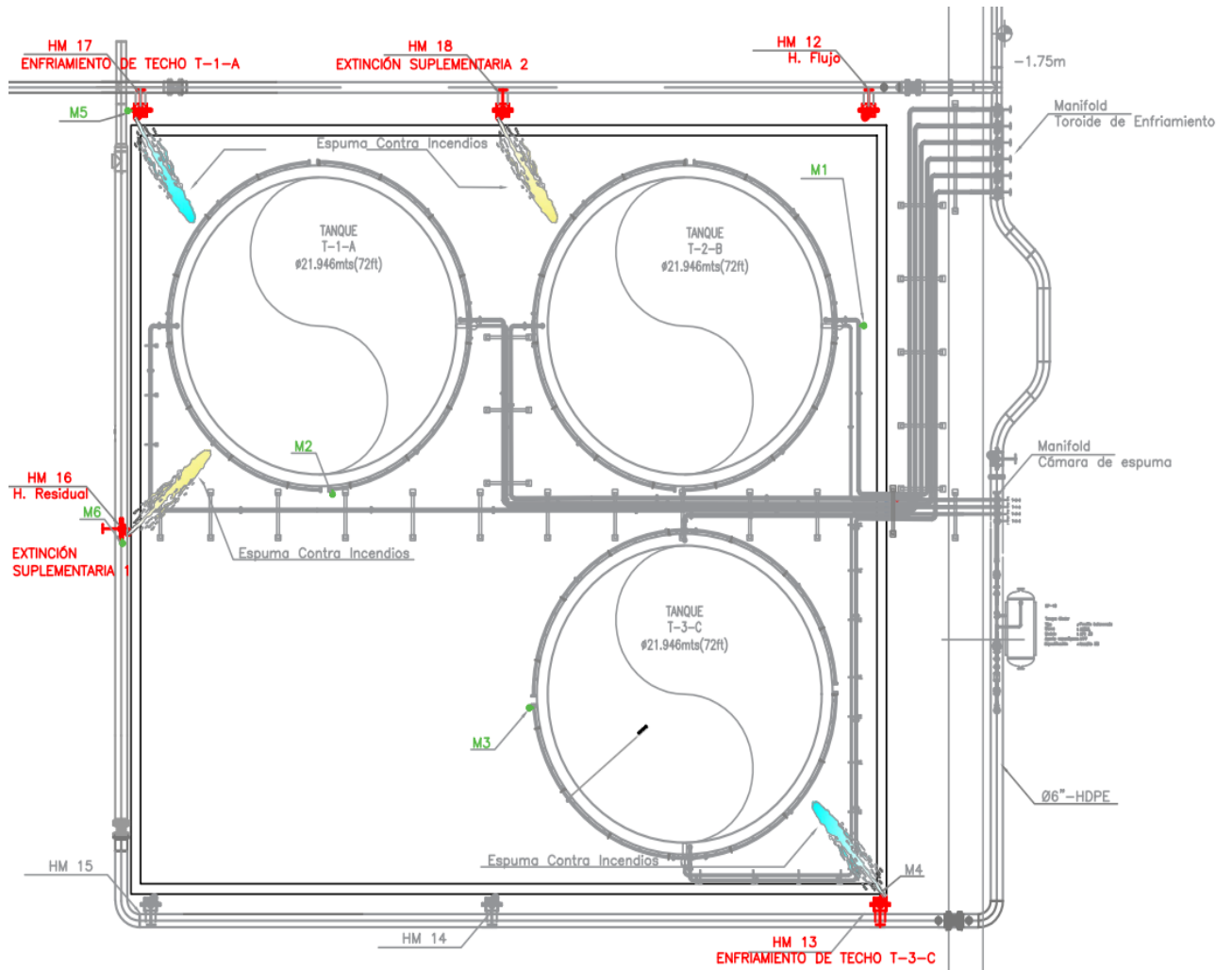
El escenario de máxima demanda corresponde a la simulación de incendio en el tanque T-2-B, y los tanques expuestos T-1-A y T-3-C, por lo tanto, se activa la cámara formadora de espuma T-2-B, previamente girada para evitar contaminación de producto, y se activan un semianillo del sistema de pulverización de los tanques T-1-A y T-3-C para el enfriamiento del 50% de las paredes expuestas, además de la activación de 02 monitores (HM-17 y HM-13) para el enfriamiento del 50% de los techos expuestos de los tanques T-1-A y T-3-C, adicionalmente la descarga de espuma en 02 mangueras de 1 ½" regulados a 60 gpm como protección suplementaria (HM-16 y HM-18).

