

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE DILUVIO DEL
TERMINAL MARINO DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO Y
DESPACHO JOSE (PFDJ)**

Realizado por:

MARIA VERONICA GONZALEZ FERMIN

Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente Como

Requisito Parcial para Optar al Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Barcelona, febrero de 2025

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE DILUVIO DEL
TERMINAL MARINO DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO Y
DESPACHO JOSE (PFDJ)**

Revisado y Aprobado por:

Prof. Lino Camargo
Asesor Académico

Ing. José Luis Rojas
Asesor Industrial

Barcelona, febrero de 2025

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE DILUVIO DEL
TERMINAL MARINO DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO Y
DESPACHO JOSE (PFDJ)**

JURADO

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

**Prof. Lino Camargo
Asesor Académico**

**Prof. Darwin Bravo
Jurado Principal**

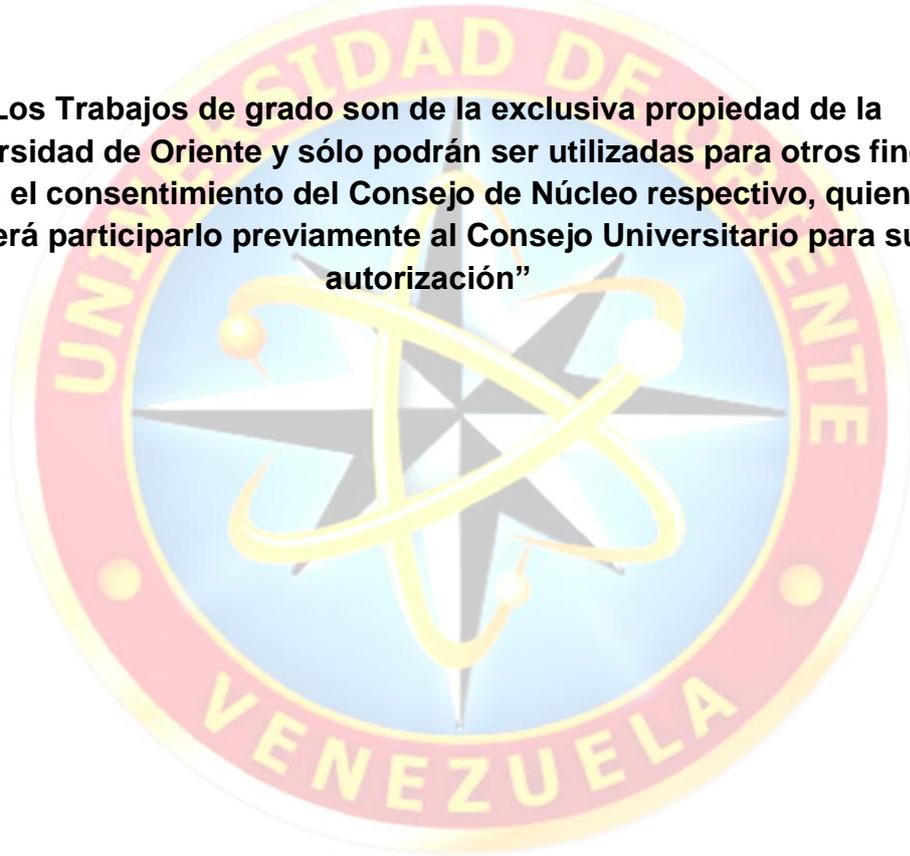
**Prof. Félix Payares
Jurado Principal**

Barcelona, febrero de 2025

RESOLUCION

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizadas para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”



DEDICATORIA

A Dios primeramente, por siempre acompañarme. Guiarme y darme las fuerzas para alcanzar este objetivo.

A mis padres, Iramis y Miguel, que son mis motores, por su amor, esfuerzo y enseñanzas, que me han guiado siempre. Espero que este logro sea un reflejo de todo lo que me han dado y que se sientan orgullosos de mí.

A mi esposo, Luis Gil, por su amor incondicional, comprensión, por estar a mi lado en todo momento, y creen en mi siempre.

A mi familia, por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida. Ustedes son mi inspiración para seguir adelante.

Mi mayor deseo es que este logro los llene de orgullo tanto como a mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar esta meta.

A mis padres, por su confianza, sacrificios y ejemplo de perseverancia.

A mis tutores, por su orientación y paciencia a lo largo de este proceso, y a los profesores que me brindaron su conocimiento durante la carrera.

A mi esposo, gracias por su amor, y por hacerme sentir que todo es posible. Gracias por ser la mejor compañía y el mejor apoyo que podría tener.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo y compañía en los momentos más desafiantes.

Agradezco a mis compañeros desde el inicio, Luis y Valeria, sin ustedes no me imagino cómo habría sido este camino y me siento sumamente agradecida por su apoyo y compañía.

Agradezco a los profesores por su dedicación y vocación en brindarnos todos los conocimientos necesarios a lo largo de la carrera.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de este trabajo.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo proponer mejoras en el Sistema de Diluvio del Terminal Marino de la planta de fraccionamiento y despacho Jose (PFDJ). Para ello, se realizó un diagnóstico de la situación actual del sistema, donde se conformó un equipo natural de trabajo para el mejor análisis de estos resultados. Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de funcionamiento y un análisis de modos y efectos de falla. Estos estudios determinaron que el principal componente afectado son las tuberías de los ramales del sistema de diluvio, donde están instalados los rociadores de bronce tipo abierto. Se evidenció un taponamiento significativo en las tuberías, lo que interfiere con la salida de agua a través de los rociadores. Debido al avanzado deterioro de las tuberías, se tomaron muestras para su estudio. Al aplicar un corte transversal, se encontró una acumulación considerable de depósitos, bloqueando aproximadamente el 80 % del área interna. Se realizaron pruebas a estos depósitos para evaluar la integridad mecánica de las tuberías, identificando como principales causas del taponamiento la acumulación de residuos por degradación, contaminación y procesos corrosivos. En función de estos hallazgos, se planteó una propuesta de mejoras para restablecer la operatividad del sistema y garantizar la protección del Terminal Marino. La acción prioritaria es el reemplazo total del sistema de tuberías con cambio de material a tuberías de plástico reforzado con fibra de vidrio, lo cual cumple con los estándares expuestos en la normativa PDVSA EM-18-11/07. De igual manera, en la propuesta se incluye la implementación de medidas de mantenimiento correctivo en componentes afectados y tareas de mantenimiento preventivo.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCION	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE TABLAS	xvii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I.....	21
EL PROBLEMA.....	21
1.1. Planteamiento del Problema	21
1.2. Objetivos	23
1.2.1. Objetivo General.....	23
1.2.2. Objetivos Específicos	23
1.3. Justificación de la investigación	23

1.4. Generalidades de la empresa PDVSA Gas.....	24
1.4.1. Reseña Histórica de PDVSA Gas.....	24
1.4.2. Ubicación Geográfica	26
1.4.3. Misión, Visión y Objetivos de la empresa	27
1.4.4. Proceso Productivo	27
1.4.5. Estructura organizacional de la empresa	29
1.4.6. Unidades de Procesos	29
CAPITULO II.....	30
MARCO TEÓRICO	30
2.1. Antecedentes de la investigación.....	30
2.2. Fundamentos Teóricos	32
2.2.1. Incendio	32
2.2.2. Clases de fuego	33
2.2.3. Elementos de detección y alarma de incendios	33
2.2.4. Sistemas de extinción de incendios	34
2.2.4.1. Componentes de un sistema de extinción de incendios	35
2.2.4. Sistemas de Rociadores	40
2.2.5. Sistemas de diluvio	42
2.2.6. Corrosión	43

2.2.7. Tipos de corrosión	44
2.2.8. Integridad Mecánica.....	45
2.2.9. Mantenimiento	45
2.2.10. Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)	46
2.2.10.1. Beneficios de la aplicación del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF).	47
CAPITULO III	49
MARCO METODOLÓGICO	49
3.1. Tipo de investigación	49
3.1.1. Según la estrategia.....	49
3.1.2. Según su propósito	50
3.1.3. Según el nivel de conocimiento	50
3.2. Población y muestra	50
3.2.1. Población.....	50
3.2.2. Muestra	50
3.3. Técnicas de recolección de datos	51
3.3.1. Revisión documental	51
3.3.2. Entrevistas no estructuradas	51
3.3.3. Observación directa.....	51
3.4. Técnicas de análisis de datos	52

3.4.1. Tablas.....	52
3.4.2. Graficas, figuras y diagramas.....	52
3.4.3. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	52
3.5. Etapas de la investigación	52
3.5.1. Etapa I: Revisión documental.....	53
3.5.2. Etapa II: Descripción del contexto operacional del sistema de diluvio del Terminal Marino.....	53
3.5.3. Etapa III: Determinación de las causas por las cuales se presentan las fallas en los equipos del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ por medio de un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF)....	53
3.5.4. Etapa IV: Realización de pruebas para determinar la integridad mecánica del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.....	54
3.5.5. Etapa V: Efectuación de la propuesta de mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.....	54
CAPITULO IV.....	55
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	55
4.1. Descripción del contexto operacional del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.	55
4.1.1. Estación de bombeo principal de la planta	56
4.1.2. Área del Terminal Marino	58
4.1.3. Elementos que conforman el sistema anti incendios del Terminal Marino	58
4.1.3.1. Estación de Bombeo del Terminal Marino.....	59
4.1.3.2. Sistema dosificador de espuma	61

4.1.3.4. Monitores Elevados	63
4.1.3.5. Cañones de agua	64
4.1.3.6. Misceláneos	65
4.1.3.7. Sistema de detección de fuego	66
4.1.3.8. Sistema de Diluvio debajo de la plataforma	66
4.1.4. Diagnostico de la situación actual del Sistema de Diluvio	71
4.1.5. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio bajo la plataforma.	79
4.2. Determinación de las causas por las cuales se presentan fallas por medio de un análisis del modo y efectos de fallas (AMEF).....	82
4.2.1. Descripción del formato usado para la elaboración del AMEF.	82
4.2.2. Realización del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)	83
4.3. Pruebas para determinar la integridad mecánica del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.	92
4.3.1. Análisis por Energía Dispersiva de Rayos X	95
4.3.2. Análisis de difracción de rayos X.....	100
4.3.3. Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) a los depósitos adheridos a la superficie interna de la tubería.....	102
4.3.4. Espectroscopia de emisión óptica para determinar de la composición química del material.	103
4.3.5. Análisis físico-químico del agua del proceso.....	105
4.3.6. Análisis de Resultados	106
4.4. Propuesta de mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino..	108
4.4.1. Propuesta correctiva.....	110

4.4.2. Plan de mantenimiento preventivo	114
CAPITULO V.....	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
5.1. Conclusiones	118
5.2. Recomendaciones	119
BIBLIOGRAFÍA.....	121
ANEXOS.....	123
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación Geográfica del CCO. Fuente: PDVSA.....	26
Figura 1.1. Proceso de Fraccionamiento del LGN. Fuente: PDVSA.....	28
Figura. 1.3. Estructura Organizacional PDVSA Gas	29
Figura 2.1. Partes de un rociador anti incendios. Fuente: [5].....	38
Figura 2.2. Comparación entre rociadores automáticos y rociadores abiertos	39
Figura 2.3. Tipos de rociadores según la orientación de su instalación... 39	
Figura 4.1. Esquema de distribución de agua contra incendio en el Terminal Marino.....	55
Figura 4.2. Estación de bombeo principal del Sistema de Agua contra Incendios de la PFDJ. Al fondo los tanques de almacenamiento de agua D5-72601/02.	56
Figura 4.3. Diagrama del SACI.	57
Figura 4.5. Vista del Terminal Marítimo de carga.	58
Figura 4.6. Estación de bombeo del Terminal Marino.....	61
Figura 4.7. Plataforma donde se encuentra ubicado el tanque de espuma D8-90920 y la bomba del tanque D3-90920.	62
Figura 4.8. Equipo dosificador de espuma.....	62
Figura 4.9. Tuberías que salen desde el equipo dosificador de espuma hasta la plataforma de carga.....	63
Figura 4.10. Monitores elevados que protegen los brazos de carga.....	64
Figura 4.11. Cañones de agua operados manualmente	64
Figura 4.12. Estaciones para conexión de mangueras.	65
Figura 4.13. Extintores de incendio ubicados en el muelle.	65
Figura 4.14. Detector UV de fuego.	66
Tabla 4.2. Distribución de las tuberías del sistema de diluvio debajo de la plataforma. Fuente: Propia	67
Figura 4.15. Esquema del sistema de diluvio del Terminal Marino.	69

Figura 4.16. Vista del sistema de diluvio debajo de la plataforma de los muelles.	70
Figura 4.17. Rociadores del sistema de diluvio.....	71
Figura 4.18. Ausencia y rotura de rociadores.	73
Figura 4.19. Ausencia de rociador, sedimentos en el interior y depósitos orgánicos en el exterior.....	73
Figura 4.21. Visible corrosión en las tuberías.	74
Figura 4.22. Visible corrosión en las tuberías	75
Figura 4.23. Perdida de anclaje de las tuberías.....	75
Figura 4.24. Presencia de depósitos orgánicos en las superficies externas de las tuberías	76
Figura 4.25. Corrosión en las tuberías y acoples.....	76
Figura 4.26. Boca de visita abierta del tanque D9-90920, observándose corrosión severa	78
Figura 4.27. Estado actual de la espuma contenida en el tanque D9-90920.	78
Figura 4.28. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio, donde se evidencia la falta de generación del efecto neblina.....	80
Figura 4.29. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio	80
Figura 4.30. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio	81
Figura 4.31. Secciones de muestra de tuberías pertenecientes al sistema de diluvio ubicado en el terminal marino.....	93
Figura 4.32. Sección de muestra n°1. Zona de empalme con el rociador.	94
Figura 4.33. Corte transversal de la muestra de tubería. Fuente: PDVSA-INTEVEP. (2024)	94
Figura 4.34. Corte transversal de la muestra de tubería.....	95
Figura 4.34. Detalle del Espectro EDS obtenido de los depósitos oscuros abundantes y de baja adherencia en la parte interna de los tubos	97
Figura 4.36. Detalle del Espectro EDS aplicado a los depósitos adyacentes a la superficie metálica de los tubos.	100

Figura 4.37. Estudio de Microscopio Electrónico de Barrido..... 103

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Formato modelo para la aplicación del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF).....	47
Tabla 4.1. Componentes del sistema de agua contra incendio ubicado en el terminal marino.	59
Tabla 4.2. Distribución de las tuberías del sistema de diluvio debajo de la plataforma.....	67
Tabla 4.3. Equipo Natural de Trabajo.	72
Tabla 4.4. Análisis de modos y efectos de fallas para los rociadores del sistema de diluvio. Fuente: Propia. (2024).....	84
Tabla 4.5. Continuación del AMEF para los rociadores del sistema de diluvio. Fuente: Propia. (2024).....	85
Tabla 4.6. Continuación del AMEF para los rociadores del sistema de diluvio. Fuente: Propia. (2024).....	86
Tabla 4.7. Análisis de modos y efectos de fallas para las tuberías del sistema de diluvio. Fuente: Propia. (2024).....	87
Tabla 4.8. Continuación del análisis de modos y efectos de fallas para las tuberías del sistema de diluvio. Fuente: Propia (2024).....	88
Tabla 4.9. Resumen resultados AMEF.	90
Tabla 4.10. Resultados del análisis por energía dispersiva de Rayos X en los depósitos de color marrón oscuro. Fuente: INTEVEP. (2024).....	96
Tabla 4.12. Resultados del análisis semi-cuantitativo por energía dispersiva de Rayos X, aplicado a las zonas adyacentes a la superficie metálica. ..	99
Tabla 4.13. Composición química del material de fabricación de las tuberías del sistema de diluvio.....	104
Tabla 4.14. Composición química del agua de servicio del sistema SACI de la muestra tomada en el drenaje de los rociadores del muelle.	105
Tabla 4.15. Cuadro comparativo entre el material propuesto (Plástico reforzado con fibra de vidrio) y el Acero al Carbono	111

Tabla 4.16. Establecimiento de tareas de mantenimiento con la frecuencia en la que debe realizarse cada una. 116

INTRODUCCIÓN

Los sistemas contra incendios son fundamentales en cualquier instalación industrial, ya que tienen el propósito de prevenir, detectar y controlar incendios de manera eficiente, protegiendo tanto a las personas como a los bienes materiales. Estos sistemas incluyen diversas tecnologías, como rociadores, mangueras, alarmas y sistemas de diluvio.

La Planta de Fraccionamiento y Despacho José, ubicada en el Complejo Petroquímico José Antonio Anzoátegui, tiene como función principal la explotación y aprovechamiento del gas natural como fuente de energía. A través de un proceso de fraccionamiento, el gas se convierte en productos terminados, los cuales son almacenados y posteriormente despachados al mercado nacional e internacional, siendo una de las vías de distribución el terminal marino de la planta.

Para la protección de sus instalaciones, la planta cuenta con un sistema contra incendios diseñado para resguardar todas las áreas operativas. Sin embargo, dicho sistema presenta fallas en su funcionamiento, especialmente en el área del muelle, donde se encuentra instalado un sistema de diluvio compuesto por una red de tuberías y rociadores estratégicamente ubicados para proteger la plataforma en caso de incendio por derrame de hidrocarburos y prevenir su colapso.

Ante las deficiencias operativas detectadas en el sistema de diluvio del terminal marino, se ha desarrollado una propuesta de mejoras basada en acciones correctivas y actividades preventivas. Para su formulación, se llevó a cabo un procedimiento que incluyó el análisis del contexto operacional, el diagnóstico de las condiciones actuales de los componentes del sistema, la determinación de las causas de fallas mediante un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y la realización de pruebas para

evaluar la integridad mecánica del principal componente afectado. Con base en los resultados obtenidos, se identificaron las causas raíz de las fallas, lo que permitió diseñar una propuesta orientada a restablecer la operatividad del sistema.

El trabajo está estructurado por cinco (5) capítulos, los cuales se definen a continuación:

Capítulo I. El Problema: Se contextualiza la problemática que motiva la investigación, estableciendo los objetivos para su resolución.

Capítulo II. Marco Teórico: Se presentan los antecedentes de la investigación y la fundamentación teórica que respalda el estudio.

