



**Revista Digital La Pasión del Saber**

ISSN:2244-7857 / Depósito Legal: ppi200902CA3925

## **Diseño de un Sistema de Protección contra incendio a base de espuma para la Distribuidora de Combustible El Valle C.A.**

Lara Ramírez, José Fernán<sup>1</sup>  
Universidad José Antonio Páez  
Valencia, Venezuela.

Fredy Barragán Suescún<sup>2</sup>  
<https://orcid.org/0000-0002-8883-7977>  
Universidad José Antonio Páez  
Valencia, Venezuela.

Recibido: 15-10-2024  
Aceptado: 20-11-2024

### **Resumen.**

El trabajo de investigación consistió en el diseño de un sistema de protección contra incendios a base de espuma para la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A. Esta investigación se enmarcó dentro del tipo de investigación de proyecto factible, respaldado por un diseño de campo y documental y un nivel descriptivo. Bajo la Línea de Investigación: Ciencias cognitivas y aplicadas. Para alcanzar los objetivos propuestos, las técnicas e instrumentos se basaron en la observación directa mediante una lista de cotejo y registros fotográficos; además, se realizó una entrevista estructurada con un guion, junto con las herramientas de análisis de datos, la revisión documental y los instrumentos necesarios para alcanzar los fines establecidos. El objetivo general permitió alcanzar el diseño propuesto, tomando en cuenta la naturaleza altamente inflamable de los productos manipulados en una distribuidora de combustible. Este enfoque novedoso proporcionó a la empresa una valiosa herramienta para evaluar y mejorar la seguridad de sus operaciones. Así como también una respuesta rápida y efectiva ante posibles incendios de hidrocarburos, lo que es un riesgo inherente de una distribuidora de combustibles. En este sentido, al elegir un sistema de espuma, la empresa se posiciona a la vanguardia en términos de seguridad industrial, adoptando tecnologías avanzadas que ofrecen una extinción eficiente y minimizan los daños estructurales y operativos.

**Palabras clave:** Combustible; Sistema de protección contra incendio; Espuma

---

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad José Antonio Páez. Correo electrónico: joseflara99@gmail.com.

<sup>2</sup>Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad de Carabobo, PhD. En Educación Correo electrónico: barragan.suescun@gmail.com

## **Design of a foam-based fire protection system for The El Valle C.A. Fuel Distributor.**

### **Abstract.**

The research work consisted of the design of a foam-based fire protection system for Distributor de Combustibles El Valle C.A. This project was framed within the type of feasible project research, supported by a field and documentary design and a descriptive level. Under the Research Line: Cognitive and applied sciences. To achieve the proposed objectives, the techniques and instruments were based on direct observation through a checklist and photographic records; In addition, a structured interview was carried out with a script, along with the data analysis tools, the documentary review and the instruments necessary to achieve the established purposes. The general objective allowed us to achieve the proposed design, taking into account the highly flammable nature of the products handled in a fuel distributor. This novel approach provided the company with a valuable tool to evaluate and improve the security of its operations. As well as a quick and effective response to possible hydrocarbon fires, which is an inherent risk of a fuel distributor. In this sense, by choosing a foam system, the company positions itself at the forefront in terms of industrial safety, adopting advanced technologies that offer efficient extinguishing and minimize structural and operational damage.

**Keywords:** Fuel; Fire protection system; Foam

### **Introducción.**

Los riesgos laborales estarán presentes en toda actividad industrial, esto siempre será algo que se desea evitar, no obstante, existirá una probabilidad de ocurrencia de algún acontecimiento no deseado y la severidad de estos accidentes dependerá de la manera en que se tengan los equipos para estas circunstancias, así también de la correcta capacitación y reacción del personal.

Las actividades que conllevan a la manipulación de líquidos inflamables o combustibles, pueden provocar innumerables riesgos de conato de incendios y la propagación del mismo, ya sea a gran o pequeña escala. No existe la actividad de la que se pueda afirmar que tal riesgo no existe, y una vez que se da lugar al inicio del incendio, éste supone siempre una gran amenaza de pérdidas tanto humanas como materiales. Claro está, que esto se puede mitigar siempre y cuando se tengan las medidas preventivas, de manera que se eviten las lesiones o la pérdida de vidas.

Los accidentes que tienen lugar en los tanques de almacenamiento de diferentes tipos de combustibles pueden ocasionar daños significativos tanto al equipamiento adyacente como al entorno circundante de la planta de almacenamiento. Estos incidentes conllevan consigo el riesgo de sufrir pérdidas económicas considerables para las instalaciones afectadas. En el caso de que se desate un incendio, se pueden implementar diversas medidas para controlar su propagación y facilitar su extinción; no

obstante, entre todas estas acciones, destaca la importancia primordial de los sistemas diseñados específicamente para la protección contra incendios. Estos se caracterizan principalmente por su capacidad para liberar de manera inmediata una sustancia extintora sobre el foco de fuego, lo que juega un papel crucial en la contención y mitigación de la situación.

Para que la seguridad de los sistemas contra incendios esté debidamente regulada y en consonancia con los estándares internacionales de prevención y protección, se recurre a las Normas de la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios). El cual, se encarga de establecer normas y estándares mínimos para una amplia gama de aspectos relacionados con la prevención de incendios, la capacitación en seguridad y la instalación de sistemas contra incendios. Estas abarcan diversos aspectos, desde la selección y uso de equipos hasta los protocolos de respuesta en caso de emergencia. Además, las normas de la NFPA incluyen criterios específicos para la operación y utilización segura de materiales combustibles en diferentes entornos y aplicaciones industriales, garantizando así un enfoque integral y actualizado para abordar los riesgos de incendio y mejorar la seguridad en todos los niveles.

Se espera que los resultados obtenidos a partir de esta investigación contribuyan al desarrollo tecnológico del sector industrial, promoviendo prácticas eficientes en la protección contra incendios.

### **Planteamiento del problema.**

Desde el inicio de los tiempos el ser humano dependía de métodos rudimentarios para controlar el fuego, se empleaban baldes de agua y cubos de arena como primeros intentos de extinción. A medida que avanzó la Edad Media, se desarrollaron sistemas más sofisticados, como el uso de bombas manuales; sin embargo, fue durante la Revolución Industrial que se produjo un cambio significativo con la introducción de sistemas más automáticos. Posteriormente, a principios del siglo XIX, surgieron los primeros sistemas de rociadores motorizados, activados por la temperatura, marcando un hito crucial en la evolución de la protección contra incendios. En la actualidad, los sistemas contra incendios incorporan tecnologías de vanguardia, desde sistemas inteligentes de supresión hasta avanzados dispositivos de detección, reflejando un continuo esfuerzo por mejorar la eficacia y la seguridad en la gestión de incendios.