Cabe señalar que las lecturas de las presiones en todos los manómetros de los sistemas de aspersores, espuma y monitores-hidrantes, se realizó con todos los sistemas en funcionamiento con el fin de comprobar los datos durante la máxima demanda, debiendo compararse con los datos de la tabla 26.

El esquema de distribución de los manómetros y sistemas que se van a activar durante la prueba de máxima demanda simultanea se muestra en la figura 14.

**Figura 14**

*Esquema de distribución de activación de los sistemas contra incendios en máxima demanda simultanea.*



**Tabla 26***Resultados obtenidos en la prueba de máxima demanda*

Tipo de protección	Sistema activado	Presión teórica de acuerdo con cálculo hidráulico	Caudal teórico de acuerdo con cálculo hidráulico	Caudal teórico requerido de acuerdo con memoria de cálculo	Presión obtenida en campo	Caudal obtenido en campo
Extinción tanque T-2-B	Activación del sistema de espuma, se registra lectura de la presión del manómetro M1 ubicado al inicio de tubería vertical del tanque T-2-B.	60.58 psi	464.22 gpm	407.2 gpm	76 psi	----
Extinción tanque T-2-B	Activación del sistema de espuma, se registra lectura de la presión del manómetro M1-1 ubicado al inicio de tubería vertical del tanque T-2-B.	88.93 psi	464.22 gpm	407.2 gpm	92 psi	----
Enfriamiento de pared 50% - T-1-A	Activación del semianillo de aspersores del T-1-A, se registra lectura de la presión del manómetro M2.	39.96 psi	596.10 gpm	508.94 gpm	40 psi	----
Enfriamiento de pared 50% - T-3-C	Activación del semianillo de aspersores del T-3-C, se registra lectura de la presión del manómetro M3.	44.51 psi	629.13 gpm	508.94 gpm	50 psi	----

Tipo de protección	Sistema activado	Presión teórica de acuerdo con cálculo hidráulico	Caudal teórico de acuerdo con cálculo hidráulico	Caudal teórico requerido de acuerdo con memoria de cálculo	Presión obtenida en campo	Caudal obtenido en campo
Enfriamiento de techo 50% - T-1-A	Hidrante Monitor HM-13, se registra lectura de la presión del manómetro M4 del tubo pitot instalado.	----	----	407.15 gpm	12 psi	643 gpm
Enfriamiento de techo 50% - T-3-C	Hidrante Monitor HM-17, se registra lectura de la presión del manómetro M5 del tubo pitot instalado.	----	----	407.15 gpm	10 psi	587 gpm
Extinción suplementaria 1	Hidrante Monitor HM-16, se instala una manguera de 1 1/2" con un pitón regulado a 60 gpm y presión 100 psi.	----	----	50 gpm	----	60 gpm
Extinción suplementaria 2	Hidrante Monitor HM-18, se instala una manguera de 1 1/2" con un pitón regulado a 60 gpm y presión 100 psi.	----	----	50 gpm	----	60 gpm
Presión residual	Hidrante Monitor HM-16, se registra lectura de la presión del manómetro M6.	mayor a 20 PSI			116 psi	

Conclusión: Los resultados de la prueba de máxima demanda fueron satisfactorios, las presiones obtenidas en los manómetros del sistema de aspersores de los tanques T-1-

A (40 psi) y T-3-C (50 psi) superan los requerido en el cálculo hidráulico; la presión obtenida en la tubería vertical de la cámara de espuma (76 psi) supera lo requerido de acuerdo al cálculo hidráulico, las presiones obtenidas en los tubos pitot de los HM13 y HM17 superan las presiones y caudales requeridos por la memoria de cálculo, la presión residual fue mayor a 20 psi y adicionalmente durante la prueba se verificó que todas las boquillas descargaron agua, estuvieron apropiadamente posicionadas y no se observó obstrucciones en la descarga.

## Conclusiones

- a. Se realizó la evaluación de suficiencia y operatividad de cada uno de los sistemas contra incendios y en simultáneo considerando el escenario de máxima demanda obteniendo resultados favorables.
- b. Todos los equipos de los sistemas contra incendios funcionaron adecuadamente y no existieron fallas en ninguno de los componentes, lo que permitió un adecuado desempeño de cada uno de los sistemas.
- c. Se cumplió con todos los requerimientos de seguridad y salud ocupacional y medio ambiente previo al ingreso al lote, facilitando un inicio rápido de actividades.
- d. Todas las pruebas fueron realizadas en cuatro días, sin contratiempos y considerando todas las facilidades de acceso a cada uno de los sistemas contra incendios, lo que permitió cubrir el presupuesto aprobado de 5 500 USD.
- e. Se contó con la participación de personal de las áreas de mantenimiento e instrumentación, quienes brindaron soporte antes, durante y después de la prueba, lográndose una coordinación directa y eficaz.
- f. Las pruebas fueron realizadas cumpliendo todos los requerimientos de seguridad y medio ambiente, a través de la presentación, revisión y aplicación de los documentos de gestión requeridos que garantizaron una adecuada gestión del riesgo durante la ejecución de las pruebas.
- g. Todos los equipos empleados para realizar las mediciones durante las pruebas cumplieron con las especificaciones de las normas nacionales o NFPA, como calibraciones o certificaciones especiales.