Capítulo III. Marco Metodológico: Se definen los aspectos metodológicos a seguir, determinando el tipo de investigación, así como las técnicas de recolección y análisis de datos.

Capítulo IV. Desarrollo: Se aborda el desarrollo de los objetivos planteados en el capítulo I, culminando con la propuesta de mejoras, la cual constituye el objetivo general del estudio.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones: Se presentan las conclusiones derivadas del estudio, junto con una serie de recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con la temática.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

PDVSA Gas, S.A es una filial de PDVSA constituida en el año 1998, actualmente se encarga de ejecutar los procesos de explotación y aprovechamiento del gas natural para ser utilizado como fuente de energía, siendo de gran importancia para el desarrollo del país. Una de sus sedes operativas se encuentra en el estado Anzoátegui, específicamente en el complejo petroquímico e industrial “General de División José Antonio Anzoátegui” (CJAA), ubicado entre las ciudades de Puerto Píritu y Barcelona, este complejo fue inaugurado el 14 de agosto de 1990 y consta de una instalación industrial con la capacidad de procesar 950 millones de pies cúbicos diarios de gas natural.

La Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose (PFDJ), forma parte del CJAA, inició sus operaciones en el año 1985, en esta planta se fraccionan los líquidos provenientes de las Plantas de Extracción: San Joaquín, Santa Bárbara y Jusepín, luego de ser fraccionados se convierten en productos terminados y son almacenados para posteriormente ser despachados al mercado nacional e internacional. Las instalaciones de la PFDJ se encuentran clasificadas a través de las siguientes áreas de procesos: Instalaciones de entrada (área 440), Trenes de fraccionamiento de LGN (áreas 250, 260 y 100), Área de servicios (área 270), Sistema de refrigeración y almacenaje de productos (área 380) y despacho de productos a través del muelle (área 590).

El Terminal Marino o área 590 está compuesto de una zona de carga comprendida por dos muelles y brazos de carga conectados a las tuberías de carga, recirculación y retorno de productos, adicional a esto cuenta con

un sistema de agua contra incendios como servicio auxiliar de seguridad, el cual contiene un sistema de bombeo y un sistema de rociado de agua y espuma, también llamado sistema de diluvio. El sistema de diluvio del Terminal Marino es el encargado de proteger el área de los muelles, su diseño varía con respecto a los instalados en los Tanques y esferas del resto de la planta ya que sus rociadores se colocan verticalmente y están ubicados de tal manera que abarquen con rociado de agua toda la plataforma.

Desde hace aproximadamente 10 años en la PFDJ al momento de que el personal de mantenimiento y operaciones lleva a cabo las pruebas rutinarias realizadas en el sistema de agua contra incendio (SACI), a través de estas se ha venido evidenciando taponamiento de los rociadores de los sistemas de diluvio, acentuándose gravemente el problema en el área del Terminal Marino, específicamente en los muelles, de un universo de doscientos dieciséis (216) rociadores, aproximadamente ciento cuarenta (140) no funcionan adecuadamente, lo que representa aproximadamente el 65% de dispositivos en falla, debido a una obstrucción en las líneas, esto se atribuye a la presencia de depósitos generados por un proceso de corrosión. Al estar taponados algunos de los rociadores se están desprotegiendo los activos de la planta de Fraccionamiento y Despacho Jose, ya que se reduce el campo de acción del agua, aumentando así la posibilidad una falla catastrófica.

A raíz de lo anteriormente expuesto, es necesario proponer mejoras en el sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ, para ello se describirá el contexto operacional del sistema de diluvio, de igual manera se determinaran las causas por las cuales se presentan las fallas en el sistema de diluvio de la PFDJ mediante un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF), así como también se realizaran pruebas para determinar la

integridad mecánica de dicho sistema, para así finalmente realizar la propuesta de mejoras al sistema de diluvio.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ debido a las fallas ocurridas por corrosión en las tuberías

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Describir el contexto operacional del sistema de diluvio en el Terminal marino de la PFDJ.
2. Determinar las causas por las cuales se presentan las fallas en los equipos del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ por medio de un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF).
3. Realizar pruebas para la determinación de la integridad mecánica del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.
4. Efectuar propuesta de mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.

1.3. Justificación de la investigación

La seguridad y la protección contra incendios, es tan importante como cualquier otro aspecto a nivel de la empresa. La acumulación de gases, combustibles, fluidos inflamables y condiciones estructurales que dificultan la intervención, hacen necesario tomar conciencia con respecto a la importancia del óptimo funcionamiento del sistema contra incendios en este tipo de instalaciones.

Afortunadamente, hasta los momentos no ha sido necesario utilizar los sistemas de diluvio para controlar un incendio, y solo se les ha detectado irregularidades al momento de realizar las inspecciones rutinarias, sin

embargo, se maneja un alto riesgo debido a que no existe certeza de que los sistemas cumplan su función al momento de ser requeridos, es por esto que la investigación es de gran utilidad para encontrar los correctivos posibles que permitan la solución de la problemática que presenta el sistema contra incendios del Terminal Marino, de esta manera será posible garantizar la seguridad y protección necesaria ante cualquier contingencia, asegurando las vidas humanas del personal que labora en la PFDJ, así como los bienes materiales que la conforman.

1.4. Generalidades de la empresa PDVSA Gas

1.4.1. Reseña Histórica de PDVSA Gas

Petróleos de Venezuela S.A. (P.D.V.S.A) es una empresa propiedad del estado Venezolano, regida por la ley organiza que reserva al estado la industria y el comercio de los hidrocarburos. Esta empresa es la encargada del desarrollo de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera. Entre sus principales funciones están la planificación, coordinación, supervisión y control de las actividades de sus empresas operadoras y filiales. Fue creada el 30 de agosto de 1975 bajo el decreto ejecutivo N° 1.123, un día después de la promulgación de la ley de nacionalización del petróleo. Comenzó su funcionamiento como casa matriz de la industria petrolera el 1° de Enero de 1976.

Al momento de su creación en 1976, PDVSA estaba formada por 14 filiales. CORPOVEN, filial de PDVSA bajo la cual comenzó a operar la planta de Fraccionamiento y Despacho Jose, inicia sus operaciones el 28 de noviembre de 1978. Durante 22 años, la estructura y organización de PDVSA estuvo conformada por tres operadoras integradas verticalmente (CORPOVEN, LAGOVEN y MARAVEN) hasta 1998, fecha en la cual la

empresa pone en marcha sus operaciones en función del nuevo esquema empresarial que da lugar a una transformación de su organización original.

Del nuevo esquema empresarial de PDVSA que surge en 1998, nace PDVSA Petróleo y Gas, de la cual se derivan tres grandes filiales: PDVSA Exploración y producción, PDVSA manufactura y mercadeo y PDVSA Servicios. Posteriormente, de PDVSA Petróleo y Gas surge PDVSA Gas

como la empresa de gas para el desarrollo de esta área de la empresa. Desde su creación, PDVSA Gas ha focalizado el negocio del gas dando el paso fundamental para su apertura a través del decreto 2532 publicado en gaceta oficial del 28 de mayo de 1988.

1.4.2. Ubicación Geográfica

Uno de los puntos operacionales de PDVSA Gas se sitúa en la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose, esta opera en el Complejo Criogénico de Oriente, ubicado en la carretera entre el municipio Peñalver (Puerto Píritu) y el municipio Bolívar (Barcelona) en la zona sur del estado Anzoátegui. El CCO está integrado a su vez por las plantas de extracción de San Joaquín (ubicada a 12 km de la ciudad de Anaco), y Santa Bárbara (al noroeste del estado Monagas) (Ver Fig. 1.1)



Figura 1.1. Ubicación Geográfica del CCO.

Fuente: PDVSA

1.4.3. Misión, Visión y Objetivos de la empresa

Misión

Fraccionar, almacenar y despachar los Líquidos del Gas Natural (LGN) de manera segura, oportuna, confiable y en calidad, aplicando las mejores prácticas a nivel mundial, con talento humano competente, dentro de un entorno organizacional favorable en armonía con el ambiente, para aportar el máximo valor estratégico a la nación.

Visión

Alcanzar niveles mundiales de excelencia gerencial y técnicas que valoricen el negocio de los Líquidos del Gas Natural para contribuir en forma sostenida al desarrollo socio-económico del país.

Objetivos

- Cumplir con el pronóstico de producción establecido
- Garantizar la extracción, fraccionamiento y despacho de los Líquidos de Gas Natural de manera eficiente.
- Enfoque en la mejora continua de los procesos
- Formar el talento humano necesario para cumplir con la producción.

1.4.4. Proceso Productivo

Los procesos principales que realiza PDVSA Gas en el Complejo Criogénico de Oriente (CCO), son los de extracción y fraccionamiento. Se utiliza como insumo el gas natural y se obtienen como productos gas seco y líquido del gas natural. La alimentación a la planta de fraccionamiento y despacho Jose es la suma del producto LGN total que proviene de las plantas de extracción, estos son transportados en poliductos. El complejo cuenta con 312 kilómetros de poliductos.

El proceso de fraccionamiento del LGN (Ver Fig. 1.2) recibido en la PFDJ comienza en la despropanizadora. En esta se separa el propano por el tope de la torre con una pureza de un 96%, y por el fondo una mezcla con el resto de los componentes del LGN y esta mezcla pasa a la desbutanizadora de la cual se obtienen Iso y Normal-Butano que se separan por el tope y servirán a su vez como alimentación a la separadora de butano, la cual está diseñada para proveer un producto Iso-Butano con una pureza mínima de 96% y Normal-Butano con una pureza mínima del 95%.

La fraccionadora de gasolina procesa el fondo de la desbutanizadora para obtener el producto gasolina en el tope, y en el fondo residuos pesados. Al salir de fraccionamiento los productos mencionados anteriormente van a almacenaje, este se realiza de dos formas: a) a presión atmosférica y baja temperatura y b) a temperatura ambiente y alta presión. Los productos obtenidos deben cumplir con las especificaciones requeridas en los mercados internacionales y ser de una pureza optima, estos son despachados por el Terminal Marino para el comercio nacional e internacional (por este medio se despacha un 76% de los productos fraccionados el LGN).

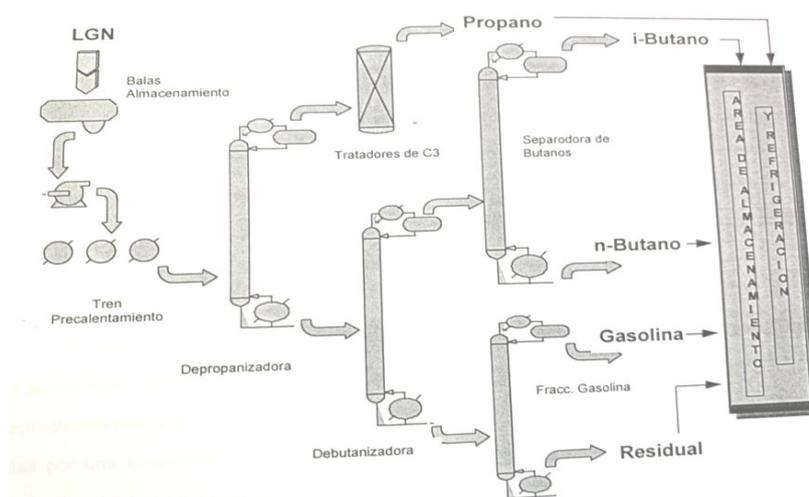


Figura 1.1. Proceso de Fraccionamiento del LGN.

Fuente: PDVSA

1.4.5. Estructura organizacional de la empresa

En la Fig. 1.3 se muestra el esquema organizacional que conforma la empresa PDVSA Gas.

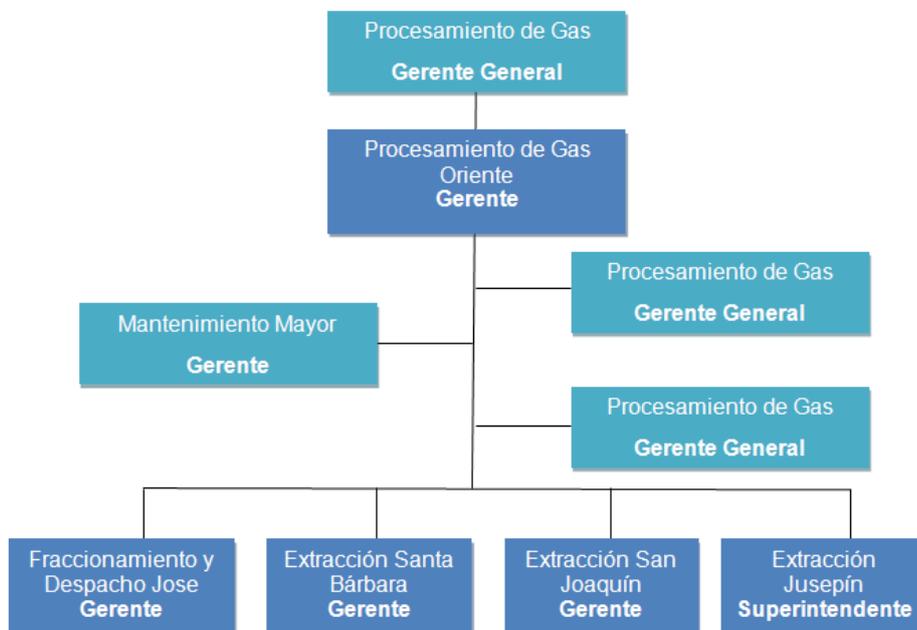


Figura. 1.3. Estructura Organizacional PDVSA Gas.

Fuente: Manual de Gestión de calidad. Gerencia de Fraccionamiento y Despacho Jose.

1.4.6. Unidades de Procesos

La PFDJ opera con las siguientes unidades: instalaciones de entrada a la planta de fraccionamiento, despropanizadora, desbutanizadora, separadora de butanos, fraccionadora de gasolina, sistema de refrigeración, sistema de aceite de calentamiento, sistema de agua contra incendios, generación de energía eléctrica y sala de control. Su clasificación es a través de las siguientes áreas: Instalaciones de entrada (área 440), Trenes de fraccionamiento de LGN (áreas 250, 260 y 100), Área de servicios (área 270), Sistema de refrigeración y almacenaje de productos (área 380) y despacho de productos a través del muelle (área 590).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En seguida se muestran los resúmenes de los trabajos de grado que contribuirán con información primordial para el desarrollo del presente proyecto:

En el año 2018, De Jesús, A y Dos Santos, L. [1], realizaron una propuesta de sistematización de las normas de sistemas de extinción de incendios para edificaciones en Venezuela, esto lo hacen a partir de enfoques que ayuden a comprender e interpretar fenómenos del área de estudio, aplicando una metodología cualitativa para la comparación entre las normas COVENIN vigentes en Venezuela, las cuales se presumen están desactualizadas, y las normas de la NFPA, las cuales han sido actualizadas hasta el año 2019. Para ello realizaron 8 procesos de sistematización en la investigación, tomando en cuenta las categorías más importantes en la protección de vidas humanas y propiedades, el tercer proceso se basó en las normas relacionadas con el “Diseño de sistemas de rociadores”, y es considerado el más importante dentro de la investigación ya que es el sistema más utilizado por su efectividad. A su vez, en su quinto proceso de sistematización, se refieren al análisis de las normas relacionadas con “Redes de distribución de agua” y su importancia de realización es la necesidad de cumplir los requisitos que exige una red de distribución de agua contra incendio, y conocer las características de las tuberías seleccionadas. Finalmente sintetizaron todas las normas que tienen relación con el tema de extinción de incendios, y seleccionaron 14 normas para los procesos de sistematización, llegaron a la conclusión de que las normas COVENIN no han realizado desde hace 15 años estudios estadísticos ni científicos teniendo como consecuencia contenidos

limitados. Hicieron uso de la metodología de Acosta L. en FAO para lograr clasificar y elaborar los procesos de sistematización. A través de estos procesos, se mejora la práctica del uso de la información técnica de los artículos utilizados, disminuyendo así el tiempo de búsqueda y estableciendo un orden de los procesos para los profesionales. Este trabajo aportará información acerca de las normas NFPA.

En el año 2015, Petersen, C. [2]. Realizó el diseño de un programa de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo del sistema hidráulico contra incendio de la universidad Politécnica Salesiana en Guayaquil, Ecuador, basado en NFPA 25. Para ello se identificó y se desarrollaron los procedimientos necesarios para el mantenimiento, inicialmente se realizaron pruebas e inspecciones del sistema contra incendios. Luego se analizó la información acerca de todos los equipos, estructuras, presión y caudales de trabajo, tipos de válvulas, tuberías y rociadores, entre otros, para finalmente a través de esta información armar modelos de mantenimiento y sus frecuencias basadas en datos reales. En este trabajo se analizaron los requerimientos y especificaciones necesarias para el correcto funcionamiento de los sistemas de bombeos y distribución de agua, así como los sistemas de rociadores tomando como base los estándares impuestos por la NFPA, determinando que el mantenimiento preventivo es una de las partes más importantes del programa debido a que con este se evitan los mantenimientos correctivos que podrían generar suspensión de un servicio de vital importancia como lo es el SCI. Este proyecto aportara información acerca de los procedimientos de mantenimiento que deben llevarse a cabo para asegurar el funcionamiento del SCI, así como también aporta información acerca de las frecuencias en las que debe realizarse cada inspección y mantenimiento.

En el año 2012, Intriago, Luis A. [3] diseñó un sistema contra incendios para la planta de procesamiento de palmito INAEXPO CA ubicada en la

ciudad de Santo Domingo mediante la aplicación de métodos teóricos para profundizar el estudio de los sistemas contra incendios, tomando en cuenta los criterios generales que deberán regir el diseño del sistema de bombeo y distribución de agua para la planta. El autor estableció como objetivos la realización de un análisis de riesgos mediante el uso de la metodología de Gretener, la aplicación de las normas existentes para la detección, alarma, control y extinción de incendios, y como último objetivo, la determinación del medio de control de incendios más eficiente para esta planta. Se aplicaron las especificaciones establecidas en el código NFPA 20 y como consecuencia de la metodología de Gretener, resultaron ciertas áreas con mayor grado de riesgo de incendio, a las cuales se les incorporo un diseño de detección de fuego sofisticado y un método de extinción automatizado mediante rociadores de diluvio, incluyendo una tecnología moderna sensorial y una central de control tecnológico. Este trabajo aporta información acerca de propuestas de diseños actualizados y de la selección de los mejores componentes actuales del mercado.