La integración con tecnologías de comunicación y monitoreo en red también ha mejorado la capacidad de supervisión y gestión remota de los sistemas, permitiendo una respuesta más eficiente y coordinada ante emergencias. Estos avances han contribuido significativamente a mejorar la seguridad y la protección contra incendios en una amplia gama de entornos, desde edificios comerciales e industriales hasta instalaciones de almacenamiento de combustibles y complejos residenciales.

Por otro lado, a nivel global, uno de los desafíos preeminentes en el ámbito industrial radica en las pérdidas de activos fijos, que abarcan desde maquinaria especializada hasta infraestructuras complejas, generando impactos económicos significativos. La

incidencia de incendios industriales, además de propiciar la pérdida de activos tangibles, impone cargas financieras considerables en términos de costos de recuperación y reparación. Este fenómeno no solo afecta el sector privado, sino que también acarrea daños a la propiedad pública, comprometiendo la infraestructura crítica y la funcionalidad de servicios esenciales.

El impacto ambiental de los incendios industriales se manifiesta generando consecuencias a largo plazo para los ecosistemas circundantes; por lo que al ocurrir este siniestro en una industria que almacene hidrocarburos tiene el potencial de causar una contaminación significativa en el medio ambiente. Durante un incendio, los hidrocarburos se descomponen y liberan una amplia gama de compuestos químicos, incluyendo gases tóxicos, partículas finas y productos de combustión incompleta, que pueden ser transportados por el aire y depositados en el suelo y el agua. Estos compuestos pueden incluir hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), entre otros.

Con lo anteriormente establecido, se expone el caso de la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A. localizada en el municipio San Cristóbal, Estado Táchira. El cual, se encuentra en una zona urbana y próxima a un área boscosa (ver figura 1). Esta empresa se encarga del suministro de combustible Diesel a más de mil empresas, microempresas e industrias en todo el estado fronterizo. No obstante, enfrenta una situación crítica en términos de seguridad industrial, marcada por la ausencia de un sistema de protección contra incendios adecuado (ver figura 2). La relevancia de esta problemática se intensifica considerando la naturaleza altamente inflamable de los productos manejados en sus instalaciones.



Figura 1: Ubicación GPS de la empresa.  
Fuente: Google Maps (2024).

Actualmente la distribuidora cuenta con cinco (5) tanques de almacenamiento de combustibles, tal y como lo especifica la siguiente tabla:

Tabla 1. Distribución de tanques.

N° Tanque	Producto	Capacidad (Litros)
1	Diesel	36500
2		21000
3		21000
4		21000
5	Gasolina	17500

Fuente: Lara. J (2024)

De allí que la carencia de un sistema integral de protección expone a la distribuidora, su personal y las comunidades circundantes a riesgos significativos de incidentes catastróficos. La falta de un mecanismo de detección temprana, sumado a la inexistencia de un sistema de supresión de incendios específicamente diseñado para enfrentar las particularidades de la distribuidora, compromete la seguridad integral de la infraestructura y la efectividad de las medidas de respuesta ante emergencias.



Figura 2: Distribuidora de Combustible El Valle C.A.  
Fuente: Lara. J (2024).

Para dar una posible solución a la problemática antes expuesta, se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué manera se puede implementar medidas de seguridad en una empresa distribuidora de combustible para prevenir y controlar un incendio? con los objetivos específicos siguientes:

- Diagnosticar la situación actual que tiene la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A en materia de protección contra incendio.
- Identificar los parámetros que intervienen en el diseño de un sistema de prevención y control de incendio.
- Analizar las diversas alternativas de solución que existen en función a los sistemas de protección contra incendio.
- Seleccionar los equipos necesarios del sistema contra incendio aplicados a la mejor solución.
- Diseñar el sistema de protección contra incendio con ayuda de softwares de

ingeniería.

- Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental, social y económica del sistema diseñado.

Considerando la naturaleza altamente inflamable de los productos manipulados en una distribuidora de combustible, es crucial contar con un sistema de protección contra incendio en el contexto de la seguridad industrial y la gestión de riesgos. La falta de un sistema adecuado podría conllevar consecuencias devastadoras, poniendo en peligro la vida de los trabajadores, la integridad de las instalaciones y la preservación del entorno circundante. Además, el impacto económico y operativo de un incendio podría ser significativo, afectando la continuidad del negocio y generando costos considerables en términos de reparación y recuperación.

Además de mitigar los riesgos inminentes, esta investigación también aborda la importancia de cumplir con las normativas y estándares de seguridad, tanto a nivel nacional como internacional, para garantizar el cumplimiento legal y la responsabilidad corporativa. Un diseño eficaz de un sistema de protección contra incendios a base de espuma, adaptado a las características específicas de la Distribuidora de Combustible El Valle C.A., no solo protegerá los activos y recursos, sino que también contribuirá a la sostenibilidad operativa y ambiental de la empresa. En última instancia, esta investigación busca proporcionar una base sólida en medidas de seguridad, beneficiando no solo a la distribuidora en cuestión, sino también a la comunidad circundante y al sector en general.

Otro aspecto adicional resalta la significativa contribución que el diseño de un sistema de protección contra incendios puede hacer al impulso y desarrollo de las industrias en Venezuela. En un entorno donde la seguridad industrial es de vital importancia, la implementación de un sistema avanzado no solo proporciona salvaguardias específicas para la Distribuidora de Combustible El Valle C.A., sino que también establece un paradigma para otras empresas dentro del país. La promoción y adopción generalizada de tecnologías de vanguardia en seguridad no solo elevan los estándares a nivel nacional, sino que también fortalecen la posición competitiva de las industrias venezolanas en el ámbito internacional. circundante y al sector en general.

Como antecedentes de esta investigación, se recopilaron proyectos similares. Entre ellos se encuentran

- ✓ Catari M. (2023) presentó un trabajo especial de grado titulado como Diseño del sistema de protección contra incendios para los tanques de almacenamiento de Jet Fuel 212 y 214 de la planta de Senkata, Esta investigación tuvo como objetivo principal, un diseño referencial de un sistema contra incendio (SCI) a base espuma AFFF al 3% para la extinción de incendios, y a base agua pulverizada para enfriamiento de los tanques 212 y 214 de Jet Fuel que cumplan con normas específicas tanto nacionales como internacionales.
- ✓ Díaz K y D'ugard B (2023) realizaron el proyecto titulado "Diseño de un sistema para reducir el riesgo de incendio en los tanques de almacenamiento de líquidos

inflamables de capacidad de 250 m<sup>3</sup> en la planta de Sefrel Ingenieros – Lima”, En esta investigación, la problemática fue el no contar con un sistema de reducción de riesgo de incendio lo cual pudo ocasionar desastres hasta de 500 mts a la redonda,

- ✓ Brijaldo E. (2020) realizó un trabajo de investigación titulado “Diseño de una máquina llenadora para fluidos viscosos”, que llevó al autor a obtener el grado en Ingeniería Mecánica en la Universidad José Antonio Páez, San Diego, Venezuela. En este trabajo especial de grado el autor tiene como objetivo principal el diseño de una máquina llenadora para fluidos viscosos para Alimentos Bonanzas Comercial C.A. con el propósito que dicha empresa mejore sus niveles de producción y calidad en sus productos.