## Recomendaciones

- a. Realizar inspecciones y pruebas a cada uno de los sistemas contra incendios siguiendo los lineamientos y requerimientos de las normas NFPA aplicables a cada sistema para evitar fallas en los componentes durante el funcionamiento de los sistemas contra incendios.
- b. Realizar un adecuado mantenimiento preventivo a cada uno de los sistemas contra incendios cumpliendo las frecuencias y criterios de inspección establecidos por las normas NFPA, lo que garantizará su correcto funcionamiento.
- c. Cumplir con todos los requerimientos de habilitación de personal previo al ingreso al lote como son: presentación de documentos de gestión de seguridad y medio ambiente, cumplir con protocolo de vacunas y examen médico ocupacional, inducción de seguridad y medio ambiente, uso adecuado de equipos de protección personal. Además, se recomienda mantener un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo implementado y certificado, ya que esto facilita adecuarse rápidamente a los diferentes requisitos en seguridad, salud y medio ambiente de las empresas.
- d. Se recomienda realizar una planificación previa de los sistemas a intervenir on cada responsable operativo por día, verificar la capacidad de cada sistema contra incendios, disponibilidad en el acceso a cada sistema y revisión de procedimientos de pruebas, lográndose identificar los recursos necesarios para evitar retrasos.
- e. Se recomienda verificar la disponibilidad de personal de apoyo del área de mantenimiento e instrumentación antes, durante y después de las pruebas.
- f. Comunicar al personal y áreas involucradas de la ejecución de las pruebas considerando al menos los siguientes aspectos; tipo de prueba, sistema a

intervenir, dirección del flujo de agua, recorrido y conexiones de tuberías contra incendios y personal involucrado.

- g. Realizar la calibración anual de cada uno de los componentes de medición de los sistemas contra incendios, como son manómetros y caudalímetro.

## Referencias Bibliográficas

Foundation, F. p. (2013). *Addressing the Performance of Sprinkler Systems: NFPA 25 and Other Strategies*. Chicago, IL: Fire protection Research Foundation.

Ministerio de Energía y Minas. (15 de Noviembre de 1993). Decreto Supremo N° 051-93-EM, Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos. *Diario Oficial El Peruano*.

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBussqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%BA%20051-93-EM.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBussqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%BA%20051-93-EM.pdf)

Ministerio de Energía y Minas. (18 de Noviembre de 1993). Decreto Supremo N° 052-93-EM, Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos. *Diario Oficial El Peruano*, págs. <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/732279-052-93-em>.

Ministerio de Energía y Minas. (16 de Octubre de 2002). Decreto Supremo N° 032-2002-EM, Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos. *Diario Oficial El Peruano*,

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBussqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%B0%20032-2002-EM.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBussqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%B0%20032-2002-EM.pdf).

Ministerio de Energía y Minas. (07 de Noviembre de 2003). Decreto Supremo N° 036-2003-EM, Modifican el Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, aprobado por D.S. N° 052-93-EM. *Diario Oficial El Peruano*. <http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/NormasGFGN/SEGURIDAD%20Y%20MEDIO%20AMBIENTE/DS%20036-2003-EM.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (21 de Agosto de 2004). Decreto Supremo N° 032-2004-EM- Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos. *Diario Oficial El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/728463-032-2004-em>

Ministerio de Energía y Minas. (14 de Octubre de 2005). Ley N° 26221, Ley Orgánica de Hidrocarburos, aprobado por el Decreto Supremo N° 042-2005-EM. *Diario Oficial El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/5136025-26221>

Ministerio de Energía y Minas. (22 de Agosto de 2007). Decreto Supremo 043-2007-EM por el cual se aprueba el Reglamento de Seguridad para las actividades de hidrocarburos y modifican diversas disposiciones. *Diario Oficial El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/5136203-043-2007-em>.