2.2. Fundamentos Teóricos

2.2.1. Incendio

Un incendio es la manifestación de una combustión incontrolada. En ella intervienen materiales combustibles o una amplia gama de gases, líquidos y sólidos que se utilizan en la industria. Estos materiales, normalmente constituidos por carbono, se agrupan como sustancias combustibles. Aunque estas sustancias presentan una gran variedad en cuanto a su estado químico y físico, cuando intervienen en un incendio responden a características comunes, si bien se diferencian en la facilidad con la que inicia (ignición), la velocidad con la que se desarrolla (propagación de la llama), y la intensidad del mismo (velocidad de liberación de calor). A medida que se profundiza en la ciencia de los incendios, es posible cuantificar y predecir con mayor exactitud el comportamiento de un incendio. [1]

2.2.2. Clases de fuego

El fuego puede ser clasificado en diferentes tipos, dependiendo de los materiales combustibles involucrados. Los tipos de fuego más comunes son:

- Clase A: son fuegos de combustibles comunes sólidos tales como la madera, papel, cauchos y diversos plásticos. En general son todos aquellos materiales que al arder dejan brasas o cenizas.
- Clase B: se refiere a los incendios que involucran gases inflamables y líquidos combustibles e inflamables tales como petróleo, gasolina, alcoholes, entre muchos otros. Al arder no dejan brasas ni cenizas.
- Fuego de clase C: se refiere a los incendios que involucran equipos eléctricos energizados, como motores, transformadores y equipos electrónicos.
- Fuego de clase D: se refiere a los incendios que involucran metales combustibles, como magnesio, titanio y sodio. [2]

2.2.3. Elementos de detección y alarma de incendios

Tienen como finalidad detectar la presencia de fuego, humo y altas temperaturas. El sistema de detección de incendios se usa para activar los sistemas de extinción, estos regularmente están compuestos por:

- Tablero central de control: componente central del sistema, alimenta y supervisa todos los dispositivos de detección y alarma.
- Detectores de fuego (infrarrojos, ultravioleta o combinación de ambos), de humo (ópticos e ionizantes) y de calor.
- Difusores de sonido manuales o automáticos, los cuales deben estar estratégicamente situados con el fin de asegurar una máxima cobertura en el área.
- Estaciones manuales de alarma, las cuales transmiten las señales de alarma al tablero de control. Estas estaciones están ubicadas en las periferias de las áreas de proceso y almacenaje, en las vías o salidas de escape deben ser visibles y bien identificadas.
- Circuito de señalización para la transmisión de señales de alarma y avería.

[3]

2.2.4. Sistemas de extinción de incendios

Un sistema de extinción de incendios es un conjunto de dispositivos, equipos y procedimientos utilizados para controlar los incendios. Su objetivo es extinguir los fuegos o limitar su propagación, minimizando los daños a las personas y las propiedades. Estos sistemas pueden ser manuales o automáticos, y su selección depende de la naturaleza del riesgo y las características de la instalación.

El éxito de un sistema de extinción de incendios depende básicamente de:

- Densidad de descarga adecuada
- Sistemas de alarmas que indiquen la operación o falla de los sistemas
- Suministro de agua adecuado y confiable

- Sistemas de actuación automáticos
- Adecuada inspección, prueba y mantenimiento. [3]

2.2.4.1. Componentes de un sistema de extinción de incendios

El sistema de extinción de incendios consta de elementos fijos y de elementos móviles. Dentro de los elementos fijos generalmente se incluyen:

- Fuentes de suministro de agua
- Equipos de bombeo
- Sistema de arranque
- Red de distribución
- Monitores
- Hidrantes
- Rociadores automáticos
- Espuma

Como elementos portátiles están los extintores, los cuales son cilindros portables que contienen un agente extinguidor que es expelido bajo presión. Estos agentes pueden ser a base de agua, polvo químico y CO₂. [3]

- **Fuentes de suministro de agua**

La fuente de suministro de agua se especificara, siempre que sea posible, como un suministro ilimitado de agua proveniente de fuentes naturales, tales como lagos, mares o ríos. En caso de que la fuente de suministro de agua sea limitada, deberá disponerse de facilidades de almacenamiento construidas en función del requerimiento de la instalación. [3]

- **Equipos de bombeo**

Los equipos de bombeo son parte fundamental de un sistema contra incendios, son utilizados para proporcionar o incrementar presión y caudal de agua requerida por el sistema a través de un sistema de tuberías, llegando a los rociadores contra incendios para extinguir el fuego.

Usualmente los equipos de bombeo contra incendios son bombas centrifugas, de dos tipos: bombas horizontales, donde el agua disponible tiene presión positiva en la succión y bombas de turbina vertical donde el agua debe ser succionada desde un reservorio, donde la presión de succión es negativa.

La característica principal que deberán satisfacer las bombas centrifugas para uso contra incendio, es la de presentar una curva presión vs caudal relativamente plana. Esto garantizara un nivel de presión estable para diferentes caudales de operación. [4]

- **Sistema de Arranque**

La selección del sistema de arranque en una determinada instalación, se basara en un análisis de riesgos de la misma, los cuales pueden ser:

- Arranque automático iniciado por una señal de alarma de incendio en el tablero de control.
- Arranque manual remoto a todas las bombas, el cual debe estar ubicado en la estación de bomberos, sala de control o cualquier otro sitio con presencia permanente de personal.
- Arranque manual local, que consiste en un arrancador ubicado al lado de la bomba, todas las bombas contra incendio deberán estar provistas de este tipo de arranque. [4]

- **Red de Distribución**

Es una malla formada por lazos de tuberías, válvulas y accesorios alrededor de las diferentes instalaciones. El dimensionamiento es el resultado de un balance hidráulico considerando como caudal de diseño, el máximo requerido en la planta o en el área con mayor demanda. Este sistema de distribución permite la conducción del agua desde las fuentes de alimentación hasta los puntos de conexión de cada sistema de protección contra incendios. La red de distribución se mantendrá

presurizada con el objeto de disminuir el tiempo de respuesta en la actuación del sistema y para detectar rápidamente la existencia de fugas y obstrucciones en las tuberías. [4]

- **Monitores**

Son dispositivos de acción manual o remota diseñados para descargar un caudal de agua o espuma en forma de chorro directo o neblina. Estos pueden ser puestos rápidamente en operación sin necesidad de conectar mangueras, ni estar constantemente atendidos, por estas razones, se consideran como dispositivos básicos de protección.

- **Hidrantes**

Los hidrantes contra incendios son aparatos hidráulicos que están conectados a una red de abastecimiento, cuya finalidad es suministrar agua a mangueras o monitores que estén acoplados a él, para la extinción de un incendio en cualquiera de sus fases. También son útiles para llenar las cisternas o tanques de los servicios de extinción. Deben estar situados en puntos accesibles, para poder conectar mangueras y otros dispositivos de lucha contra incendios de forma rápida. [4]

- **Rociadores**

Son elementos fijos de extinción de incendios en base a agua, los cuales facilitan la adecuada y eficaz protección a los riesgos de incendio. Los sistemas anti incendios, según sea su aplicación, están constituidos generalmente por un conjunto de tuberías presurizadas, conectadas a un suministro confiable de agua, y equipado con rociadores dotados con elementos sensores de calor, los cuales al activarse producen la descarga

del agua sobre el área protegida. En la Fig. 2.1 se pueden observar las partes de un rociador. [4]

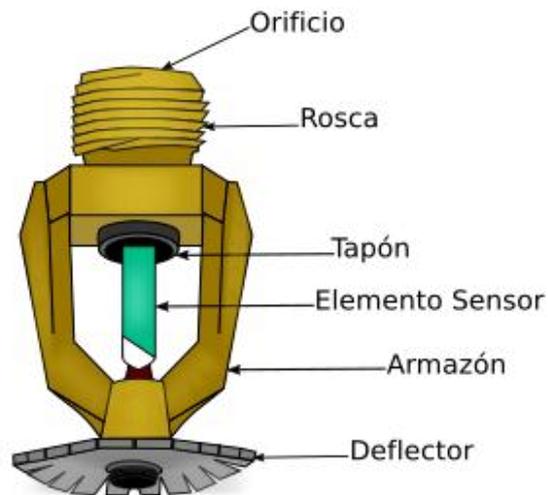


Figura 2.1. Partes de un rociador anti incendios. Fuente: [5]

- **Tipos de rociadores contra incendio**
 - Rociador pulverizador
 - Rociador de cobertura extendida
 - Rociador pulverizador
 - Rociador de respuesta rápida
 - Rociador abierto

En la Fig. 2.2. Puede apreciarse la comparación de un rociador automático y un rociador abierto.



Figura 2.2. Comparación entre rociadores automáticos y rociadores abiertos. **Fuente:** [5]

- **Rociadores según su orientación de instalación**
 - Rociador montante
 - Rociador colgante
 - Rociador de pared
 - Rociador oculto
 - Rociador empotrado

En la Fig. 2.3. Se observan diferentes tipos de rociadores según la orientación en la que están instalados.



Figura 2.3. Tipos de rociadores según la orientación de su instalación.

Fuente: [5]

- **Sistemas de espuma.**

La espuma se utiliza en sistemas contra incendios principalmente para la extinción de fuegos de líquidos inflamables y combustibles (clase B) debido a sus propiedades únicas para crear una barrera física que evita el contacto del oxígeno con el combustible, sofocando el fuego y disipando el calor. La extinción de incendios con espuma, se puede efectuar por medio de los siguientes sistemas:

- Sistema fijo: compuesto por una red de distribución, la cual es alimentada por una estación central que contiene el tanque de almacenamiento de concentrado de espuma y el equipo proporcionador, además de dispositivos fijos para aplicar la espuma, todos los componentes del sistema están permanentemente instalados.

- Sistema semi-fijo de espuma: compuesto por medios fijos de descarga para aplicar la espuma instalados sobre el área a proteger unidos a una red de distribución, provista o no, con generadores de espuma. El concentrado de espuma y los equipos necesarios para mezclar e impulsar la espuma requieren ser transportados a los terminales cuando se desee operar el sistema. [3]

2.2.4. Sistemas de Rociadores

Los sistemas de rociadores automáticos permiten controlar y confinar adecuadamente los eventuales incendios que puedan ocurrir. Existen cuatro tipos básicos de sistemas de rociadores automáticos:

- Sistema de rociadores de tubería húmeda: es un sistema de rociadores cerrados en el que todos los ramales de tubería están normalmente llenos de agua a presión. Tras la operación del elemento fusible, el agua es descargada inmediatamente en el área protegida. El flujo

de agua por la tubería activa a su vez una alarma. Este sistema por su sencillez y rapidez de actuación es altamente confiable y requiere poco mantenimiento.

- Sistema de rociadores de tubería seca: estos sistemas se utilizan para evitar el problema del congelamiento del agua en los sistemas de tubería húmeda en climas fríos. Consisten de un sistema de rociadores cerrados conectados a ramales de tubería normalmente llenos de aire a presión. La rotura del elemento fusible del rociador debido al incendio deja escapar el aire y permite la apertura de una válvula en la línea de suministro de agua que permanecía cerrada por la contrapresión del aire. El agua fluye entonces por los ramales y descarga a través de los rociadores. Sus mayores inconvenientes es el posible retraso en la activación del sistema y su complejidad.
- Sistema de rociadores de acción previa: la diferencia entre este sistema y el de tubería seca, es que la operación de la válvula que da paso al agua es activada por un dispositivo automático de detección de incendio independientemente del elemento fusible del rociador. Esto permite que el sistema se llene de agua inmediatamente que se detecte incendio y mucho antes que se produzca la operación del elemento fusible de un rociador. Este sistema elimina retrasos y puede ser utilizado en lugares con bajas temperaturas ambientales. Además, presenta la ventaja de reducir las descargas accidentales de agua.
- Sistemas de Rociadores de Diluvio: es un sistema de rociadores abiertos, que permite la aplicación inmediata de agua sobre toda el área protegida al abrirse la válvula en la línea de suministro, activada por un sistema de detección de incendio situado en la misma área que los rociadores. Este sistema es utilizado generalmente en áreas de alto riesgo que contienen líquidos inflamables y existe la posibilidad de que el incendio

pueda propagarse rápidamente. El requerimiento de agua de este sistema es mucho mayor que los mencionados anteriormente. [4]

2.2.5. Sistemas de diluvio

Son sistemas de rociadores que emplean rociadores abiertos, conectados a un sistema de tuberías que se encuentra conectado a un suministro de agua a través de una válvula que se abre por la operación de un sistema de detección instalado en las mismas áreas que los rociadores. Cuando esta válvula se abre, el agua fluye a las tuberías del sistema y se descarga desde todos los rociadores conectados a las mismas. [5]

Un sistema de diluvio es un sistema fijo de protección contra incendios en el que las tuberías están vacías hasta el momento en que se abre la válvula de diluvio para distribuir el agua presurizada y descargarla desde las boquillas abiertas o los rociadores. Los sistemas de diluvio son más complejos que los de tubería húmeda y seca porque constan de un mayor número de componentes y equipos. La válvula de diluvio se abre por la activación de un sistema de detección. Pueden utilizarse distintos tipos de sistemas de detección, incluidos los detectores de humo, calor, ultravioleta (UV) o infrarrojos (IR). Al activarse el dispositivo de detección, se abre la válvula de diluvio y el agua fluye por el sistema de tuberías hasta salir por todos los rociadores.

Los sistemas de diluvio se usan cuando debido a las condiciones del entorno o por riesgos especiales se requiere la aplicación rápida de grandes cantidades de agua. Estos sistemas se usan para crear una zona de seguridad en áreas de alto riesgo o en áreas donde el fuego puede propagarse rápidamente. También pueden usarse para enfriar superficies y evitar deformaciones o colapsos de estructuras o para evitar la explosión de depósitos, líneas de procesamiento o transformadores. Otros ejemplos incluyen las áreas de almacenamiento o de procesado que contienen

sustancias con un bajo punto de ignición; depósitos que contienen soluciones combustibles, fosos de equipos o sistemas de manipulación de productos. Al diseñar un sistema de diluvio es importante recopilar información específica sobre el riesgo que se va a proteger.

Los sistemas de diluvio de agua-espuma son aquellos que utilizan rociadores de agua-espuma o boquillas pulverizadoras y un concentrado espumógeno que se introduce en el flujo de agua, en una proporción controlada, en el lado del sistema de la válvula de diluvio. Estos sistemas de agua-espuma se utilizan para controlar y/o extinguir los incendios que requieren un agente refrigerante y capaz de sofocar el fuego. Por ejemplo: plantas de extracción, hangares para aeronaves y áreas donde pueden producirse incendios por derrames de líquidos inflamables. [6]

2.2.6. Corrosión

La corrosión es el deterioro de un material, generalmente un metal, como resultado de una reacción química o electroquímica con su entorno. Este fenómeno ocurre cuando los materiales interactúan con factores como el oxígeno, el agua, o diversos químicos presentes en el medio, lo que provoca la degradación de sus propiedades y su eventual destrucción.

En los sistemas de rociadores, esto suele ocurrir cuando el oxígeno reacciona con el hierro para formar óxidos de hierro, llamados comúnmente como "óxido". Esto se acelera aún más cuando ocurre en presencia de agua, lo que ayuda a la reacción. Si bien este es el más común, existen otros tipos de corrosión que pueden afectar un sistema de rociadores, como la corrosión microbiológicamente inducida y la corrosión galvánica.

Para cualquier componente metálico de un sistema de rociadores existe corrosión tanto externa como interna. Si bien ambos problemas pueden provocar fallas en el sistema, la corrosión interna es más difícil de detectar

y causa más problemas. La corrosión interna generalmente comienza a formarse en la interfaz aire/agua, mientras que la corrosión externa depende más del medio ambiente.

La corrosión tiene un efecto perjudicial en los sistemas de rociadores, provocando que los componentes fallen. Para las tuberías, esto puede tomar la forma de fugas por orificios o la acumulación de óxido limita el flujo de agua. Para los rociadores, la corrosión puede obstruir el orificio de descarga de agua, afectar el deflector y el patrón de descarga, o sellar completamente el tapón, evitando que el agua llegue al fuego. Otros componentes, como colgadores de tuberías y accesorios, también pueden ser susceptibles a la corrosión, lo que puede provocar complicaciones adicionales. La corrosión amenaza la confiabilidad y operatividad de su sistema de rociadores automáticos, esta corroe las tuberías de adentro hacia afuera, por lo general escapando a la atención hasta que ha causado daños costosos y extensos. [7]

2.2.7. Tipos de corrosión

- Corrosión galvánica: Ocurre cuando dos metales con diferentes potenciales electroquímicos están en contacto en presencia de un electrolito, lo que genera un flujo de corriente y una corrosión acelerada en el metal menos noble.
- Corrosión por cavitación: Surge por la formación y colapso de burbujas en líquidos en movimiento rápido, causando desgaste en componentes como hélices, bombas y válvulas. [7]
- Corrosión por aireación diferencial: Se presenta cuando partes de la superficie metálica están expuestas a diferentes concentraciones de oxígeno, como en el caso de tuberías enterradas o sumergidas en agua

estancada. Las zonas con menor oxígeno sufren las consecuencias de la corrosión de una manera más acelerada.

- Corrosión inter granular: Afecta los límites de los granos en aleaciones, especialmente cuando hay variaciones en la composición de estos bordes. Este tipo de corrosión es común en aceros inoxidable no tratados adecuadamente. [8]

- Corrosión microbiológica: Es causada por microorganismos como bacterias, hongos y algas, que generan productos metabólicos corrosivos. Suele afectar ambientes acuáticos y áreas donde el agua se acumula. [9]

2.2.8. Integridad Mecánica

La integridad mecánica se refiere a la capacidad de un material, componente o sistema para mantener su integridad estructural y funcional bajo condiciones de servicio específicas, sin experimentar fallas o deformaciones significativas. Esta definición está respaldada por principios de ingeniería y mecánica de materiales, que estudian cómo los materiales se comportan bajo diferentes condiciones adversas como cargas, corrosión y fatiga. [10]

2.2.9. Mantenimiento

Conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un ítem en/a las condiciones que le permitan desarrollar su debida función. Se divide en solo dos tipos: correctivo y preventivo.