Para el desarrollo del proyecto de investigación, se utilizaron diversas teorías que respaldaron el estudio y sirvieron como base para lograr un diseño óptimo, entre ellas se encuentran:

- **Teoría Ambientalista:** es una corriente de pensamiento que se enfoca en la importancia de proteger y preservar el medio ambiente y los recursos naturales; haciendo énfasis en la relación entre los seres humanos y el ecosistema, destacando la importancia de la conservación y la sostenibilidad. Esta teoría sostiene que el entorno natural es valioso en sí mismo y tiene derecho a existir y prosperar, independientemente de su utilidad para los seres humanos.
- **Teoría Cinética Molecular:** es una teoría que explica los estados de la materia y se basa en la idea de que la materia está compuesta por partículas diminutas que siempre están en movimiento. Dicha teoría ayuda a explicar las propiedades observables y comportamientos de sólidos, líquidos y gases. Aunque esta teoría se aplica principalmente en el ámbito de la física y la química, logra obtener relevancia en la conceptualización de ciertos aspectos relacionados con el diseño de un sistema de protección contra incendios basado en espuma para una distribuidora de combustible.
- **Teoría de Control:** La teoría de control moderna constituye un área de investigación dentro de la ingeniería de control que se enfoca en la aplicación de herramientas y métodos matemáticos avanzados para el análisis y diseño de sistemas de control dinámicos.

Entre las bases teóricas se incluyen

- **Protección Contra Incendios:** De acuerdo a Bayon. R (1978), “La protección contra incendios no es una definición única, sino que puede dividirse en las siguientes categorías: pasiva, integral, activa” (p.2).
- **El Fuego:** De acuerdo a Catarí M (2023) “La base del fuego es una reacción química muy fuerte de oxidación, este proceso genera y desprende calor a su alrededor. A su vez, el aire que rodea las partículas disminuye de densidad y flota sobre el aire inferior más frío, creando convección” (p.12).

- **Triángulo del Fuego:** El triángulo del fuego es una representación gráfica de los tres elementos que son imprescindibles para que tenga lugar la combustión. Cada elemento viene representado por uno de los lados del triángulo, y, para que empiece un fuego, deben encontrarse presentes los tres lados. No es difícil, pues, deducir la importancia que tiene este triángulo en la extinción de un fuego, ya que, para conseguir este resultado, bastará con eliminar uno de los tres lados (figura 3).



Figura 3: Triángulo del fuego  
Fuente: Catari. M (2023)

- **Clasificación del Fuego:** Según la norma NFPA 10:5.2 (2013); Existen cinco clases de fuego identificadas. Esta clasificación permite evaluar los peligros y encontrar el agente extintor más efectivo; también se utiliza para clasificar, categorizar y hacer pruebas a los agentes extinguidores (ver figura 4).
  - Clase A: son combustibles sólidos como la madera, tejidos, goma, papel, cartón y algún plástico.
  - Clase B: son los combustibles líquidos, gases, grasas, pinturas, ceras, asfalto, aceites, gasolina, aceites, gases y lubricantes, derivados del petróleo.
  - Clase C: equipos eléctricos energizados. En Instalaciones eléctricas energizadas, equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica motores, transformadores, cables, tableros, interruptores, entre otros.
  - Clase D: metales combustibles. Como el sodio, el magnesio o el potasio u otros que pueden entrar en ignición cuando se reducen a limaduras muy finas.
  - Clase K: aceites vegetales y grasas animales. Son los fuegos derivados de la utilización de aceites vegetales y grasas animales.

Agente Extintor	Agua	Agua a presión	Espuma química	Pelvo seco	CO2	Haloclean	Acetato de potasio
<b>A</b> Materiales que producen brasas (madera, papel, cartón, etc...)	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
<b>B</b> Líquidos inflamables (gasolina, alcohol, pinturas, etc...)	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗
<b>C</b> Equipos Eléctricos	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗
<b>D</b> Materiales Combustibles (aluminio, magnesio)	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
<b>K</b> Grasas y aceites vegetales y animales	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Figura 4: Clasificación del fuego y agente extintor  
Fuente: Catari. M (2023).

En el marco teórico se describen el paradigma de la investigación, cuyo paradigma



adoptado para el desarrollo del trabajo de investigación es el tecnológico por ser un proyecto basado en la aplicación de teorías científicas llevadas a la práctica y sometidas a un estudio exhaustivo de las características que describen dicho sistema.

Se asume que la investigación será de tipo proyecto factible, considerando la perspectiva del autor, dado que el proyecto se desarrolla ejecutando un diseño de propuesta que podría dar solución o beneficiar aspectos importantes como la protección y las medidas de seguridad para la Distribuidora de Combustible El Valle C.A.

De igual forma se considera que el diseño de la investigación es documental y de campo, pues se obtuvo información del sitio en donde ocurren los hechos para proporcionar un buen diseño y a su vez se emplearon datos secundarios provenientes de fuentes bibliográficas. Al mismo tiempo se seleccionaron las técnicas adecuadas con su respectivo instrumento para recopilar la información que permitieron diseñar el sistema de protección contra incendio a base de espuma para la Distribuidora de Combustible El Valle C.A.

En cuanto al propósito el nivel es el de interpretar realidades de hecho que incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. Es por esto que el trabajo se consideró descriptivo, por tanto, se describió cada proceso que conlleva el diseño del sistema de protección contra incendio para así establecer el comportamiento de este, si se llevará a cabo su implementación.

En relación a la población y muestra, para el caso en estudio se consideró como población a los diferentes tipos de sistemas de protección contra incendio que ya han sido diseñados y comercializados en el mercado, debido a que existe una amplia gama de tecnologías disponibles para la detección, supresión y control de incendios. Se realizó entonces, un estudio a estos sistemas para identificar sus características y propiedades que son de ayuda para el avance de la investigación.

Resultado conveniente tomar una muestra para el propósito de esta investigación, esto se debe a que la población a pesar de no ser tan grande, resulta no accesible para efectos documentales gracias a la gran variedad de sistemas de protección contra incendios. Lo mejor era limitar la población a estudio mediante la muestra ideal que está conformada por los sistemas de protección contra incendios que son a base de espuma, al cual corresponde el diseño que se plantea realizar y así obtener información más aprovechable.

## **Resultados/Discusión de Resultado.**

El diagnóstico de la situación actual que presenta la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A. en materia de protección contra incendio es un paso fundamental para evaluar la eficiencia y efectividad que la empresa posee actualmente en materia de seguridad, de esta manera se utiliza información que fue obtenida mediante las

técnicas de observación directa, así como también de una entrevista estructurada aplicada a informantes claves.

Durante las visitas a las instalaciones de la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A, se pudo observar un poco del día a día de la empresa, esto incluye los procesos de carga y descarga de combustible, así como el comportamiento del personal que labora y las personas que acuden a la distribuidora. De igual forma se identifican los riesgos a los que están expuestos en términos de seguridad.