Ministerio de Energía y Minas. (15 de Noviembre de 2015). Decreto Supremo N° 023-2015-EM, Modifican el Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 051-93-EM. *Diario Oficial el Peruano*.  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBussqueda/DS-051-93-EM.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBussqueda/DS-051-93-EM.pdf)

National Fire Protection Association . (2016). *NFPA 11, Norma de espumas de baja, media y alta expansión, Edición 2016*. EE.UU: National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association . (2019). *NFPA 24, Norma para la instalación de tuberías para servicio privado de incendios y sus accesorios, Edición 2019*. EE.UU: National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association . (2020). *NFPA 25, Norma de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendios a base de agua, Edición 2020*. EE.UU: National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association. (2016). *NFPA 30, Norma de espumas de baja, media y alta expansión, Edición 2016*. EE.UU: National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association. (2016). *NFPA 20, Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios, Edición 2016*. EE.UU: National Fire Protection Association.

- National Fire Protection Association. (2018). *NFPA 3, Norma para comisionamiento de sistemas de protección contra incendios y seguridad humana, Edición 2018*. EE.UU: National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association. (2019). *NFPA 14, Norma para la instalación de sistemas de montantes y mangueras, Edición 2019*. EE.UU: National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 15, Norma para sistemas de pulverización de agua de protección contra incendios, Edición 2022*. EE.UU: National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association, I. O. (2009). *Manual de protección contra incendios - Quinta Edición*. Colombia: National Fire Protection Association.
- Society of Fire Protection Engineers. (2002). *Handbook of Fire Protection Engineering*. Society of Fire Protection Engineers.

## **Anexos**

Anexo 1: Registro fotográfico de análisis de dosificación de espuma contra incendios.....	1
Anexo 2: Registro fotográfico de prueba de rendimiento de bomba contra incendios .....	2
Anexo 3: Registro fotográfico de prueba de red de hidrantes contra incendios .....	4
Anexo 4: Registro fotográfico de prueba de máxima demanda. ....	6

**Anexo 1: Registro fotográfico de análisis de dosificación de espuma contra incendios.**

Toma De Muestra Concentrado	Toma De Muestra De Liquido Espumógeno		
			
<p><b>Diluciones Para Curva Patrón</b></p>			
			
<p><b>Lectura De Curva Patrón</b></p>			
			
<p><b>Resultado De La Muestra De Liquido Espumógeno</b></p>			
			

**Anexo 2: Registro fotográfico de prueba de rendimiento de bomba contra incendios**

**CABEZAL DE PRUEBAS**








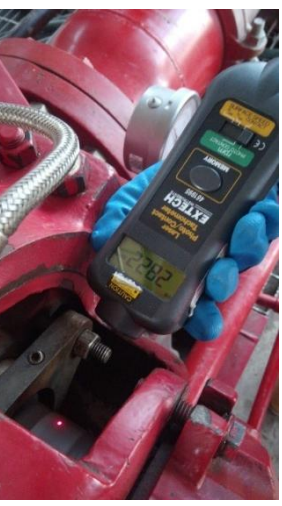



**CAUDAL NOMINAL (100%) -2000 GPM**








**CAUDAL SOBRECARGA (150%) 3000 GPM**



RESULTADOS DE PRUEBA DE FLUJO DE BOMBA C.I.

CAUDAL	PRESIÓN DE SUCCIÓN	PRESIÓN DE DESCARGA	RPM
0%			
100%			
150%			




**Anexo 3: Registro fotográfico de prueba de red de hidrantes contra incendios**

Hidrante de flujo HM-12	Hidrante de flujo HM-13	Hidrante de flujo HM-17
		
Presión Estática en HM-16		Presión Residual en HM-16
		

DESCARGA DE AGUA POR HIDRANTES DE FLUJO



**Anexo 4: Registro fotográfico de prueba de máxima demanda.**

<p>Sistema de extinción de tanque T-2-B</p>	<p>Manómetro de sistema de extinción de T-2-B</p>
 A photograph showing a large industrial tank with a yellow pipe spraying a powerful jet of water. The water is creating a dense mist and splashing against the side of the tank. Other tanks are visible in the background.	 A close-up photograph of a circular pressure gauge. The gauge has a white face with black and red markings. The needle is pointing to approximately 10 on the scale. The brand name 'WINIERS' is visible at the bottom of the gauge.
<p>Enfriamiento de aspersores de tanques T-1-A y T-3-C</p>	
 A wide-angle photograph of several large industrial tanks. A person is visible on a walkway on top of one of the tanks. The scene is hazy, suggesting a mist or steam from the cooling process. The tanks are green and yellow.	

Manómetro de sistema de enfriamiento T-1-A	Manómetro de sistema de enfriamiento T-3-C
--	--



Enfriamiento de techos T-1-A y T-3-C



Enfriamiento de techo T-1-A

Enfriamiento de techo T-3-C



Extinción suplementaria



Presión Residual