- Mantenimiento correctivo: es el mantenimiento efectuado a un ítem cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole a condición admisible de utilización. El mantenimiento correctivo puede, o no, ser planificado.

- **Mantenimiento preventivo:** es el mantenimiento que consiste en realizar ciertas reparaciones, o cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempos, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de un ítem. Siempre se planifica. El mantenimiento preventivo se divide a su vez en sistemático, predictivo y reglamentario. [11]

2.2.10. Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

El análisis de los modos de falla en mantenimiento para evitar errores en las fases o procesos preventivos o correctivos se identifica con el denominado AMEF (análisis de modos y efectos de fallas), que, a su vez, se fundamenta en los estudios de arboles de fallos y modos de estos. Este análisis trata de evitar fallos acaecidos en procesos de mantenimiento, revisando de forma metodológica los mismos y la experiencia acumulada. Es un medio esencial para lograr bucles de calidad, aprendiendo de fallos anteriores tras el análisis constructivo de los mismos, definiendo medidas correctoras y preventivas para evitar su repetición. [11].

El análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) se presenta con la finalidad de conocer la situación actual de los equipos bajo estudio e identificar las causas que originan las fallas. Los resultados obtenidos en este análisis permiten proponer actividades y planes de acción a corto y mediano plazo, así como también la prevención de fallas potenciales a las que está expuesto el componente en cuestión.

A continuación se definen cada uno de los parámetros que conforman el AMEF:

- **Actividad o función:** es la finalidad que tiene un activo dentro de un proceso determinado.
- **Falla funcional:** se refiere a la incapacidad de cualquier componente de cumplir su función, esta puede ser parcial o total. La falla funcional total es

aquella en la que se evidencia una imposibilidad absoluta de cumplir la función principal del activo, mientras que en la falla funcional parcial, la función se cumple, pero no en su totalidad.

- **Modos de falla:** una vez identificada la falla funcional el siguiente paso es identificar todos los hechos que pueden haber causado cada estado de falla, lo que se denomina modos de falla.

- **Efectos de falla:** describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla, esta descripción incluye la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de falla.

La Tabla 2.1 muestra un modelo de herramienta de análisis de modos y efectos de fallas.

Tabla 2.1. Formato modelo para la aplicación del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF). **Fuente:** PDVSA-Gas.

		Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)			
		FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA

2.2.10.1. Beneficios de la aplicación del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF).

Aplicar la técnica del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF) en el ámbito del mantenimiento de equipos ofrece varios beneficios específicos:

- **Planificación de mantenimiento preventivo:** Permite identificar los modos de fallo potenciales de los equipos y establecer estrategias de mantenimiento preventivo adecuadas para evitar fallos inesperados.
- **Mejora de la confiabilidad operativa:** Al mitigar los modos de fallo críticos identificados mediante AMEF, se mejora la fiabilidad y disponibilidad operativa de los equipos.
- **Optimización de los recursos:** Permite asignar recursos de mantenimiento de manera más eficiente y efectiva, focalizándolos en los componentes más críticos y vulnerables.
- **Seguridad mejorada:** Identifica riesgos asociados con fallos de equipos que podrían tener implicaciones en la seguridad del personal y del entorno.
- **Identificación de medidas correctivas:** Ayuda a identificar acciones correctivas que se pueden implementar para evitar que la misma falla ocurra nuevamente en equipos similares.
- **Mejora de la gestión del riesgo:** Contribuye a mejorar la gestión del riesgo al incorporar lecciones aprendidas de la falla pasada en las evaluaciones de riesgo futuras. [12]

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

A continuación, será descrito el tipo y diseño de la investigación y la metodología aplicada durante el desarrollo de esta, especificando la población y muestra a la que se aplica. De igual manera, se explican las técnicas de recolección y análisis de datos necesarios para llevar a cabo la realización del proyecto.

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Según la estrategia

De acuerdo a la estrategia aplicada, la investigación es de tipo mixta, debido a que fueron aplicadas las estrategias tanto de investigación documental como de investigación de campo, utilizándose de manera conjunta para lograr los objetivos.

- **Investigación documental:** fue una de las estrategias aplicadas debido a que se efectuó una revisión de documentos pertenecientes a la empresa (PDVSA Gas), donde se incluyen normas, manuales de operación del terminal marino, planos, notas de inspección, y demás herramientas de carácter informativo que orientan la comprensión del sistema en el cual se desarrolla la investigación.

- **Investigación de campo:** de igual manera se considera una investigación de campo debido a que a través de observación directa y de entrevistas informales al personal de operación del terminal marino y de mantenimiento, se logró obtener información para una mejor interpretación del problema, la cual complementa los datos adquiridos a través de la investigación documental.

3.1.2. Según su propósito

La investigación se clasifica como de tipo **Aplicada**, debido a que para llegar al cumplimiento de los objetivos, fue necesario hacer uso de conocimientos técnicos y teóricos en el área de mantenimiento, y de esta manera poder ajustarlos al contexto de la problemática estudiada con el fin de plantear soluciones a esta.

3.1.3. Según el nivel de conocimiento

Según el nivel de conocimiento, la investigación es considerada como descriptiva, debido a que consistió en la descripción e interpretación de la problemática, detallándose cada uno de los aspectos que la definen, desde las características de los componentes del sistema contra incendios, hasta las posibles causas de las fallas en el sistema de diluvio del mismo, dando pie a la identificación de los modos de fallas y al planteamiento de hipótesis relacionadas a los componentes estudiados.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población se define como un conjunto de elementos para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, por lo tanto, la población en este proyecto está conformada por el sistema contra incendios del Terminal Marino.

3.2.2. Muestra

La muestra a la cual se aplica la investigación es el sistema de diluvio perteneciente al sistema contra incendios del terminal marino de la planta, debido a que presenta fallas que impiden su funcionamiento.

3.3. Técnicas de recolección de datos

En el presente trabajo de investigación se aplicaron ciertas técnicas para lograr la recolección de una serie de datos relacionados con las actividades de mantenimiento, lo cual contribuye a la construcción de la base necesaria para llevar a cabo los objetivos anteriormente expuestos, las mismas se mencionan a continuación:

3.3.1. Revisión documental

Esta técnica consistió en la extracción de la mayor cantidad de información útil posible proveniente de la revisión de libros, notas de inspección, informes técnicos, artículos de investigación, manuales de PDVSA-Gas, así como todo el material que pueda ser utilizado como material de apoyo para la realización de la propuesta de mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ

3.3.2. Entrevistas no estructuradas

A través de esta técnica se obtuvo información acerca de la operación del sistema contra incendios, se les realizaron preguntas a los operadores y encargados del mantenimiento del área, así como al personal de bomberos. Estos especialistas aportaron datos e información adicional que funcionó como complemento a lo encontrado en la revisión documental, ayudando a lograr una comprensión total del funcionamiento del sistema.

3.3.3. Observación directa

Se realizaron visitas al área donde se encuentra el sistema de diluvio del Terminal Marino (Muelle de la PFDJ), donde se podrá efectuar una observación directa del sistema, sirviendo como inspección visual para conocer con propiedad la situación actual en la que se encuentra.

3.4. Técnicas de análisis de datos

3.4.1. Tablas

Esta técnica de análisis fue primordial para la ejecución del desarrollo de la investigación, puesto que se utilizó para registrar y visualizar toda la información obtenida a través de las técnicas de recolección de datos, permitiendo de esa manera el análisis ordenado y sistemático de las características de diseño y condiciones operacionales con los cuales se puede efectuar el procesamiento y análisis de información necesaria para el cumplimiento de los objetivos planteados en el desarrollo de la investigación.

3.4.2. Graficas, figuras y diagramas.

Esta herramienta permitió representar de forma gráfica los datos obtenidos a fin de poder analizar detalladamente cada resultado que se obtenga en la realización de este trabajo. Las figuras y diagramas son una ofrecen un mensaje claro para generar análisis fáciles de entender.

3.4.3. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Esta técnica estuvo basada en la descripción de la función de los componentes principales que conforman el sistema de diluvio y las fallas funcionales que los mismos puedan presentar, para así determinar los modos de fallas que las generaron, así como los efectos que producen cada una de ellas.

3.5. Etapas de la investigación

A continuación se detalla cada etapa de la investigación, necesaria para alcanzar los objetivos específicos propuestos.

3.5.1. Etapa I: Revisión documental

En esta etapa se comenzará con la revisión, recopilación y clasificación de la mayor cantidad de material bibliográfico que pueda aportar información y ayudar a la realización de las propuestas de mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino, tales como: libros, manuales técnicos y de operación, notas de inspección, normas y especificaciones de PDVSA-Gas, planos, trabajos de grado realizados previamente relacionados con el tema a tratar, entre otros.

3.5.2. Etapa II: Descripción del contexto operacional del sistema de diluvio del Terminal Marino.

Para llevar a cabo el cumplimiento de este objetivo, haciendo uso de la información adquirida en la etapa previa y en conjunto con las visitas de campo y las entrevistas a especialistas, se conocieron cada uno los equipos que conforman el sistema contra incendios del muelle y su papel en el funcionamiento del mismo, mencionando sus aspectos generales y especificaciones técnicas, lo que permitió comprender mas a fondo la manera en la que opera el sistema de diluvio debajo de la plataforma. Posteriormente, se detalló la situación actual en la cual se encuentra cada componente.

3.5.3. Etapa III: Determinación de las causas por las cuales se presentan las fallas en los equipos del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ por medio de un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF).

Con el fin de determinar las causas de las fallas presentadas, durante esta etapa se efectuó un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), aplicado a los principales componentes del sistema de diluvio, los cuales son los que tienen mayor tendencia a presentarlas. Se procedió a especificar sus funciones, identificando sus fallas funcionales y tomando en cuenta los

diferentes modos de fallas que podrían suscitarse. También se estudiaron los efectos que podrían causar las fallas funcionales de los equipos. La información utilizada se obtuvo mediante entrevistas al equipo natural de trabajo (ENT), a través de los siguientes pasos:

- Establecer las funciones de cada componente estudiado
- Definir de las fallas funcionales
- Identificar de los modos y efectos de fallas
- Analizar los efectos de las fallas funcionales

3.5.4. Etapa IV: Realización de pruebas para determinar la integridad mecánica del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ

Durante esta etapa se procederá a efectuar pruebas a muestras pertenecientes a las tuberías que conforman el sistema de diluvio (componente principal y con mayor probabilidad de falla), para el análisis de sus resultados y así conocer de forma científica la integridad mecánica actual de las mismas. De esta manera, se podrá analizar con propiedad las acciones más recomendables para plantear en el siguiente objetivo.

3.5.5. Etapa V: Efectuación de la propuesta de mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.

En base al desarrollo de los objetivos anteriores, en especial los resultados obtenidos a través de las pruebas de integridad mecánica, durante esta etapa se procedió a establecer la propuesta de mejoras al sistema de diluvio, tomando en cuenta los posibles factores que causan las fallas actuales, y de esta manera se plantearon los procedimientos viables a realizarse para lograr el óptimo funcionamiento del sistema donde se pueda garantizar que cumpla la función para la cual fue diseñado por un mayor tiempo, evitando la reincidencia de las fallas actuales. La propuesta de mejoras incluye aspectos como el material de las tuberías, material de los rociadores, frecuencias de inspección y labores de mantenimiento.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción del contexto operacional del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.

El sistema de diluvio del Terminal Marino es el encargado de proteger toda la plataforma de los muelles en el caso de la ocurrencia de un incendio de hidrocarburos derramados, este forma parte del sistema de agua contra incendios (SACI) de la planta y para entender el contexto de su funcionamiento, es necesario iniciar por conocer cómo funciona en su totalidad el SACI.

El sistema de distribución de agua contra incendios conecta la estación de bombeo principal (ubicada en la entrada de la planta) con el muelle del Terminal Marino. En la **Fig. 4.1**, puede observarse la distribución de agua desde su almacenamiento hasta su llegada al sistema de rociadores ubicados en los muelles.

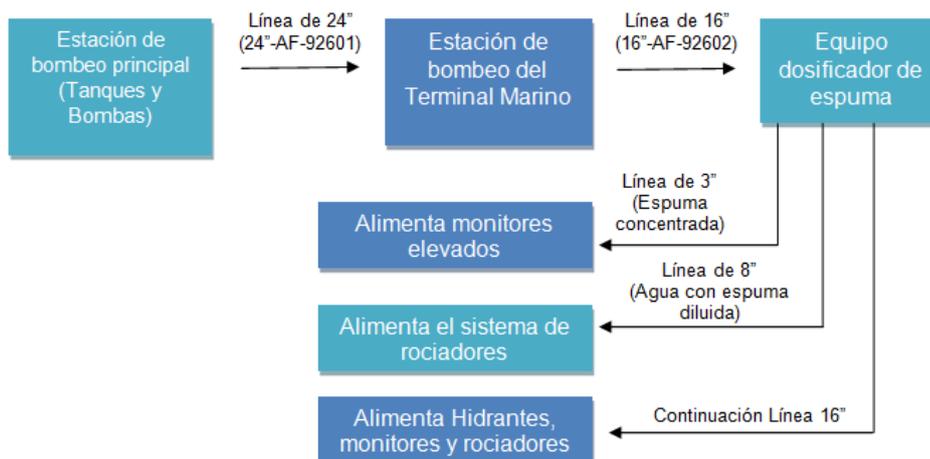


Figura 4.1. Esquema de distribución de agua contra incendio en el Terminal Marino. **Fuente:** Propia. (2024)

4.1.1. Estación de bombeo principal de la planta

El agua utilizada para los sistemas contra incendios tiene como fuente el Río Neverí, y es almacenada en los tanques D5-72601/02 de la planta (de 10.000 y 90.000 barriles de capacidad) (**Ver Fig. 4.2**). El sistema de bombeo está integrado de dos (2) bombas jockey D3- 2600/01, tres (3) bombas principales con motores eléctricos D3-72602/03/04 y tres (3) bombas de emergencia con motores diesel D3-72605/06/07 (**Ver Fig, 4.3**). Las bombas jockey se usan para mantener la presión en el sistema de distribución de agua, y las mismas arrancan automáticamente a medida que el sistema va perdiendo presión.



Figura 4.2. Estación de bombeo principal del Sistema de Agua contra Incendios de la PFDJ. Al fondo los tanques de almacenamiento de agua D5-72601/02. **Fuente:** PDVSA-Gas.

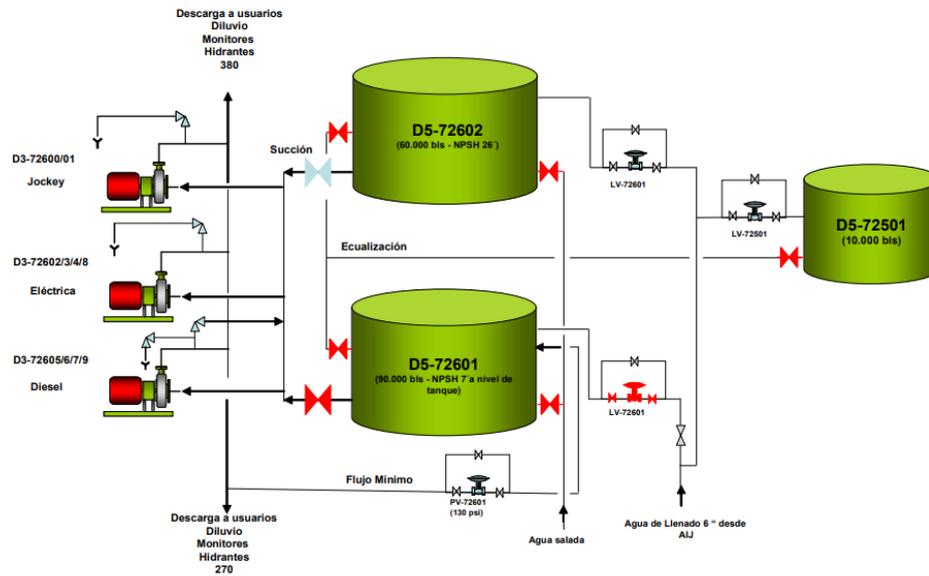


Figura 4.3. Diagrama del SACI. **Fuente:** PDVSA-Gas.

El agua es llevada desde la estación de bombeo principal de la planta hasta la estación de bombeo del Terminal Marino a través de una tubería matriz de 24" de diámetro 24"-AF-92601, presurizada a 150 psig. **(Ver Fig.4.4).**



Figura 4.4. Tubería matriz de 24" (24"-AF-92601), encargada de transportar el agua de la estación de bombeo principal hasta la estación de bombeo del Terminal Marino. **Fuente:** Propia. **(2024)**

4.1.2. Área del Terminal Marino

La planta cuenta con un terminal marítimo a orillas del mar Caribe, punto estratégico para la navegación nacional e internacional. Es utilizado para despachar a través de su plataforma de carga, los productos fraccionados y almacenados en la planta por medio de buques para su transportación marítima a mercados nacionales e internacionales. Para tal efecto, cuenta con dos muelles (plataforma 8 ubicado en el lado Oeste y plataforma 9 en el lado Este de la planta) y brazos de carga conectados a las tuberías de carga, recirculación y retorno de productos. El calado máximo es de 12 metros, con capacidad para atender barcos de hasta 65 toneladas métricas de desplazamiento de 247 metros de eslora, está diseñado para operar a una rata de embarque de hasta 17 mil barriles por hora. La distancia aproximada entre la tierra y la plataforma de carga es de 1.8 kilómetros, contando con una vía de acceso vehicular de un solo sentido (**Ver Fig. 4.5**).