La empresa está dividida en distintas zonas, en las cuales se cumplen funciones claves para el correcto funcionamiento de esta, sin embargo, existe un área que ocupa la mayor superficie dentro de la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A, y se conoce como “Zona de carga y descarga”, allí se manejan grandes volúmenes de productos inflamables diariamente; es por esto que las operaciones llevadas a cabo en la zona, deben realizarse siguiendo normativas locales e internacionales de seguridad para la manipulación de productos inflamables, con el objetivo de prevenir accidentes y asegurar la integridad del personal, del medio ambiente y de las instalaciones. (ver figura 5 y figura 6).



Figura 5: Área de carga y descarga (A) en El Valle C.A.  
Fuente: Lara. J (2024).

En la figura anterior se muestra el área o zona de carga y descarga (A) debidamente demarcada y señalizada, al igual que la figura siguiente.



Figura 6: Área de carga y descarga (B) en El Valle C.A.  
Fuente: Lara. J (2024).

Con el diagnóstico se logró identificar las necesidades y deficiencias, lo cual resultó muy provechoso para buscar posibles soluciones que ayudaron a mejorar todo lo relacionado a la protección contra incendios.

De igual manera se aborda el análisis de los requerimientos técnicos y operativos que debe cumplir el diseño del sistema de protección contra incendios, partiendo de las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas y del análisis de campo. Es por eso, que se recopila y agrupa la información recolectada referente a las características y atributos que deben considerarse para el diseño; de allí, al uso de técnicas de análisis de datos como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y la técnica de los 5 por qué.

### Diagrama de Ishikawa.



Figura 7: Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)  
Fuente: Lara. J (2024).

Al analizar detalladamente el diagrama de Ishikawa, se puede identificar áreas específicas de mejora y tomar decisiones informadas para implementar medidas que mitiguen el impacto de dichas variables, mejorando así la eficiencia y la calidad del proceso en cuestión.

### Acciones Recomendadas.

- ✓ Implementar sistemas de contención secundaria alrededor de todos los tanques de almacenamiento para contener posibles derrames.
- ✓ Establecer un programa de mantenimiento preventivo para equipos de bombeo y tuberías, asegurando la detección y reparación de corrosiones y fugas.
- ✓ Implementar procedimientos estrictos para las operaciones de carga y descarga, incluyendo el uso de equipo adecuado y la capacitación del personal en la prevención de derrames.
- ✓ Desarrollar y ejecutar programas de capacitación en procedimientos de emergencia, evacuación y manejo de incendios para todo el personal.

Este análisis del diagrama de Ishikawa destaca los puntos críticos que requieren atención inmediata para mejorar la eficiencia, calidad y seguridad en términos de protección contra incendios en una distribuidora de combustibles.

### **Selección de los equipos necesarios del sistema contra incendio aplicados a la mejor solución.**

Los incendios son eventos catastróficos que pueden desencadenar devastación y pérdidas irreparables en cuestión de minutos. Para mitigar este riesgo y proteger vidas y propiedades, los sistemas contra incendios se han convertido en una parte esencial de la planificación y gestión de edificios y espacios comerciales e industriales, ya que este conjunto de técnicas y equipos pueden contribuir a salvar la vida de los ocupantes de un inmueble. En la protección contra incendios existen dos enfoques principales: protección activa y protección pasiva. Ambos son esenciales para una estrategia integral de seguridad contra incendios, pero cumplen funciones diferentes.

- **Protección pasiva Contra Incendios:**

La protección pasiva contra incendios se refiere a las medidas de diseño y construcción incorporadas en un edificio para prevenir la propagación del fuego y el humo, proteger la estructura y facilitar la evacuación, cabe destacar que no requieren una acción activa para funcionar. Estos incluyen materiales ignífugos y revestimientos, compartimentación (muros y puertas cortafuego), diseño y planificación (rutas de evacuación y emergencia). Ver figura 8.



Figura 8: Protección pasiva contra incendios.  
Fuente: NTI Integrated Solutions (2019).

En la figura anterior, se observan imágenes alusivas a la protección pasiva contra incendios, como lo es una puerta cortafuego, así como también, soluciones constructivas para la sectorización y sellados ignífugos de pasos de instalaciones, juntas y oberturas.

- **Protección activa Contra Incendios.**

Los sistemas de protección activa contra incendios son todos los referidos a la detección precoz de un incendio y a los equipos o elementos para actuar de forma directa contra él. Por lo tanto, estos sistemas son los encargados de avisar para que los usuarios puedan intervenir o para que se activen los sistemas de forma automática. Esta protección activa ayuda a que se minimicen los posibles daños que pueda causar un incendio en un inmueble. A continuación, se describen los componentes principales de un sistema de protección activa de incendios:

- ✓ **Detección de Incendios:** Un detector de incendios es un dispositivo que detecta la presencia de un incendio (figura 9). Esto puede hacerse de varias maneras, entre ellas las siguientes:
  1. **Detectores de Humo:** Detectan partículas de humo en el aire, indicando la presencia de fuego.
  2. **Detectores de Calor:** Detectan aumentos anormales de temperatura que pueden indicar un incendio.
  3. **Detectores de Llama:** Detectan la radiación infrarroja o ultravioleta emitida por las llamas.
  4. **Detectores de Gas:** Detectan la presencia de gases combustibles que pueden indicar un incendio o una fuga de gas.



Figura 9: Detector de humo.  
Fuente: Pefipresa S.A (2024).

- ✓ **Alarmas y Notificación:** Un sistema de alarmas de incendio puede notificar a los ocupantes y, en algunos casos, a las fuerzas de rescate del lugar de una emergencia. La notificación se proporciona a través de dispositivos de alerta visibles y audibles, (figura 10)
  1. **Alarmas Auditivas y Visuales:** Sirenas, bocinas y luces estroboscópicas que alertan a las personas sobre un incendio.
  2. **Sistemas de Notificación Masiva:** Mensajes de voz, mensajes de texto, y otros métodos de comunicación masiva para alertar a los ocupantes y al personal de emergencia.



Figura 10: Alarma contra incendios.  
Fuente: NOVASEP (2020).

- ✓ **Controladores y Paneles de Alarma Contra Incendios:** Paneles centrales que reciben señales de los detectores, activan las alarmas y controlan los sistemas de supresión de incendios (figura 11).



Figura 11: Panel de control de alarma contra incendios Compas.  
Fuente: ACIS Process (2024).

- ✓ **Sistemas de Supresión de Incendios.**
  1. **Rociadores Automáticos:** Sistemas de tuberías con cabezales de rociadores que liberan agua cuando se alcanza una cierta temperatura.
  2. **Sistemas de Extinción por Gas:** Utilizan gases inertes (como CO<sub>2</sub>) o agentes halocarbonados (como FM-200) para suprimir incendios en áreas específicas.
  3. **Sistemas de Extinción por Espuma:** Utilizan una mezcla de agua y espuma para sofocar incendios de líquidos inflamables (figura 12).
  4. **Sistemas de Extinción por Polvo Químico:** Utilizan polvos químicos secos para suprimir incendios, comunes en instalaciones industriales.