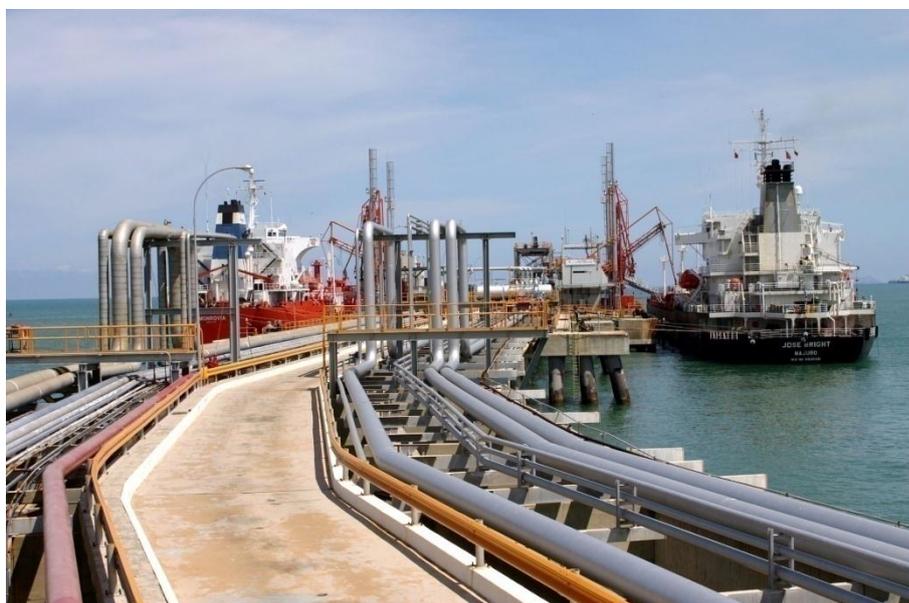


Figura 4.5. Vista del Terminal Marítimo de carga. **Fuente:** PDVSA – Gas.

4.1.3. Elementos que conforman el sistema anti incendios del Terminal Marino

El sistema anti incendios del Terminal Marino consiste básicamente en lo siguiente:

- Bombas de agua contra incendio.
- Sistema dosificador de espuma
- Rociadores de agua y espuma en la parte inferior de la plataforma de carga. (Sistema de Diluvio)
- Monitores
- Misceláneos

En la Tabla 4.1, se encuentran los componentes que forman el sistema de agua contra incendio del terminal marino, cada elemento será posteriormente definido.

Tabla 4.1. Componentes del sistema de agua contra incendio ubicado en el terminal marino. **Fuente:** Propia. **(2024)**

Componentes		Cantidad
Hidrantes		14
Monitores Elevados		4
Monitores a nivel de piso		4
Bombas eléctricas		3
Bombas diesel		2
Rociadores de tipo abierto		216
Tanque de Espuma		1
Tuberías debajo de la plataforma de carga (Sistema de Diluvio)	Tubería de Ø 2"	489 mts
	Tubería de Ø 4"	120 mts
	Tubería de Ø 6"	22 mts
	Tubería de Ø 8"	40 mts

4.1.3.1. Estación de Bombeo del Terminal Marino

El sistema anti incendios correspondiente al área del terminal marino es alimentado principalmente por la estación de bombeo de la planta, sin embargo, posee servicios auxiliares que le otorgan autonomía con respecto a las instalaciones en tierra firme. El equipo que conforma este sistema está ubicado sobre una plataforma a nivel de la progresiva 0+780.40 del Terminal Marino y consiste de dos (2) bombas presurizadas del sistema de tuberías, llamadas bombas de compensación de presión D3-90904 y D3-90910, y de tres (3) bombas de tipo vertical, de las cuales una es accionada mediante un motor eléctrico D3-90902 y las restantes mediante motores Diesel D3-90903 y D3-90908, estas últimas serán puestas en uso en caso de que el bajo nivel en los tanques de agua genere una caída de presión. **(Ver Fig 4.6.)**

El agua, al llegar a la estación de bombeo del terminal marino, es trasladada hasta la plataforma de carga del muelle en una línea de 16" de diámetro 16"-AF-92602 presurizada a 175 psig, esta línea alimenta todos los hidrantes, monitores y sistemas de rociadores. Como sistema auxiliar, el sistema de bombeo tiene la capacidad de tomar agua directamente desde el mar y enviarla a la plataforma de carga a través de la línea de 16" a un caudal de 3.500 GPM, o a fraccionamiento a través de la línea de 24", esto sucedería solo al acabarse la provisión de agua dulce por contingencia mayor.

Al declararse una emergencia en el muelle, las bombas D3.90904 y D3.90910 mantienen la presión de 175 psig hasta que el consumo de agua produzca una disminución hasta 140 psig. A ese valor arranca la bomba D3.90902, que mantiene el caudal demandado de agua hasta que la presión disminuya a 130 psig. Por debajo de 130 psig, arranca la primera bomba diesel D3.90903 y mantiene la presión hasta 120 psig. En caso de bajar más la presión, arranca la segunda bomba diesel D3.90908.



Figura 4.6. Estación de bombeo del Terminal Marino. **Fuente:** Propia.
(2024)

4.1.3.2. Sistema dosificador de espuma

El sistema de agua contra incendio del terminal marino está diseñado para suplir un máximo de 10.000 GPM de agua, además de una provisión de espuma que dure no menos de treinta minutos para los sistemas de rociadores, situados debajo de la plataforma del terminal, y de los monitores colocados en torres en ambos lados de cada brazo de carga. El sistema puede operar con una mezcla agua/espuma o solo agua al agotarse la provisión de espuma.

Sobre el puente de acceso a nivel de la pila 75, se encuentra ubicada una estación que cuenta con el tanque de espuma D8-90920, la bomba del tanque D3-90920 (**Ver Fig. 4.7**) y el equipo dosificador de espuma (**Ver Fig. 4.8**), el cual se acopla a la tubería de suministro principal de agua contra incendio de 16" y del cual salen dos tuberías, una de 8" de diámetro, que contiene agua con espuma diluida, y es la que alimenta a los ramales donde están instalados los rociadores y una de 3" de diámetro, conteniendo espuma concentrada. (**Ver Fig. 4.9**)



Figura 4.7. Plataforma donde se encuentra ubicado el tanque de espuma D8-90920 y la bomba del tanque D3-90920. **Fuente:** Propia. (2024)



Figura 4.8. Equipo dosificador de espuma. **Fuente:** Propia. (2024)



Figura 4.9. Tuberías que salen desde el equipo dosificador de espuma hasta la plataforma de carga. **Fuente:** Propia. **(2024)**

4.1.3.4. Monitores Elevados

Conectados al circuito de suministro de agua, se encuentran instalados cuatro monitores (cañones de agua) operados remotamente desde la sala de control del terminal, estos están ubicados sobre torres de 13 metros de altura (**Ver Fig. 4.10**), y, descargan la mezcla de agua/espuma o agua sola y cubren el área donde están los brazos de carga.



Figura 4.10. Monitores elevados que protegen los brazos de carga.

Fuente: Propia. (2024)

4.1.3.5. Cañones de agua

El sistema cuenta con cuatro cañones de agua ubicados a nivel de las plataformas y son accionados de forma manual, su capacidad es de 500 GPM a 100 lbf (libra-fuerza) de presión. Son capaces de girar 360°, así como tener un movimiento de elevación de 70° y de descenso de 20°. Cuentan con una boquilla de descarga ajustable para chorro o aspersion.

(Ver Fig 4.11)

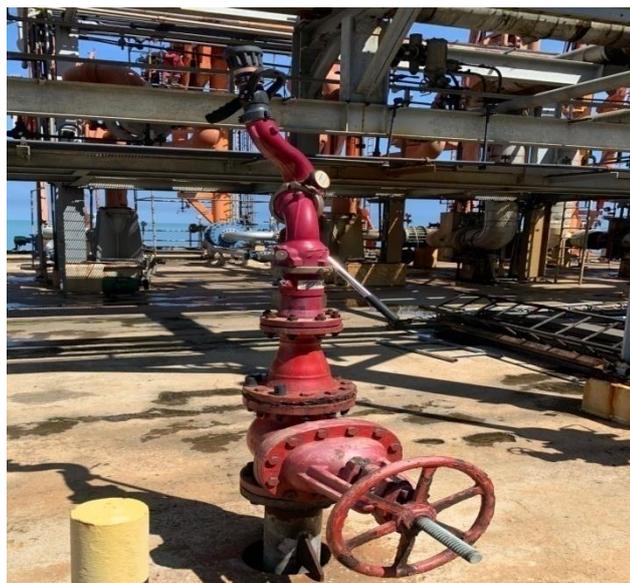


Figura 4.11. Cañones de agua operados manualmente. **Fuente:** Propia.

4.1.3.6. Misceláneos

Además de los equipos descritos en las secciones anteriores se disponen de equipos portátiles y fijos de combate de incendio, como son: estaciones para conexión de mangueras (**Ver Fig. 4.12**), equipos compactos auto-contenido de agua/espuma y extintores químicos de incendio. (**Ver Fig. 4.13**)

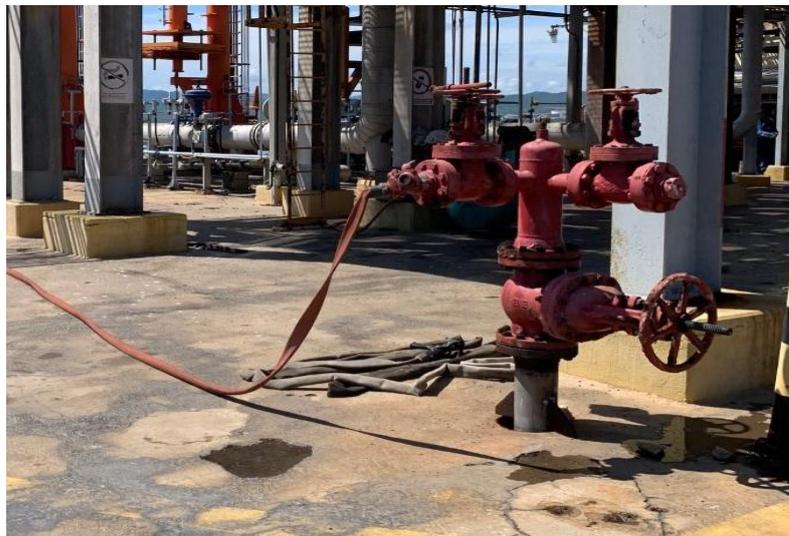


Figura 4.12. Estaciones para conexión de mangueras.

Fuente: Propia. (2024)



Figura 4.13. Extintores de incendio ubicados en el muelle.

Fuente: Propia. (2024)

4.1.3.7. Sistema de detección de fuego

En las plataformas de carga se ha dispuesto un sistema de detectores de fuego que se encuentran estratégicamente ubicados y distribuidos de manera de lograr una detección rápida al momento de iniciarse un incendio **(Ver Fig. 4.14)**. Consiste en un efectivo equipo de detectores ultravioleta de llamas que cuenta con circuitos basados en microprocesadores, provee una respuesta a la presencia de radiaciones emitidas por una llama, dando señales de alarma audibles y visibles en el panel de control ubicado en sala de control, incluyendo la localización del sitio en el cual se está generando el fuego, y al mismo tiempo produciendo la activación del sistema de diluvio como acción correctiva inmediata.

El sistema puede generar alarmas en el edificio administrativo del Terminal, situado en la costa o en la sala de control de acceso al mismo; o señales hacia el sistema de parada de emergencia, para que sean detenidos los componentes y/o sistemas necesarios. Opera con una fuente de 120 VAC, una fase y 60 Hz, posee también un sistema de baterías que entrara en funcionamiento en caso de una falla del suministro de electricidad.

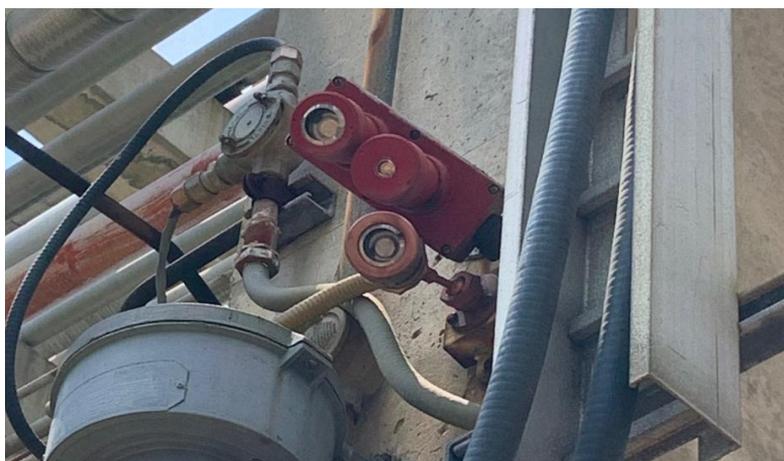


Figura 4.14. Detector UV de fuego. **Fuente:** PDVSA-Gas

4.1.3.8. Sistema de Diluvio debajo de la plataforma

Para el caso de producirse incendios de derrames de hidrocarburos que puedan afectar la plataforma del terminal marino, se encuentra instalado en la parte inferior de la misma un sistema de diluvio con rociadores de tipo abierto. Estos rociadores son capaces de operar con una mezcla agua/espuma o con agua únicamente al finalizarse la provisión de espuma. La tubería de 8" que suministra el agua a los ramales donde se encuentran instalados los rociadores y a la cual se le introduce la espuma mediante un equipo dosificador para garantizar una concentración no menor al 3%, se acopla a la tubería principal de agua contra incendio de 16" de diámetro 16-AF-92602. En la Tabla 4.2 se observa la longitud de las tuberías que componen el sistema de diluvio debajo de la plataforma.

Tabla 4.2. Distribución de las tuberías del sistema de diluvio debajo de la plataforma. **Fuente: Propia**

Tuberías del sistema de diluvio	Cantidad
Tubería de Ø 2"	489 mts
Tubería de Ø 4"	120 mts
Tubería de Ø 6"	22 mts
Tubería de Ø 8"	40 mts

El sistema es activado automáticamente por los detectores ultravioleta de llamas debajo de la plataforma, los cuales generan la señal para abrir la válvula de diluvio que permite el paso de agua/espuma a los rociadores. Se ha estimado que el consumo de agua de este sistema puede alcanzar los 2500 GPM con una presión mínima de operación de 125 psi, con una presión estática de 175 psi que será mantenida constantemente en todo el sistema por las bombas presurizadoras mencionadas anteriormente (D3-90904 y D3-90910).

La tubería que contiene agua con espuma diluida 8 pulgadas, se desemboca en otra línea de distribución de 4 pulgadas de diámetro, para luego esta alimentar a las red de tuberías de 2 pulgadas de diámetro en las cuales se encuentran instalados los rociadores. En la **Fig. 4.15** se puede observar la distribución del agua para el sistema de diluvio. En la **Fig 4.16** se aprecia una vista de la disposición del sistema debajo de la plataforma.

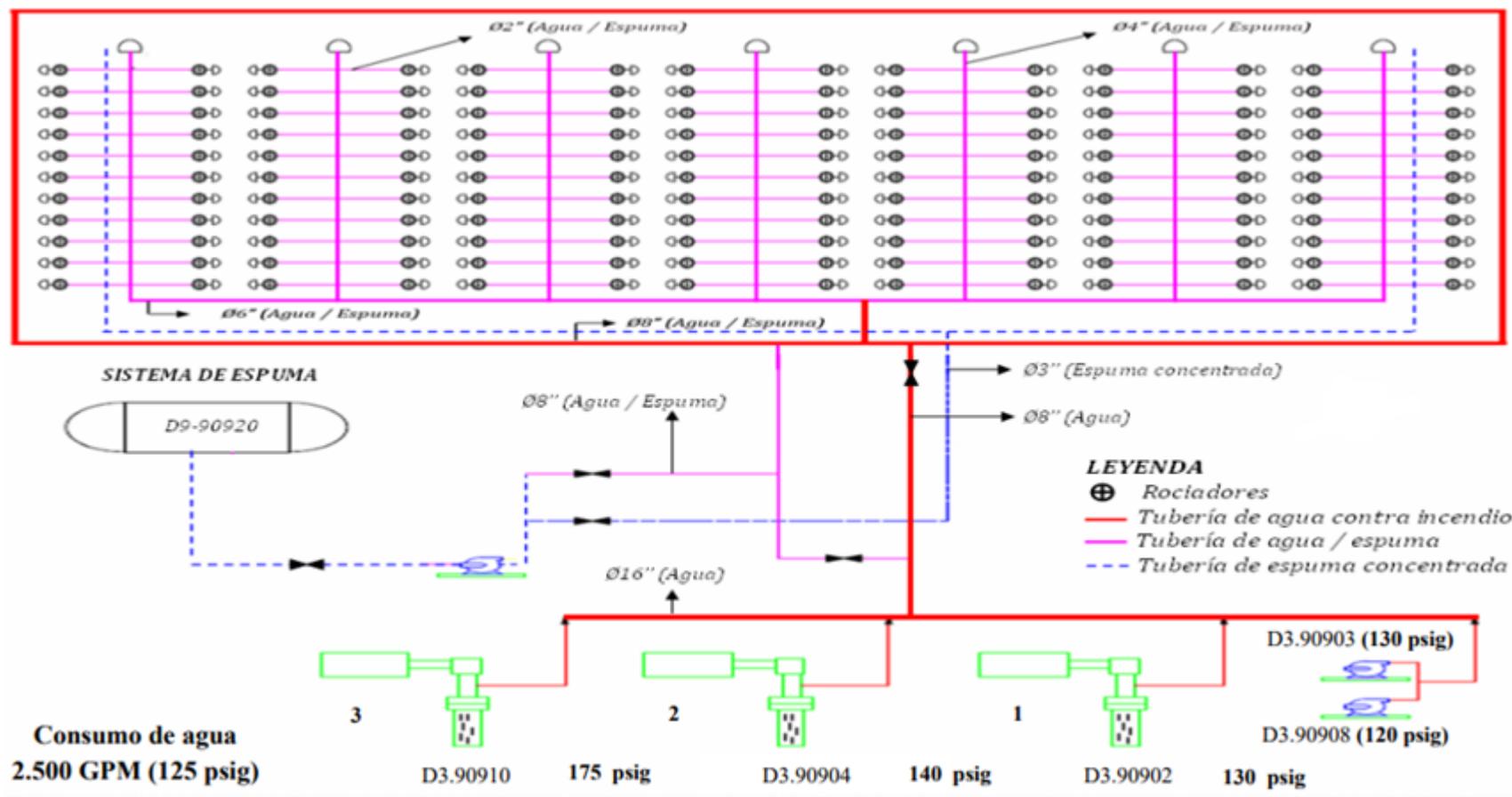


Figura 4.15. Esquema del sistema de diluvio del Terminal Marino.

Fuente: PDVSA-Gas



Figura 4.16. Vista del sistema de diluvio debajo de la plataforma de los muelles. **Fuente:** Propia. **(2024)**

- **Rociadores del sistema de diluvio**

Se cuenta con un universo de 216 rociadores de bronce, su diseño es de tipo abierto UL 459A (**Ver Fig. 4.17**), su material de bronce, fue elegido para brindarles resistencia a la corrosión. Este tipo de rociador no tiene un elemento termo sensible, está diseñado para sistemas de diluvio donde todos los rociadores descargan agua simultáneamente cuando el sistema se activa. Estos se encuentran dispuestos apuntando hacia arriba de manera vertical en la posición horaria 12:00. Están diseñados para dar lugar al llamado efecto neblina en caso de generarse un incendio que ponga en peligro la plataforma del muelle.



Figura 4.17. Rociadores del sistema de diluvio. **Fuente:** Propia. (2024)

Tras describir el funcionamiento del sistema diluvio bajo la plataforma del muelle, se expone en detalle la condición actual del sistema bajo estudio, proporcionando una visión clara de su estado operativo.

4.1.4. Diagnostico de la situación actual del Sistema de Diluvio

Con el fin de llevar a cabo el diagnóstico de las condiciones actuales, se recurrió a manuales de funcionamiento, historial de inspecciones, y se realizaron entrevistas no estructuradas al personal de operaciones y personal de mantenimiento relacionados con el sistema anti incendios del muelle.

En esta sección se describe la situación actual del sistema de diluvio del TMJ. Para ello, se conformó un Equipo Natural de Trabajo (ENT) (**ver Tabla 4.3**), encargado de analizar las fallas presentes en el sistema y proponer mejoras orientadas a su correcto funcionamiento. La participación del ENT resultó fundamental, ya que cada miembro aporta experiencia y conocimientos específicos sobre el sistema, lo que permite una visión integral de sus condiciones actuales y las posibles causas de su deterioro. Durante el proceso, se llevaron a cabo reuniones con los integrantes,

recolectando información y datos relevantes que respaldan el análisis realizado.

Tabla 4.3. Equipo Natural de Trabajo. Fuente: Propia. (2024)

Equipo Natural de Trabajo (ENT)	
Cargo	Cantidad de personas
Gerente de Operaciones del Terminal Marino	1
Gerente de Mantenimiento Mayor	1
Superintendente de Mantenimiento Mayor	1
Operadores del Terminal Marino	3
Confiabilidad	1
Supervisor del departamento de bomberos	1
Pasante	1
Total	9

De igual manera, se realizaron múltiples visitas de campo al área donde está instalado el sistema de diluvio, llevando a cabo inspecciones visuales que permitieron identificar diversas fallas físicas. Entre las principales se destacan la ausencia de rociadores (**Ver Fig. 4.18**) y rotura de rociadores (**ver Fig. 4.19**), pérdida de anclajes en las tuberías (**Ver Fig. 4.23**), acumulación de sedimentos en el interior de las mismas y una notable presencia de depósitos orgánicos en las superficies externas (**Ver Fig. 4.24**). Además, como se muestra en las **Figs. 4.20, 4.21 y 4.22**, se observó corrosión visible en las tuberías de acero al carbono que forman parte del sistema. Se observó alto deterioro por corrosión en los acoples de las tuberías con los rociadores. (**Ver Fig. 4.25**)



Figura 4.18. Ausencia y rotura de rociadores.

Fuente: Propia. (2024)



Figura 4.19. Ausencia de rociador, sedimentos en el interior y depósitos orgánicos en el exterior. **Fuente:** Propia. (2024)

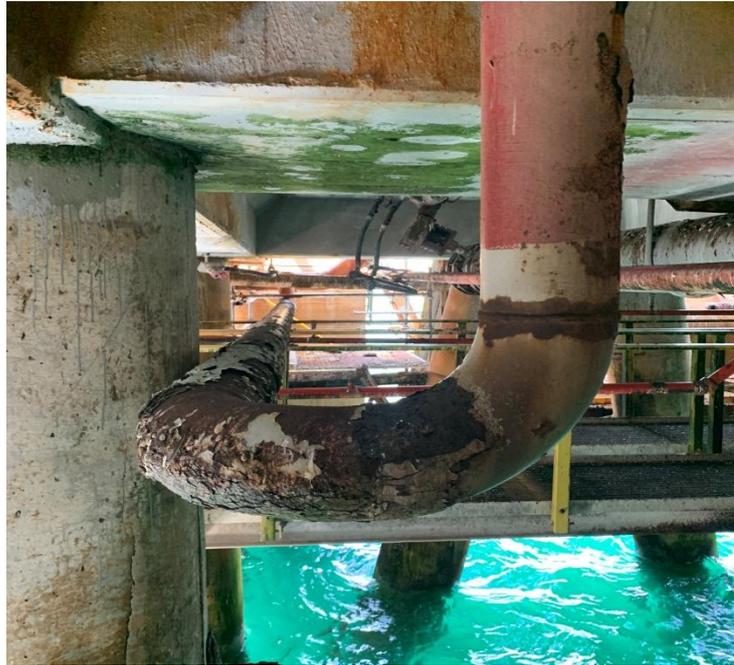


Figura 4.20. Corrosion avanzada en la tubería de 8" que contiene agua con espuma diluida. **Fuente:** Propia. (2024)



Figura 4.21. Visible corrosión en las tuberías.
Fuente: Propia. (2024)



Figura 4.22. Visible corrosión en las tuberías.

Fuente: Propia. (2024)

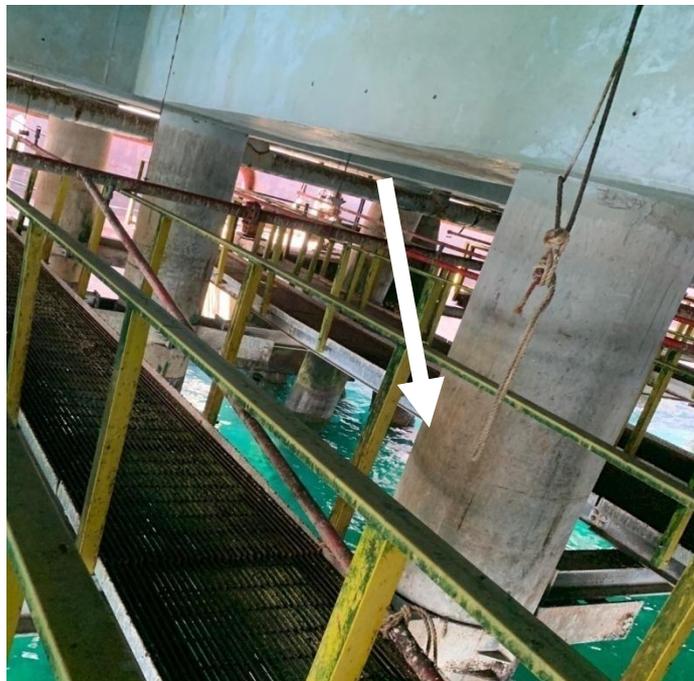


Figura 4.23. Perdida de anclaje de las tuberías. **Fuente:** Propia. (2024)



Figura 4.24. Presencia de depósitos orgánicos en las superficies externas de las tuberías. **Fuente:** Propia. (2024)

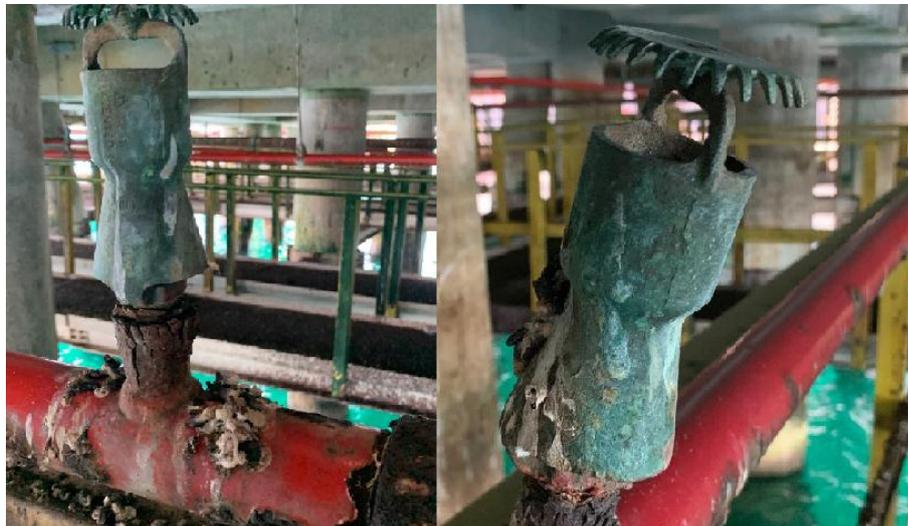


Figura 4.25. Corrosión en las tuberías y acoples. **Fuente:** Propia. (2024)

No se cuenta con un historial documentado de pruebas o inspecciones del sistema de diluvio. Sin embargo, tras investigar con el equipo natural de trabajo, se determinó que las fallas en la salida de agua a través de los rociadores han estado presentes por aproximadamente diez

años, con un deterioro progresivo a lo largo del tiempo. Este problema se atribuye principalmente al taponamiento de las tuberías, lo que impide el correcto flujo de agua hacia los rociadores.

De igual manera, existe un porcentaje de acoples que no cuentan con la presencia de rociador, en los cuales, se puede apreciar una corrosión galvánica avanzada, lo cual debilita la conexión con el rociador y genera su desprendimiento. De un total de 216 rociadores, aproximadamente 140 presentan un funcionamiento inadecuado, lo que representa el 70% del sistema comprometido. La situación afecta especialmente el área del muelle 9, limitando la capacidad del sistema para generar el efecto de neblina para lo cual fue diseñado y comprometiendo su eficacia en la respuesta ante incendios.

- **Estado actual del tanque de espuma D9-90920**

De igual manera, el tanque de espuma D9-90920, encargado de almacenar la espuma a ser mezclada con el agua para alimentar el sistema de diluvio fue inspeccionado. Se evidenció corrosión severa en la tapa de acceso, válvulas y accesorios, además de un deterioro significativo en el sistema de pintura aplicado y corrosión visible en el soporte del tanque. Asimismo, se detectó que la boca de visita no estaba en su lugar (**Ver Fig 4.26**), dejando el tanque expuesto al ambiente marino, caracterizado por altos niveles de cloruros y oxígeno, lo que puede acelerar la degradación de la espuma contenida.



Figura 4.26. Boca de visita abierta del tanque D9-90920, observándose corrosión severa. **Fuente:** Propia. **(2024)**



Figura 4.27. Estado actual de la espuma contenida en el tanque D9-90920. **Fuente:** PDVSA. **(2024)**

4.1.5. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio bajo la plataforma.

Con el fin de evaluar el desempeño operativo del sistema y su capacidad para cumplir con los parámetros de diseño, se llevó a cabo una prueba de funcionalidad en presencia del Equipo Natural de Trabajo, siendo un grupo multidisciplinario conformado por el personal de operaciones del Terminal Marino, Seguridad Industrial, Mantenimiento Operacional e Ingeniería de Mantenimiento.

Durante la prueba de funcionamiento del sistema de diluvio, se evidenció como falla principal la falta del efecto de neblina, esencial para el enfriamiento adecuado de la plataforma en caso de incendio. Para que el sistema de diluvio logre un efecto de neblina eficiente, el agua debe atomizarse en partículas finas que maximicen la absorción de calor. Sin embargo, durante la prueba, esto no ocurrió (**Ver Figs. 4.28 y 4.28**). El objetivo principal de este sistema es mitigar el riesgo de colapso estructural, reduciendo las temperaturas generadas por el fuego. No obstante, el taponamiento de las tuberías y rociadores compromete gravemente su operatividad, impidiendo que cumpla su función de manera eficiente. Se observó de igual manera la salida de agua por conexiones en las que no estaba instalado el rociador. (**Ver Fig. 4.30**) Se comprobó el adecuado funcionamiento de los sistemas de bombeo que alimentan al sistema de diluvio.



Figura 4.28. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio, donde se evidencia la falta de generación del efecto neblina. **Fuente:** Propia. (2024)



Figura 4.29. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio.
Fuente: Propia. (2024)



Figura 4.30. Prueba de funcionamiento al sistema de diluvio.
Ausencia de rociador. **Fuente:** Propia. **(2024)**

Con base en los hallazgos obtenidos durante la inspección visual y las pruebas de funcionamiento del sistema, se procedió a realizar un análisis de modos y efectos de fallas. Este análisis permite identificar y abordar las posibles causas de las fallas, proporcionando una base sólida para plantear acciones correctivas orientadas a mejorar la operatividad y confiabilidad del sistema.

4.2. Determinación de las causas por las cuales se presentan fallas por medio de un análisis del modo y efectos de fallas (AMEF).

Con el fin de identificar las posibles causas de las fallas en el sistema de diluvio del Terminal Marino y los efectos que se producen debido a su aparición, se realizó un Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) del sistema. La información recopilada provino de notas de inspección, manuales operacionales de la empresa, entrevistas efectuadas al equipo natural de trabajo (ENT), e inspecciones de campo.

Para la aplicación de esta técnica, y siguiendo la recomendación del ENT, se seleccionaron las tuberías y los rociadores como los componentes principales del sistema de diluvio a analizar. Estos elementos fueron objeto del AMEF, ya que representan los componentes más susceptibles a fallas que podrían comprometer el correcto funcionamiento del sistema.

Cabe destacar que, en esta área en particular, la empresa no cuenta con historiales de mantenimiento, ni registros de fallas. Por ello, la información requerida para cumplir con este objetivo fue obtenida a partir de los manuales de la empresa y las entrevistas realizadas al personal de mantenimiento y operaciones.

4.2.1. Descripción del formato usado para la elaboración del AMEF.

El formato desarrollado consta de tres partes fundamentales:

1. La primera parte corresponde al encabezado característico de la empresa PDVSA Gas, haciendo referencia que el mismo es una hoja de información de registro del AMEF.
2. La segunda parte identifica el equipo, el área al cual pertenece, la nomenclatura para identificar el efecto de la falla y los responsables del análisis.
3. En el tercer paso primeramente se procedió a identificar las bases y aplicación del AMEF, donde se establecieron las funciones de los

equipos y los niveles de desempeño, seguidamente se describieron las fallas funcionales posibles a ocurrir, es decir, se identificó cuando el elemento es capaz de satisfacer su criterio de funcionamiento deseado; de igual manera se determinaron los modos de fallas que tienen más posibilidades de ocasionar la pérdida total o parcial de una función que pueden presentarse en los equipos críticos.

4.2.2. Realización del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

En las Tablas 4.4, 4.5 y 4.6, se muestran los análisis del modo y efecto de fallas de los rociadores. De igual manera, en las tablas 4.7 y 4.8 se expone el análisis aplicado a las tuberías del sistema.

Tabla 4.4. Análisis de modos y efectos de fallas para los rociadores del sistema de diluvio. **Fuente:** Propia. (2024)

		Hoja de información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) Sistema de Diluvio del Terminal Marino					
Equipo: Rociadores		Realizado por: María V. González			Revisado por: Ing. José Luis Rojas		
Área: 590		Fecha: Julio 2024					
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA
1	Descargar agua creando una cortina tipo neblina	A	No genera salida de agua	1A	Obstrucción total del rociador	Imposibilidad de proteger la plataforma del muelle al momento de generarse un incendio de hidrocarburos líquidos	-Presencia de corrosión interna en las tuberías. -Acumulación de sedimentos. -Obstrucción total de la conexión entre el rociador y la tubería. -Degradación de la espuma -Desgaste del material
				2A	No llega agua a los rociadores	Imposibilidad de proteger la plataforma del muelle al momento de generarse un incendio de hidrocarburos líquidos	-Obstrucción de las líneas -Falla en la conexión entre la tubería matriz y las tuberías que contienen los rociadores -Indisponibilidad de las bombas -Falla en la activación del sistema

				3A	Válvula de diluvio defectuosa	El sistema no libera agua, desprotegiendo la plataforma del muelle	-Fallo mecánico en la válvula -Falta de mantenimiento
--	--	--	--	----	-------------------------------	--	--

Tabla 4.5. Continuación del AMEF para los rociadores del sistema de diluvio. **Fuente:** Propia. (2024)

		Hoja de información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) Sistema de Diluvio del Terminal Marino							
Equipo: Rociadores			Realizado por: María V. González		Revisado por: Ing. José Luis Rojas				
Área: 590			Fecha: Julio 2024						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	
1	Crear cortina de agua tipo neblina. Caudal 11 gpm	B	Salida de agua a baja presión	1B	Fugas en la tubería de alimentación de agua	Ineficiencia en la cobertura de agua. No se genera el efecto neblina causando que no sea posible una respuesta efectiva del sistema al momento de generarse un incendio.	- Perforación en tuberías -Tuberías defectuosa -Obstrucción parcial en tuberías. -Presión insuficiente del sistema. -Bombeo defectuoso. -Acumulación de sedimentos		
				2B	Rotura o ausencia de los rociadores	Imposibilidad de crear el efecto neblina, reduciendo la efectividad del sistema.	-Daño físico en el rociador. -Impacto mecánico. -Daño por corrosión atmosférica -Daño por Corrosión interna		

				3B	Obstrucción parcial en el rociador.	Reducción del flujo de agua y deficiencia en la descarga, debilitando la protección de la plataforma	-Acumulación de suciedad, productos de corrosión o residuos en el rociador. -Acumulación de sedimentos -Acumulación de material orgánico de aves.
--	--	--	--	----	-------------------------------------	--	---

Tabla 4.6. Continuación del AMEF para los rociadores del sistema de diluvio. **Fuente:** Propia. (2024)

		Hoja de información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) Sistema de Diluvio del Terminal Marino					
Equipo: Rociadores			Realizado por: María V. González			Revisado por: Ing. José Luis Rojas	
Área: 590			Fecha: Julio 2024				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA
1	Crear cortina de agua tipo neblina. Caudal 11 gpm	B	Salida de agua a baja presión	4B	Degradación del rociador	El rociador no funciona correctamente.	-Daño por corrosión atmosférica -Daño por Corrosión interna - Exposición a ambientes corrosivos sin protección adecuada

Tabla 4.7. Análisis de modos y efectos de fallas para las tuberías del sistema de diluvio. **Fuente:** Propia. (2024)

		Hoja de información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) Sistema de Diluvio del Terminal Marino					
Equipo: Tuberías del sistema de diluvio			Realizado por: María V. González		Revisado por: Ing. José Luis Rojas		
Área: 590			Fecha: Julio 2024				
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	
1	Alimentar de agua a los rociadores Presión 175psig	A	No genera salida de agua	1A	Obstrucción total del área transversal de las tuberías	Imposibilidad de hacer llegar el agua a los rociadores, desprotegiendo el sistema	-Presencia de corrosión interna -Presencia de oxígeno en la tubería. -Corrosión por aireación diferencial -Degradación de las tuberías -Acumulación de sedimento e incrustaciones.
				2A	No llega agua a las tuberías	Imposibilidad de hacer llegar el agua a los rociadores, desprotegiendo el sistema	Obstrucción de las líneas Falla en la conexión entre la tubería matriz y las tuberías que contienen los rociadores

						Indisponibilidad de las bombas
			3A	Rotura total de las tuberías	Imposibilidad de hacer llegar el agua a los rociadores, desprotegiendo el sistema	-Impacto mecánico -Instalación deficiente -Fallas en uniones o accesorios -Exposición prolongada a ambiente marino

Tabla 4.8. Continuación del análisis de modos y efectos de fallas para las tuberías del sistema de diluvio.