Figura 12: Sprinklers contra incendios  
Fuente: Extintores Huelva A2J (2022).

- ✓ **Extintores Portátiles:** Extintores manuales de diferentes clases (A, B, C, D, K) colocados en áreas estratégicas para uso inmediato en caso de incendio, (figura 13).



Figura 13: Extintores De Polvo Químico Seco.  
Fuente: Tonicomsa S.A (2024).

- ✓ **Bombas contra incendios:** Son aquellas que suministran agua a alta presión a los sistemas de rociadores y mangueras, asegurando un suministro continuo de agua durante un incendio, (figura 14).



Figura 14: Bomba horizontal de carcasa partida.  
Fuente: Asociación Nacional de Protección contra Incendios (2024).

- ✓ **Fuentes de Energía de Respaldo:** Generadores y baterías que aseguran que el sistema de protección contra incendios funcione incluso en caso de un corte de energía, (figura 15).



Figura 15: Planta eléctrica a diésel  
Fuente: Plantas eléctricas LTDA (2024).

Luego de la breve descripción de los sistemas de protección contra incendios y algunos de sus componentes, se emprende una etapa de búsqueda de posibles soluciones para el diseño en cuestión. Para la obtención de la mejor solución, de allí la importancia de evaluar todas las posibles soluciones bajo diferentes criterios y compararlas entre sí con el fin de encontrar la mejor solución que garantice los objetivos planteados.

### Área de peligro.

Es el proceso de identificar y delimitar las zonas dentro de una instalación o entorno donde existe un mayor riesgo de incendio. Esto permite diseñar y colocar de manera estratégica los sistemas de detección, alarma, y supresión de incendios para maximizar su efectividad y garantizar la seguridad de las personas y propiedades.

Para la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A. se delimitó la siguiente zona o área de peligro, siendo aquella donde se realizan las actividades de carga y descarga de combustibles, en donde se ubican las boquillas o bocas de tanques y en el área designada para las tuberías de venteo (ver figura 16).



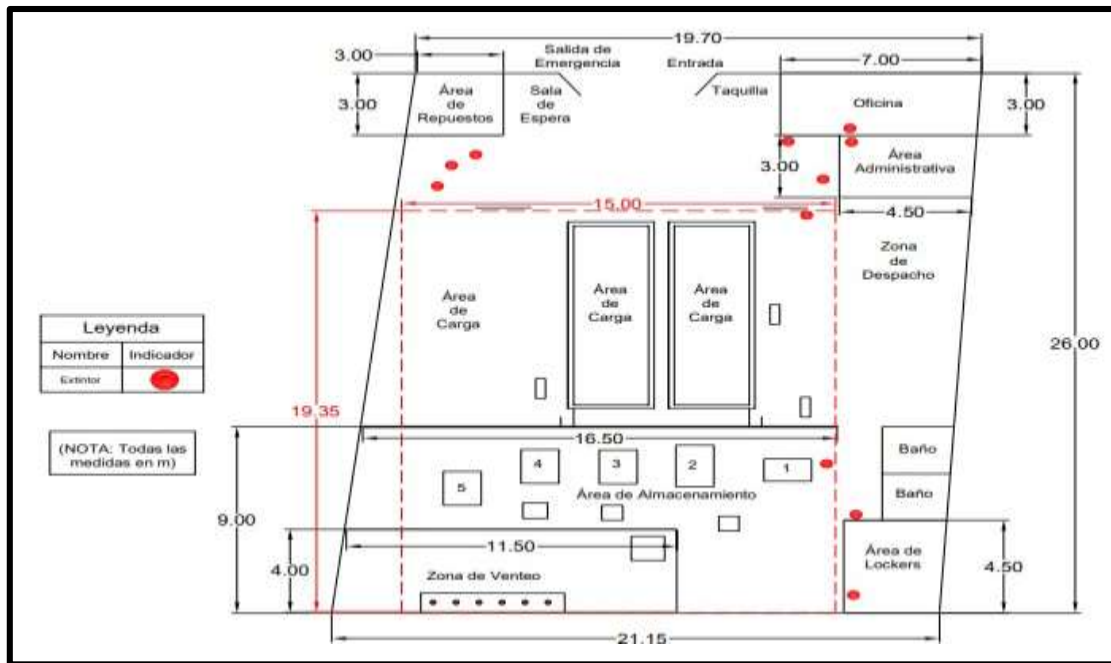


Figura 16: Área de peligro.  
Fuente: Lara. J (2024).

Se identificó esta área, señalada en color rojo, donde la probabilidad de inicio de un incendio es alta.

### Aspersores.

Este paso hace referencia al proceso de determinar cuántos aspersores o rociadores son necesarios para cubrir adecuadamente un área específica con el fin de proporcionar una protección efectiva contra incendios. La NFPA 11 establece para industrias con almacén de hidrocarburos que la cantidad de rociadores necesarios para la protección aérea con espuma se basa en centros máximos de 10 pies (3,1 m).

La norma NFPA, menciona que el área de cobertura de protección del rociador debe establecerse multiplicando la dimensión  $S$  por la dimensión  $L$ , donde

- $L$ : Distancia entre ramales con un límite de 15 pies (4,6 m).
- $S$ : Distancia entre rociadores en ramales con un límite de 15 pies (4,6 m).

Además, indica la NFPA indica que el área máxima de cobertura permitida de cualquier rociador no deberá exceder los 400 pies<sup>2</sup> (36 m<sup>2</sup>).

A continuación, se muestra el diseño detallado de los aspersores en el área de peligro dentro de la Distribuidora de Combustibles el Valle C.A. (ver figura 17).

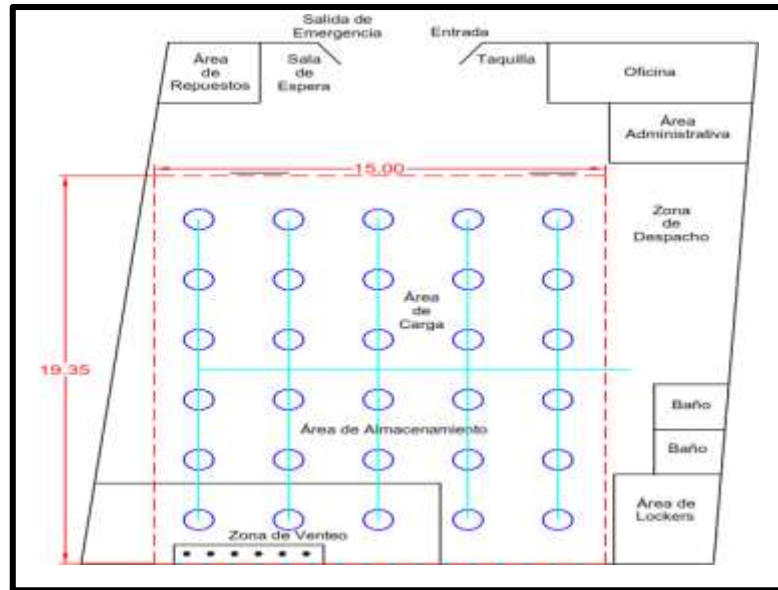


Figura 17: Distribución de aspersores en el área de peligro.  
Fuente: Lara. J (2024).