Fuente: Propia (2024)

		Hoja de información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) Sistema de Diluvio del Terminal Marino							
Equipo: Tuberías del sistema de diluvio			Realizado por: María V. González		Revisado por: Ing. José Luis Rojas				
Área: 590			Fecha: Julio 2024						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	
1	Alimentar de agua a los rociadores	B		1B	Fugas por orificios en las tuberías	No llega a los rociadores la presión de agua necesaria para lograr el efecto neblina	-Perforación -Tubería defectuosa -Picaduras por corrosión severa		
				2B	Obstrucción parcial de las tuberías	No llega a los rociadores la presión de agua	-Formación de depósitos minerales -Acumulación de productos		

	Presión 175psig		Reducción del flujo de agua		necesaria para lograr el efecto neblina	corrosivos o biológicos.
				3B	Degradación de la tubería	Funcionamiento deficiente, imposibilidad de que el sistema cumpla su función.

Una vez realizado el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), se obtuvieron como resultado, en total 2 funciones, 4 fallas funcionales y 13 modos de fallas. En la Tabla 4.9 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para ambos componentes analizados.

Tabla 4.9. Resumen resultados AMEF. **Fuente:** ENT.

	RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF).		
Equipo	Cantidad de funciones	Cantidad de fallas funcionales	Cantidad de modos de falla
Tuberías	1	2	6
Rociadores	1	2	7

Tras el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) aplicado a las tuberías y rociadores del sistema de diluvio, se identificaron un total de 13 posibles modos de falla, 6 para las tuberías y 7 para los rociadores. No obstante, al complementar esta evaluación con la inspección visual y la prueba de funcionamiento previamente realizadas, fue posible descartar ciertos modos de falla en función de las condiciones operativas observadas.

En el caso de las tuberías, se ha determinado que los modos de falla que se presentan en el sistema son: fugas por orificios, obstrucción parcial de la tubería, y degradación del material de la tubería. Por su parte, en los rociadores se han identificado los siguientes modos de falla: fugas en la tubería de alimentación, degradación del componente, y obstrucción parcial del rociador.

Durante la inspección visual y la prueba de funcionamiento, se verificó el correcto desempeño de componentes como la válvula de diluvio y las bombas del sistema. Asimismo, si bien se detectó la rotura de ciertos rociadores, la cantidad observada no representa un impacto significativo para indicar una falla directa en el material de los mismos. En este sentido, se determina que las tuberías constituyen el principal factor de riesgo, ya que sus fallas comprometen la funcionalidad del sistema de diluvio.

4.3. Pruebas para determinar la integridad mecánica del sistema de diluvio del Terminal Marino de la PFDJ.

A partir de los modos de falla identificados para los rociadores y las tuberías, y comparándolos con los resultados de la prueba de funcionamiento realizada en el sistema, se determinó que el componente que presenta mayor problemática son las tuberías. Por esta razón, el enfoque principal se centró en ellas, siguiendo la recomendación del Equipo Natural de Trabajo (ENT). Para evaluar su estado, se llevaron a cabo pruebas destinadas a determinar su integridad mecánica, lo que permitió analizar el comportamiento del deterioro y conocer con mayor precisión las posibles causas del taponamiento.

En función a esto, se obtuvieron dos muestras de tubería de diámetro 2" (**Ver Fig 4.31**), las cuales fueron objeto de análisis. Con el apoyo de la gerencia de materiales y confiabilidad operacional de PDVSA-INTEVEP. Las superficies internas de las tuberías poseen morfología irregular y coloración marrón asociadas a corrosión interna en presencia de agua. Sin embargo a simple vista no se detectaron pérdidas de espesor relevantes en ninguna zona. No se observó ningún signo de deformación plástica, ni alguna otra evidencia de falla diferente a los taponamientos reportados.

Para ello, se le realizó un corte transversal a la tubería, donde, a nivel interno se observó una gran cantidad de depósitos oscuros con baja adherencia respecto a la pared de los tubos, y otro tipo de depósitos de coloración marrón clara específicamente en el área de conexión de los aspersores, esta área puede observarse desde una vista superior, donde se observan los depósitos, en la **Fig. 4.32**. En la **Figs. 4.33 y 4.34** se puede observar el corte transversal de las muestras, evidenciando que la obstrucción de las mismas representa un aproximado del 80% del área transversal.

No se consideró necesaria la realización de pruebas de medición de espesor, ya que durante la inspección inicial de la tubería no se evidenció una pérdida de espesor significativa en las muestras. La única anomalía visible correspondía al taponamiento interno del conducto, por lo que los estudios se enfocaron específicamente en la caracterización de los depósitos presentes con el objetivo de comprender su naturaleza, origen e impacto sobre el funcionamiento del sistema.

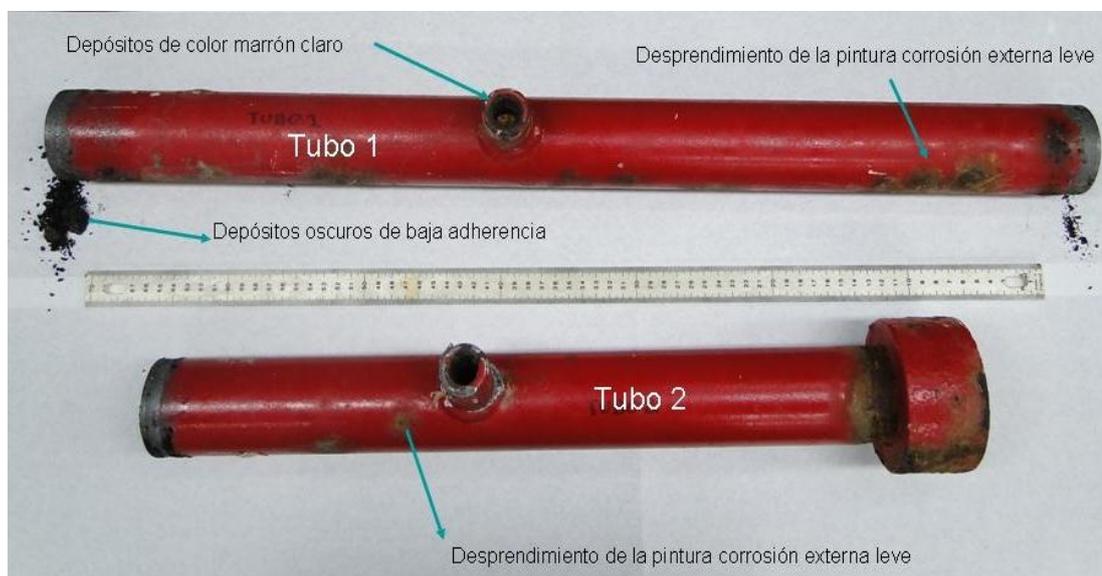


Figura 4.31. Secciones de muestra de tuberías pertenecientes al sistema de diluvio ubicado en el terminal marino. **Fuente: PDVSA-INTEVEP.**

(2024)



Figura 4.32. Sección de muestra n°1. Zona de empalme con el rociador.

Fuente: PDVSA-INTEVEP. (2024)



Figura 4.33. Corte transversal de la muestra de tubería.

Fuente: PDVSA-INTEVEP. (2024)



Figura 4.34. Corte transversal de la muestra de tubería.

Fuente: PDVSA-INTEVEP. (2024)

El estudio mediante pruebas y el análisis de los depósitos presentes en el interior de la muestra de tubería permiten obtener información fundamental sobre las condiciones internas y los procesos que influyen en el material, lo que contribuye de manera significativa al diagnóstico de su integridad mecánica. Para analizar las muestras, a través del equipo de PDVSA-INTEVEP, se les realizaron análisis mediante las técnicas de Energía Dispersiva de Rayos X (EDS), Difracción de Rayos X (DRX), Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), Espectroscopia de Emisión Óptica, y un análisis físico-químico del agua del proceso.

4.3.1. Análisis por Energía Dispersiva de Rayos X

Las muestras fueron sometidas en primer lugar a un análisis mediante espectroscopia de energía dispersiva por rayos X (EDS), con el fin de determinar la composición elemental de materiales sólidos. Este análisis se realiza a través de un espectrómetro EDS, el cual detecta la energía emitida por el elemento y la cuantifica. El resultado es un espectro que indica la

presencia y la proporción relativa de los elementos químicos en la zona analizada. Los resultados proporcionan un análisis cualitativo y cuantitativo de los elementos detectados, lo que ayuda a comprender la naturaleza del material y su comportamiento en el entorno estudiado.

- **Depósitos color marrón oscuro de baja adherencia**

Los productos oscuros, de baja adherencia con respecto a la superficie interna de los tubos, fueron extraídos de diferentes zonas del mismo y mezclados para lograr un muestreo homogéneo. Los resultados del análisis por espectroscopia de energía dispersiva de rayos X, indicaron como señales relevantes los elementos mostrados en la Tabla 4.10. La presencia relevante de carbono (C), es indicativa de la naturaleza orgánica de los depósitos. La presencia de hierro y oxígeno se asocia a la formación de óxidos de hierro. El espectro EDS obtenido del análisis se puede observar en la Fig. 4.34

Tabla 4.10. Resultados del análisis por energía dispersiva de Rayos X en los depósitos de color marrón oscuro. **Fuente: INTEVEP. (2024)**

Elemento	Peso Molecular %	Peso Atómico %
C	34,74	49,04
N	08,01	09,69
O	28,63	30,34
Fe	18,48	05,61
Na	00,68	00,50
Mg	00,90	00,63
Si	00,56	00,34
P	01,44	00,79
S	01,94	01,02
Cl	01,04	00,50

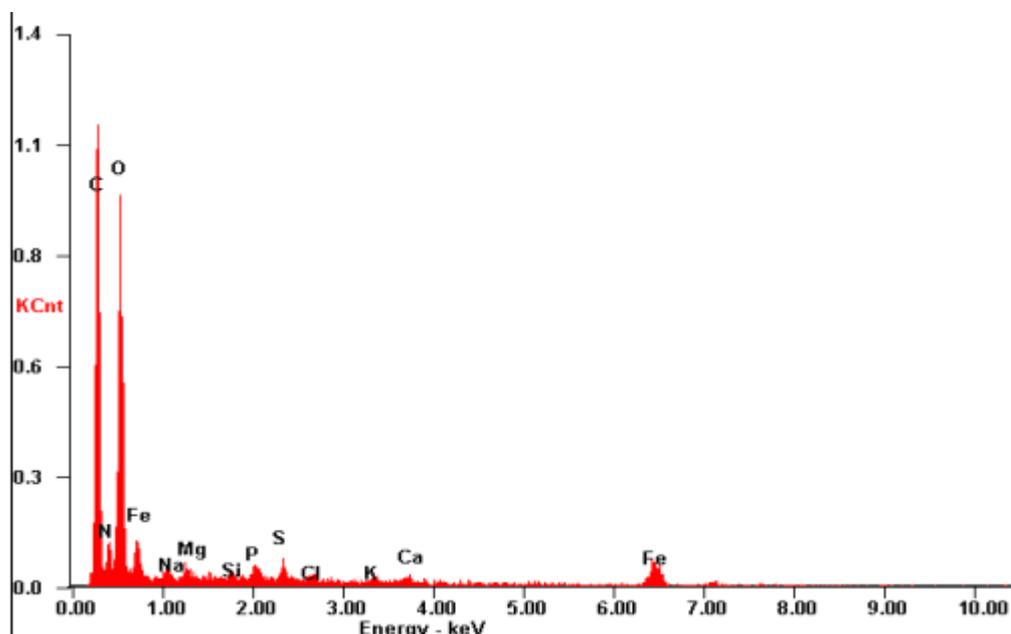


Figura 4.34. Detalle del Espectro EDS obtenido de los depósitos oscuros abundantes y de baja adherencia en la parte interna de los tubos. **Fuente:** PDVSA-INTEVEP. (2024).

De acuerdo con los resultados obtenidos para los depósitos oscuros de baja adherencia y considerando que se encontraron en gran abundancia en la parte interna de la tubería, sin observarse una pérdida significativa de espesor en la pared, se puede concluir que, como se evidenció en el análisis de EDS, estos depósitos son predominantemente de naturaleza orgánica, arrastrados por el flujo dentro de las tuberías.

- Depósitos color marrón claro ubicados en la conexión con los rociadores

Los depósitos de coloración clara, encontrados específicamente en la conexión con los rociadores, dieron como resultado los elementos señalados en la Tabla 4.11. Los elementos de mayor porcentaje en peso fueron carbono (C), azufre (S), nitrógeno (N), oxígeno (O), hierro (Fe), y potasio (K).

Tabla 4.11. Resultado del análisis por energía dispersiva de rayos X (EDS), en los depósitos de color marrón claro. **Fuente: INTEVEP. (2024)**

Elemento	Peso Molecular %	Peso Atómico %
C	24,25	38,38
N	06,46	08,76
O	29,81	35,43
Fe	22,42	07,63
Na	00,81	00,67
Mg	01,20	00,94
P	00,66	00,41
S	06,71	03,92
Cl	01,63	00,88
K	04,36	02,12
Ca	01,69	00,80

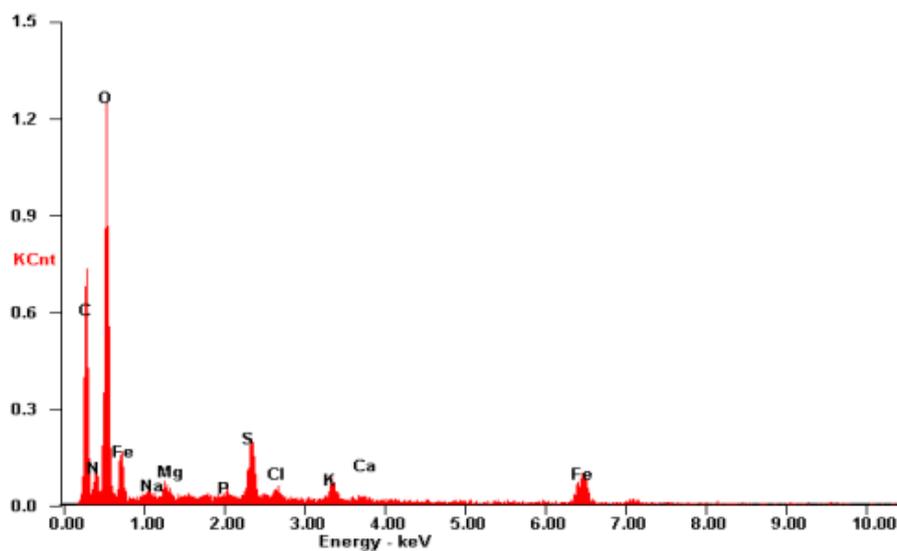


Figura 4.35. Detalle del Espectro EDS aplicado a los depósitos de color marrón claro encontrados en la conexión con los aspersores. **Fuente: PDVSA-INTEVEP. (2024)**

El análisis EDS de los depósitos encontrados en la conexión con los aspersores revela una composición predominantemente de oxígeno, carbono, hierro y azufre, lo que sugiere la presencia de óxidos de hierro y posibles sulfatos o cloruros. Esto indica un proceso de corrosión activa en el sistema, probablemente acelerado por la presencia de compuestos en el agua utilizada. Además, la detección de calcio y potasio sugiere la acumulación de residuos minerales. La combinación de estos factores puede afectar el rendimiento del sistema, obstruyendo los aspersores y reduciendo su eficacia.

- **Depósitos adheridos a la superficie interna del tubo**

Se obtuvieron muestras a través de un raspado a la superficie interna de la tubería, obteniendo los depósitos que estaban adheridos a la misma. A través del espectro EDS (**Ver Fig. 4.36**) se encontró que en la superficie del tubo, los depósitos adheridos corresponden a productos de corrosión (Óxido de Hierro), puesto que las señales más relevantes fueron Hierro y Oxígeno. Ver Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Resultados del análisis semi-cuantitativo por energía dispersiva de Rayos X, aplicado a las zonas adyacentes a la superficie metálica.