Tomando en cuenta las especificaciones de la norma NFPA, el diseño cumple con los requisitos mínimos de separación entre rociador, así como el área de cobertura de cada aspersor. Con esto se procede a la selección del tipo de aspersor que va a utilizar el sistema en cuestión.

Además, se tomó en cuenta para la altura de esta red de tuberías, la constante entrada y salida de camiones cisternas que realizan allí los procesos de carga y descarga de combustibles. Estos con una altura máxima de 4,5 m dependiendo del modelo y tamaño de la cisterna según su capacidad (ver figura 18). Es por ello, que la altura a la que se va a diseñar la red de tuberías será de 5,5 m, suficiente para el ingreso de los camiones y a su vez dentro de los rangos permitidos por la NFPA 11.

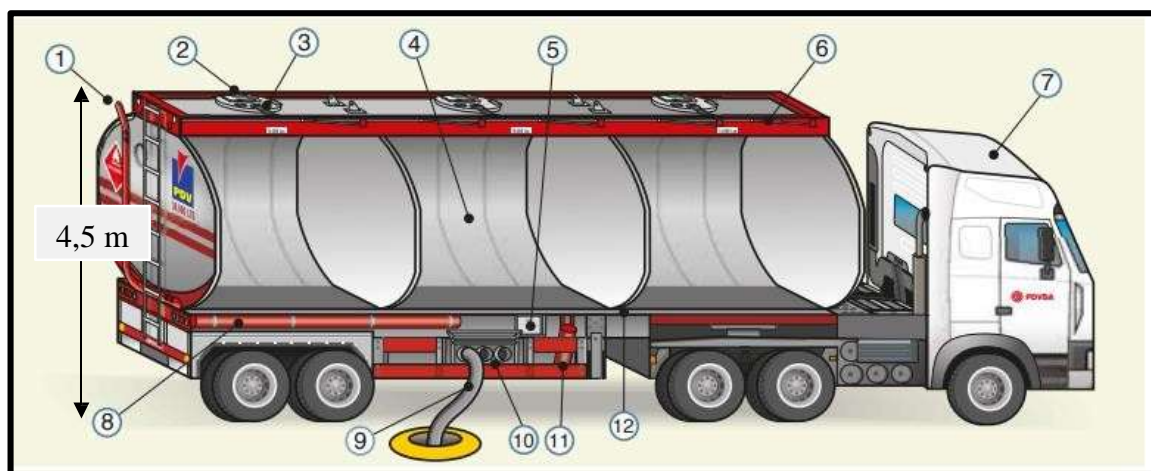


Figura 18: Altura máxima en camiones cisternas de combustibles.  
Fuente: Lara. J (2024).

## Tuberías (Agua-Espuma).

El cálculo de pérdidas en tuberías permite determinar la eficiencia y el rendimiento de los sistemas de transporte de líquidos. Estas pérdidas, que se manifiestan como una reducción de presión a lo largo de la tubería, son causadas tanto por la fricción interna del fluido con las paredes de la tubería como por las turbulencias y las obstrucciones internas. A continuación, se observa la red de tuberías principal, a la que se van a realizar los respectivos cálculos para así, hallar las especificaciones que debe tener la bomba centrífuga de agua (figura 19).

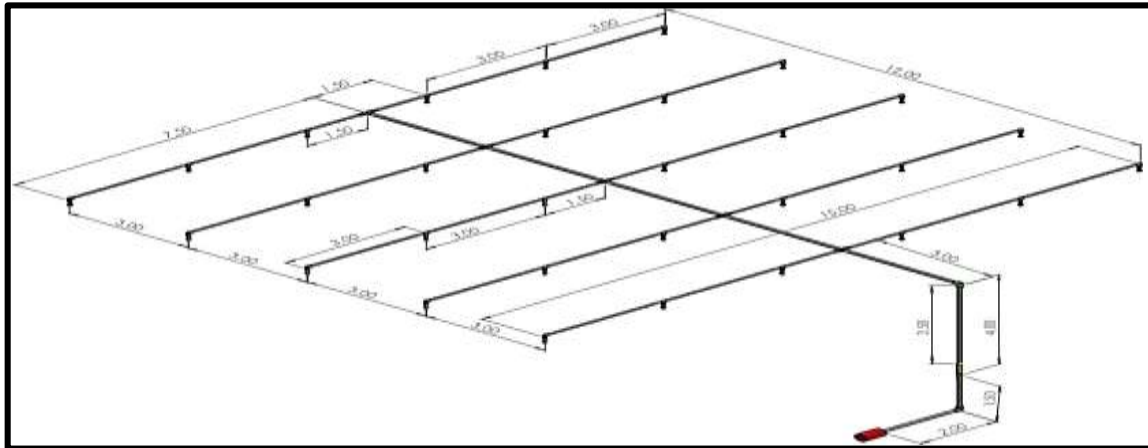


Figura 19: Sistema hidráulico principal.  
Fuente: Lara. J (2024).

Para conocer las pérdidas producidas por el sistema de tuberías principal se debe seccionar la red hidráulica mostrada en la figura anterior. Las secciones serán en base a los nodos que se encuentren en la trayectoria hasta encontrar el aspersor más lejano. Estos nodos representan partes de la tubería donde varía el valor de presión y caudal.

### Tramo A-B (D = 2")

El tramo AB de la tubería comprende desde la salida desde el aspersor más lejano hasta la salida de la tee en B. (ver figura 20)

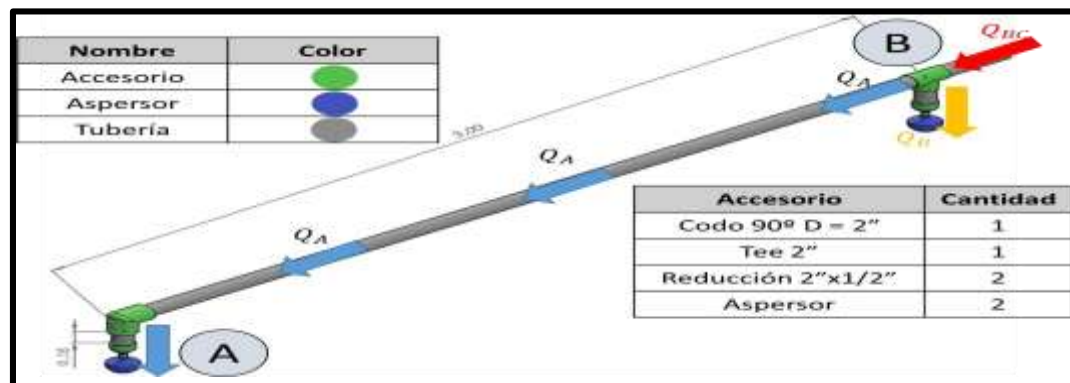


Figura 20 Tramo AB de la red de aspersores.  
Fuente: Lara. J (2024).

Se toma el estudio desde el aspersor A porque este indica la presión mínima que necesita la red, es decir, es el punto crítico del sistema. Todas las pérdidas se consideran a partir de ahí debido a que en los conductos anteriores habrá menos pérdidas por tener una menor longitud de tramo.

### Tramo J-K (D = 3")

El tramo JK comprende desde la entrada del proporcionador hasta la salida de la bomba contra incendio. (ver figura 21)

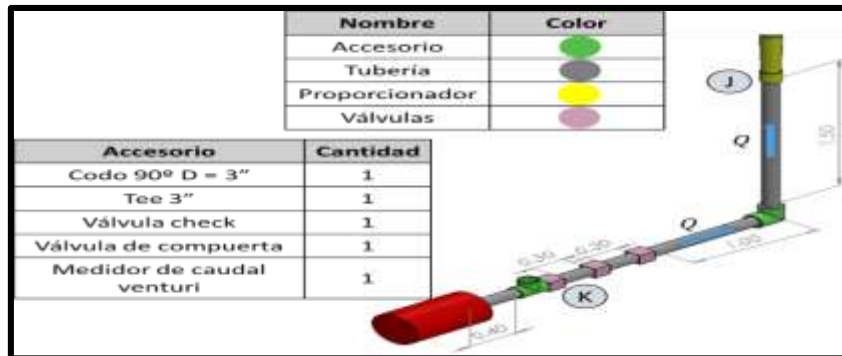


Figura 21: Tramo JK de la red de aspersores.  
Fuente: Lara. J (2024).

Las válvulas que aparecen antes del motor están puestas para mantener el control de flujo del sistema, la tee está conectado a una válvula de alivio por arriba que retorna hacia el tanque de agua, por ello no se considera para el estudio del tramo.

### Pérdidas en tuberías (Espuma).

Para que se lleve a cabo la mezcla de agua y espuma con un 3% de concentrado de este último, debe haber una red hidráulica que conecte el tanque de espuma hacia el proporcionador (red hidráulica secundaria) que es el que se encarga de hacer la proporción junto con la línea de agua (red hidráulica principal).

Para este conjunto de tuberías secundarias se van a utilizar tubos de acero inoxidable, como se mencionó anteriormente, la norma NFPA 11 separa los materiales para el sistema de agua+espuma y de únicamente espuma, y como el acero inoxidable es compatible para este último sistema será el utilizado.

A continuación, se observa la red de tuberías secundarias, a la que se van a realizar los respectivos cálculos para así, hallar las especificaciones que debe tener la bomba de desplazamiento positivo para espuma (figura 22).



incendio. Si esto llegara a suceder, se debe contar con un detector que sea óptimo, que cumpla con los requerimientos establecidos por la NFPA y, además, que se adapte a las instalaciones de la empresa, tomando en cuenta que tipo de fuego pudiese generarse.

Cuando se origina un incendio, junto al fuego aparecen una serie de fenómenos que serán identificados por los detectores de incendios y en función de cuál sea este fenómeno, se clasificará a los detectores en los siguientes tipos:

- Detectores de gases.
- Detectores de humos: lónicos, ópticos o fotoeléctricos.
- Detectores de temperatura: térmicos y térmico-velocimétricos.
- Detectores de llama: Infrarrojos (IR), ultravioleta (UV), combinados (IR/UV).
- Detectores lineales de infrarrojos.
- Cable Detector Lineal de Temperatura.

Dicho lo anterior, para la empresa Distribuidora de Combustibles El Valle, se decidió implementar detectores de llama como parte integral del sistema de detección y supresión de incendios debido a sus capacidades avanzadas y específicas en la detección temprana de llamas en entornos de alto riesgo. Los detectores de llama ofrecen una respuesta extremadamente rápida a la presencia de fuego, detectando la radiación ultravioleta (UV) o infrarroja (IR) emitida por las llamas con una alta sensibilidad y precisión, lo que es crucial en instalaciones donde los líquidos inflamables presentan un riesgo significativo de incendios.

### **Diseño del sistema de protección contra incendio con ayuda de softwares de ingeniería**

Esta fase se compone abarca todo el diseño conceptual de sistema, comenzando con la modelación 3d de los elementos que lo constituyen para luego aplicarle un análisis de fluido y así comprobar los resultados obtenidos en la fase anterior, por último, se realiza el sistema de control de cada equipo para que el sistema quede completamente automatizado, (figura 24).

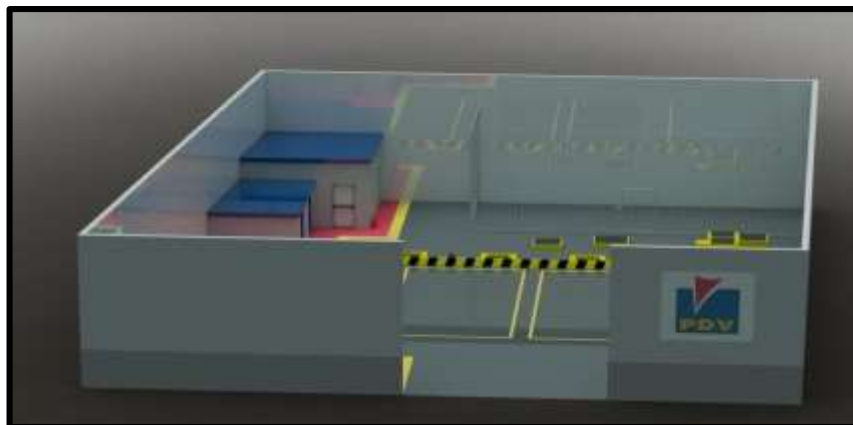


Figura 24: Galpón de la distribuidora.  
Fuente: Lara. J (2024)



Figura 25: Sistema de protección contra incendio montado en la distribuidora el valle C.A.  
Fuente: Lara. J (2024)

Por último, se muestra como quedan todos los componentes dentro del galpón de la distribuidora, como se mencionó anteriormente todos los componentes están en escala real por lo que la figura muestra cómo quedaría a implementación del sistema en la realidad (figura 26).

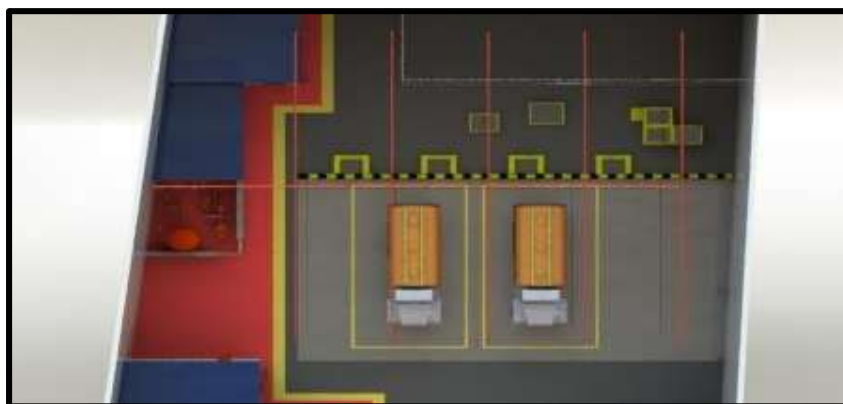


Figura 26: Vista de planta del sistema.  
Fuente: Lara. J (2024)

En esta figura se ve la vista de planta del sistema de protección contra incendio en la distribuidora, se puede apreciar toda el área de protección que abarca y como cubre eficientemente las áreas más peligrosas, que son la zona de almacenamiento de tanques y la zona de carga de camiones.

- **Viabilidad técnica:** El estudio de la viabilidad técnica suele estar vinculado al control de lo que se va a hacer; esto es, a sus características, funcionalidades y propiedades físicas y a cómo se va a hacer. Es por ello que se debe conocer cuál es el proceso de fabricación/realización, los medios técnicos necesarios, los medios humanos que van a intervenir y su cualificación, los materiales necesarios, control de calidad, entre otros. Por ende, conlleva resolver la pregunta de si es posible, desde

el punto de vista tecnológico, desarrollar eficientemente nuestros productos/servicios.

- **Viabilidad operativa.** La viabilidad operativa del sistema de protección contra incendios se centra en su capacidad para funcionar de manera eficiente y efectiva en condiciones reales. Este análisis considera la facilidad de instalación, la operatividad durante emergencias y la capacidad de respuesta del sistema. Es fundamental que el personal encargado de operar el sistema esté debidamente capacitado y que exista un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar que el sistema esté siempre en óptimas condiciones. También se deben realizar simulacros y pruebas periódicas para verificar la funcionalidad del sistema y su efectividad en diferentes escenarios de incendio.
- **Viabilidad ambiental:** El diseño de un sistema de protección contra incendios a base de espuma para una distribuidora de combustibles es viable ambientalmente por varias razones: Eficiencia en la extinción de incendios, Menor contaminación ambiental, Reducción del impacto ecológico, Cumplimiento de normativas ambientales.
- **Viabilidad económica:** Implementar un sistema de protección efectivo permite minimizar o evitar por completo los costos asociados con la pérdida de infraestructura, equipos y existencias de combustible debido a incendios. Además, los sistemas de espuma son capaces de extinguir incendios de manera rápida y efectiva, lo que ayuda a minimizar el tiempo de inactividad operativa. Esto reduce las pérdidas económicas derivadas de interrupciones en la distribución y venta de combustible, así como los costos adicionales asociados con la recuperación y reconstrucción post-incendio.

## Conclusiones.

Finalmente, se ha logrado diseñar un sistema innovador que tiene como propósito estimar y visualizar la disminución potencial del riesgo de incendio en las instalaciones de la Distribuidora de Combustibles El Valle C.A. San Cristóbal, Estado Táchira. Este enfoque novedoso proporcionó a la empresa una valiosa herramienta para evaluar y mejorar la seguridad de sus operaciones. Así como también una respuesta rápida y efectiva ante posibles incendios de hidrocarburos, lo que es un riesgo inherente de una distribuidora de combustibles. En este sentido, Al elegir un sistema de espuma, la empresa se posiciona a la vanguardia en términos de seguridad industrial, adoptando tecnologías avanzadas que ofrecen una extinción eficiente y minimizan los daños estructurales y operativos.

Además de los beneficios directos en la extinción de incendios, el sistema de protección basado en espuma contribuye significativamente a la preservación del medio ambiente. La capacidad de la espuma para controlar y evitar que un incendio se expanda, evita la dispersión de contaminantes en el suelo y las fuentes de agua cercanas, protegiendo los ecosistemas locales. En esa misma línea, al utilizar formulaciones de espuma más ecológicas como es el caso de la espuma Proteica al 3%, El Valle C.A; demuestra su compromiso con prácticas sostenibles y responsables, alineándose con las crecientes demandas de regulación ambiental y responsabilidad



corporativa.

## Recomendaciones.

Algunas recomendaciones que están diseñadas para mejorar la eficacia del sistema de protección contra incendios a base de espuma y para asegurar la seguridad y protección de las instalaciones y del personal de la Distribuidora de Combustible El Valle C.A.

- Realizar inspecciones y pruebas regulares del sistema de protección contra incendios para asegurar que todos los componentes estén en perfecto estado de funcionamiento. Las inspecciones deben incluir pruebas de los generadores de espuma, las tuberías y las boquillas de descarga.
- Implementar programas de capacitación continua para el personal en el uso y mantenimiento del sistema de protección contra incendios. Asegurarse de que todos los empleados sepan cómo activar el sistema y qué hacer en caso de un incendio.
- Revisar y actualizar periódicamente los protocolos de seguridad contra incendios, asegurando que estén alineados con las últimas normativas y mejores prácticas de la industria.

## Referencias.

- AB Seguridad. (2024). Servicios de seguridad y antiincendio. Protección contra incendio <https://www.abseguridad.com/proteccion-contra-incendios/>
- Alcarráz L. (2020). Análisis y diseño hidráulico optimizado de un sistema de protección contra incendio por enfriamiento y sofocación para tanques verticales de almacenamiento de hidrocarburos líquidos en la planta terminal Juliaca. Trabajo de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta Edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Brijaldo E. (2020). Diseño de una máquina llenadora para fluidos viscosos. Trabajo de grado. Universidad José Antonio Páez, Venezuela.
- Catari M. (2023). Diseño del sistema de protección contra incendios para los tanques de almacenamiento de Jet Fuel 212 y 214 de la planta de Senkata – Ypfb. Trabajo de grado. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Díaz K y D'ugard B (2023). Diseño de un sistema para reducir el riesgo de incendio en los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables de capacidad de 250 m3 en la planta de Sefrel Ingenieros – Lima. Trabajo de grado. Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.
- Klinoff, R. (1997). En "Introduction of Fire Protection". Nueva York: Delmar Publishers (Ed. Literaria).
- National Fire Protection Association. (2005). NFPA 11: Norma Para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión. Quincy, Massachusetts.
- National Fire Protection Association. (2012). NFPA 30: Código de Líquidos inflamables y Combustibles. Quincy, Massachusetts.
- Muñoz, C (2017). Metodología de la Investigación. 3ª ed. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A. Ciudad de México, México:
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna. 5ta edición. Pearson Educación. Madrid, España.
- Palella y Martins, (2006). Metodología de la investigación cuantitativa. 2da edición. Editorial Fedupel. Caracas, Venezuela.