Fuente: INTEVEP. (2024)

Elemento	Peso Molecular %	Peso Atómico %
C	01,33	03,10
O	33,40	58,55
Fe	41,31	20,75
Na	01,79	02,18
Mg	02,59	02,99
Si	01,53	01,53
K	03,95	02,83

Ca	04,59	03,21
----	-------	-------

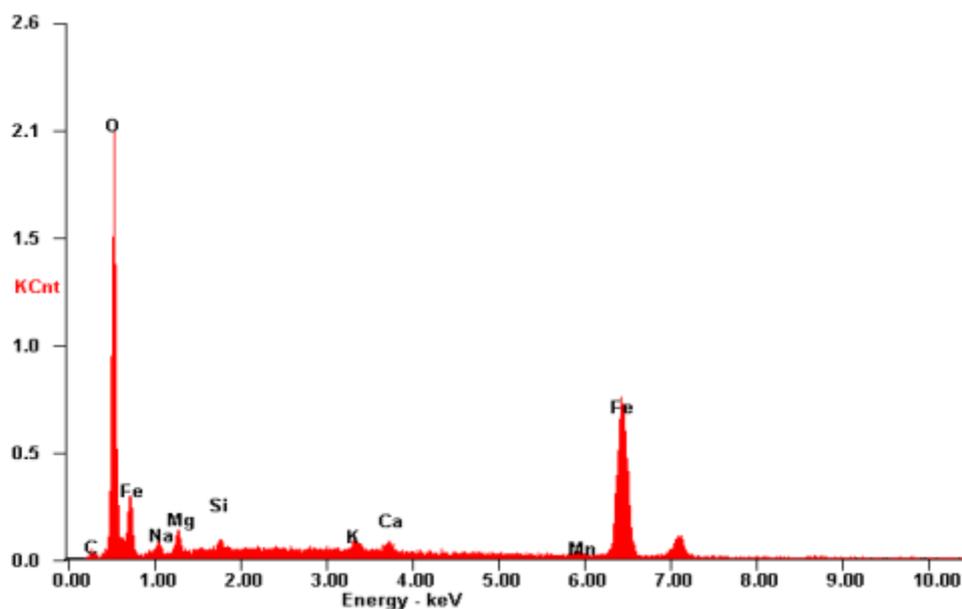


Figura 4.36. Detalle del Espectro EDS aplicado a los depósitos adyacentes a la superficie metálica de los tubos. **Fuente: PDVSA-INTEVEP. (2024)**

El análisis EDS revela que los elementos principales en la muestra son oxígeno (O), hierro (Fe) y carbono (C), lo que indica la presencia de óxidos de hierro asociados a procesos de corrosión, junto con carbono que podría provenir de residuos de espuma degradada o contaminación orgánica. Además, se detectan cantidades significativas de nitrógeno (N) y azufre (S), sugiriendo la posible formación de compuestos sulfatados. Como elementos secundarios, se identifican sodio (Na), magnesio (Mg), fósforo (P), cloro (Cl), potasio (K) y calcio (Ca), los cuales pueden estar relacionados con contaminantes en el agua o depósitos de sales en la superficie del material analizado.

4.3.2. Análisis de difracción de rayos X

De igual manera, los depósitos fueron sometidos a un análisis de difracción de rayos X, este análisis se lleva a cabo utilizando un difractómetro de rayos X. En el proceso, un haz de rayos X incide sobre la muestra y el equipo registra la intensidad de los rayos difractados en función del ángulo de incidencia. El patrón resultante, conocido como difractograma, permite identificar las fases cristalinas presentes al compararlo con bases de datos cristalográficas.

Esta técnica se utilizó para identificar la estructura cristalina de materiales, con el objetivo de determinar la estequiometría de los depósitos observados e identificar los compuestos presentes. A partir de los resultados proporcionados por INTEVEP, fue posible identificar diferentes compuestos presentes en los depósitos.

En los depósitos adyacentes a la superficie interna se encontraron óxidos de hierro como Hematita (Fe_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4) e Hidróxido de óxido de hierro $\text{Fe}_3\text{O}(\text{OH})$, todos estos compuestos asociados a la corrosión del acero en presencia de oxígeno y humedad.

- **Depósitos color marrón claro ubicados en el área de conexión con los rociadores.**

Los depósitos detectados específicamente en la posición horaria 12:00 de la muestra, de coloración clara, encontrados en la conexión con el rociador, mostraron como resultado de la identificación de compuestos a través de la difracción de rayos X, la presencia de Hidróxido de Sulfato de Potasio Férrico $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, compuesto que debió formarse por el largo tiempo que las tuberías permanecieron en presencia de líquido remanente, sin circulación de fluido. La presencia de $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ sugiere que el sistema ha estado expuesto a condiciones corrosivas, probablemente debido a la combinación de agua estancada, sulfatos y la descomposición de espumas.

- **Depósitos color marrón oscuro**

Los compuestos orgánicos que se detectaron a través del análisis por EDS en este tipo de depósitos, no pueden ser verificados a través del análisis por difracción de rayos X, debido a que este método no tiene la capacidad de determinar compuestos amorfos (orgánicos). Se infiere que la cantidad de depósitos orgánicos puede deberse principalmente a la presencia de la espuma ANSUL 73972 Fluoroprotein al 3%, y CHEMGUARD C 361 D 3% / 6% en el sistema, que al descomponerse, tal como indica la hoja técnica del producto (Ver Anexo A.1), pueden formar óxidos de nitrógeno, sulfuros o compuestos orgánicos a base de Carbono. Se destaca que este sistema ha estado ocupado de agua con espuma disuelta sin que haya circulación del fluido y totalmente despresurizado durante un largo tiempo. También se infiere una posible presencia de contaminantes en las fuentes de suministro de agua, como contaminación con coque.

4.3.3. Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) a los depósitos adheridos a la superficie interna de la tubería.

Adicionalmente, los depósitos de mayor adherencia, que fueron raspados directamente de la superficie interna de la tubería, fueron analizados mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Esta técnica permite obtener imágenes de alta resolución de la morfología superficial del material, gracias a la interacción de un haz de electrones con la muestra. El análisis SEM proporciona información detallada sobre la textura, tamaño y forma de las partículas, así como evidencia visual de fenómenos asociados a procesos de incrustación o corrosión. Esta información resulta fundamental para complementar los análisis composicionales y estructurales, y para una mejor comprensión del origen y evolución de los depósitos presentes en el sistema.

En la **Fig. 4.37** se puede observar la imagen microscópica obtenida a través del MEB.

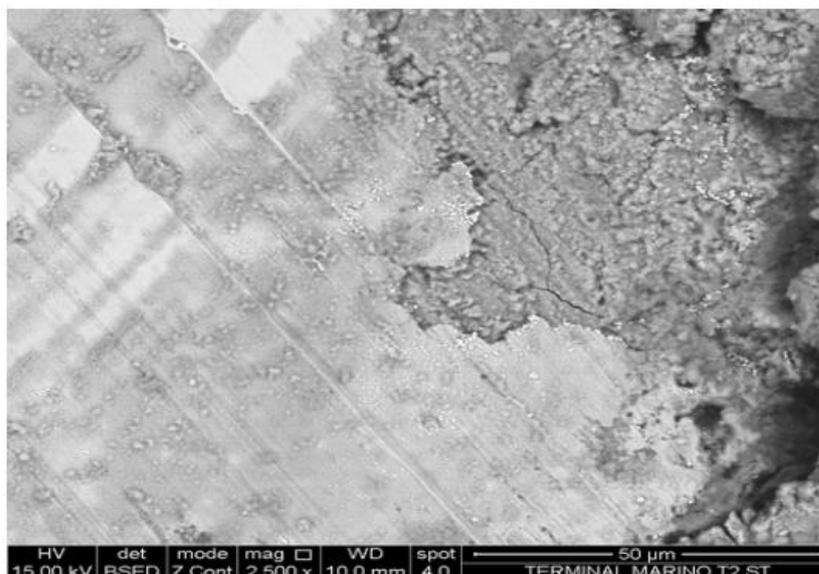


Figura 4.37. Estudio de Microscopio Electrónico de Barrido.

Fuente: INTEVEP. (2024)

El análisis realizado mediante Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) de los depósitos en la superficie interna de la tubería revela áreas con morfologías rugosas y porosas, características que sugieren la formación y acumulación de productos de corrosión. Se identifica la presencia de compuestos inorgánicos, como los óxidos de hierro, lo que indica la interacción del acero con un ambiente húmedo y oxigenado, favoreciendo la formación de dichos productos y el deterioro progresivo del material. Estos resultados son clave para entender las condiciones operativas del sistema y para desarrollar estrategias de mitigación adecuadas.

4.3.4. Espectroscopia de emisión óptica para determinar de la composición química del material.

A través de INTEVEP, se realizó un análisis de espectroscopia de emisión óptica, técnica empleada para determinar la composición química del material

con el que están fabricadas las tuberías del sistema de diluvio. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13. Composición química del material de fabricación de las tuberías del sistema de diluvio. **Fuente: INTEVEP. (2024)**

Elemento	% en Peso
Fe	98.72
C	0.211
Si	0.146
Mn	0.732
Cr	0.191
Ni	0.012
Mo	0.000
Cu	0.083
Al	0.036
V	0.011
W	0.000
Ti	0.000
Nb	0.010
B	0.002
S	0.090
P	0.000

Al analizar los resultados, se puede observar que el material está compuesto en un 98.72% de hierro (Fe), con pequeñas cantidades de carbono (C), silicio (Si), manganeso (Mn), cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu), aluminio (Al), vanadio (V), niobio (Nb), boro (B) y azufre (S). La alta concentración de hierro y la presencia de pequeñas cantidades de carbono, silicio, manganeso determinan que se trata de un acero al carbono o un acero de baja aleación.

Debido a su elevado contenido de hierro y su baja concentración de elementos de aleación protectores en su composición, este acero muestra una alta susceptibilidad a la corrosión, especialmente cuando se expone a un ambiente con condiciones corrosivas.

4.3.5. Análisis físico-químico del agua del proceso.

Para obtener mayores evidencias que confirmen la ocurrencia del fenómeno de degradación observado, se solicitó el análisis físico-químico de muestras de agua contra incendio que circula en la parte interna de las tuberías. El resultado de este análisis puede observarse en la **Tabla 4.14**. En general se trata de un agua con un pH neutro con un contenido significativo de hierros y de cloruros.

Tabla 4.14. Composición química del agua de servicio del sistema SACI de la muestra tomada en el drenaje de los rociadores del muelle. **Fuente:** PDVSA. (2024)

Parámetro	Valor
pH	7.1
Cloruro (ppm)	17.25
Sulfato (ppm)	12
Dureza Total (ppm)	0
Dureza Cálcica (ppm)	0
Dureza Magnésica (ppm)	0
DQO (ppm)	4
Plomo (ppm)	<0.01
Hierro (ppm)	7.69
Sólidos suspendidos (ppm)	163
Sólidos disueltos (ppm)	42.6
Turbiedad (ppm)	45

El análisis de la muestra de agua tomada del drenaje de los rociadores del sistema de diluvio, debajo de la plataforma del muelle, indica que el agua es químicamente blanda, con pH neutro y baja concentración de dureza total, lo que sugiere la ausencia de sales de calcio y magnesio. Sin embargo, la alta concentración de hierro (7.69 ppm), junto con elevados niveles de sólidos suspendidos (163 ppm) y turbidez (45 ppm), sugiere un proceso de corrosión en las tuberías o acumulación de sedimentos en el sistema. La presencia de cloruros (17.25 ppm) y sulfatos (12 ppm) en concentraciones moderadas podría contribuir a la corrosión metálica. En cuanto a la toxicidad, los niveles de plomo son prácticamente inexistentes (<0.01 ppm), lo cual es un dato positivo.

El sistema de diluvio, con rociadores de tipo abierto que permiten la entrada de aire, fomenta la corrosión interna debido a la constante presencia de oxígeno en las tuberías. Especialmente en sistemas que no están llenos de agua de manera permanente ni presurizados, el oxígeno reacciona con el metal, formando capas de hidróxido de hierro con una adherencia suficiente para promover la formación de celdas de aireación diferencial y corrosión localizada.

Aunque no se reportaron los valores de oxígeno disuelto, se sabe que el sistema SACI en el área de rociadores del muelle es aireado, lo que permite la introducción de oxígeno a las tuberías en varios puntos. Si la concentración de oxígeno disuelto es baja, el crecimiento de los productos de corrosión es lento. No obstante, en este caso, se ha observado que el taponamiento ha sido crítico en los últimos años, lo que sugiere una alta concentración de oxígeno disuelto que no fue reportada en el estudio.

4.3.6. Análisis de Resultados

La obstrucción en las tuberías del sistema de diluvio se debe a la acumulación de depósitos de origen orgánico y a los efectos de la corrosión interna. En primer lugar, los depósitos orgánicos pueden formarse por la degradación de la espuma retenida en las tuberías en reposo y con periodos sucesivos de inyección, lo que da lugar a la generación de compuestos como óxidos de nitrógeno, sulfuros o sustancias orgánicas a base de carbono, de igual forma la presencia de depósitos puede deberse a contaminación en las fuentes de almacenamiento de agua, por coque u otro contaminante y a la debilidad en la frecuencia de drenaje o limpieza de la tubería. La falta de un drenaje adecuado permite que los residuos permanezcan estancados en las tuberías, favoreciendo tanto la corrosión del material como la formación de depósitos orgánicos e inorgánicos que contribuyen al taponamiento del sistema.

En segundo lugar, las tuberías de acero al carbono del sistema de diluvio están expuestas a corrosión atmosférica debido a la alta presencia de cloruros en el ambiente marino. No obstante, la corrosión que afecta con mayor intensidad la confiabilidad del sistema es la corrosión interna por aireación diferencial. Este tipo de corrosión ocurre en zonas donde se estanca el líquido dentro de la tubería, generando diferencias en la concentración de oxígeno. En estas condiciones, se forman celdas electroquímicas que aceleran la degradación del material, pudiendo provocar pérdida de metal y la aparición de picaduras en las tuberías. La combinación de estos factores ha deteriorado progresivamente el estado del sistema, comprometiendo su operatividad y confiabilidad.

Aunque la corrosión es uno de los agentes de degradación identificado en el sistema, no se realizó un estudio específico para evaluar este fenómeno, ya que uno de los objetivos de la caracterización de los depósitos era precisamente confirmar o descartar la presencia de corrosión en las tuberías. A través de los estudios realizados, se identificaron

depósitos de características corrosivas, lo que permitió confirmar la presencia de este fenómeno. De esta manera, se pudo establecer que la corrosión es, efectivamente, un factor relevante en el deterioro de las tuberías, sin la necesidad de realizar un estudio separado exclusivo para este fin.

A partir de lo expuesto, en el siguiente objetivo se plantea un plan de mejoras dirigido a mitigar los efectos de la corrosión y la acumulación de sedimentos, con el fin de optimizar el funcionamiento del sistema.

4.4. Propuesta de mejoras al sistema de diluvio del Terminal Marino

Con base a los objetivos previamente expuestos, se logró recopilar la información necesaria para esta etapa, en la cual se presentan propuestas de acciones correctivas de aplicación inmediata, actividades de mantenimiento y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

Es importante mencionar que se propone mantener el diseño y la disposición actual del sistema de diluvio, evitando modificaciones estructurales innecesarias. El análisis realizado indica que las fallas no se deben al diseño del sistema, sino a la falta de mantenimiento de sus componentes.

Dado que no se tomó en cuenta la medición de espesor en este estudio, no se realizó el cálculo de vida remanente de la tubería. Sin embargo, el estado de deterioro del sistema es tan avanzado que, siguiendo las recomendaciones del Equipo Natural de Trabajo (ENT), las propuestas no se centraron en la evaluación de los tramos de tubería aún operativos. En lugar de ello, las soluciones se enfocaron en abordar el problema de manera integral, con una visión a largo plazo. El objetivo principal fue proponer una solución que resuelva las fallas de raíz, aumentando la confiabilidad del sistema a lo largo de un período mínimo de 20 años, garantizando que no se repitieran las condiciones actuales.

Se detallan las actividades que deben ejecutarse de manera inmediata para restablecer el funcionamiento del sistema de diluvio del Terminal Marino. Posteriormente, se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo con frecuencias definidas para la ejecución de cada actividad. Estas actividades y sus respectivas frecuencias son determinadas por el equipo de mantenimiento, que forma parte del equipo natural de trabajo (ENT), la determinación de las frecuencias se hizo bajo la revisión de las normas NFPA 25 y PDVSA-EM-18-11/08., y se presentan en la Tabla 4.16.

Todas las actividades propuestas han sido aprobadas por el ENT y están diseñadas para garantizar que las acciones correctivas se apliquen con la mayor prontitud posible. De esta manera, el sistema de diluvio podrá

operar nuevamente de forma óptima, reforzando así la protección tanto de los activos materiales como de las vidas humanas en el Terminal Marino.

4.4.1. Propuesta correctiva

Se propone un reemplazo de los componentes principales del sistema de diluvio con la finalidad de garantizar su óptimo funcionamiento y mejorar su resistencia a condiciones ambientales adversas. La renovación debe incluir:

4.4.1.1. Acciones correctivas de prioridad alta

- **Sustitución de tuberías por un nuevo material más resistente a la corrosión y a las condiciones ambientales del muelle.**

Se sugiere el material fibra de vidrio reforzada, acorde con la normativa aprobada por PDVSA EM-18-11/07 “Tuberías de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (FRP) Para Aplicaciones en Sistemas Contra Incendio”, para minimizar el taponamiento de rociadores, debido a que la fibra de vidrio no es susceptible a sufrir daños de corrosión por aireación diferencial y no permite la formación de capas de sales minerales. Las tuberías y accesorios de fibra de vidrio para esta aplicación poseen características como alta resistencia a la corrosión interna y externa, superficie lisa y pulida que evita las incrustaciones de sales minerales, no requiere recubrimientos adicionales ni protección catódica, lo que reduce significativamente los costos de mantenimiento a largo plazo. Además, su bajo peso facilita la instalación y disminuye la carga estructural en la plataforma. Es importante mencionar que este material tiene un tiempo de vida útil mínimo de 20 años. Cabe destacar que existe experiencia en PDVSA, respecto al uso de fibra de vidrio, específicamente en la Planta de Distribución Bajo Grande desde el año 2002, donde anteriormente presentaban perforación en las tuberías por corrosión severa y taponamiento de los rociadores, y en la actualidad se han obtenido resultados satisfactorios. En la **Tabla 4.15** se expone un cuadro comparativo entre el material instalado actualmente en las tuberías

(Acero al Carbono) y el material sugerido (Tuberías plásticas reforzadas con fibra de vidrio).

La sustitución total de las tuberías por tuberías plásticas con recubrimiento de fibra de vidrio se plantea como la solución principal para mitigar de manera definitiva los problemas asociados a la corrosión. Este material, al no ser susceptible a la corrosión, representa una solución efectiva frente a los desafíos del ambiente marino altamente corrosivo y agresivo, garantizando que el problema se solucione de raíz y no se reproduzca en el futuro.

De acuerdo con la norma PDVSA EM-18-11/07, todas las bridas, conexiones, y demás accesorios deberán ser fabricados con los mismos materiales (fibra y resina) utilizados para la fabricación de los tubos. (Ver Anexo A.3)

Tabla 4.15. Cuadro comparativo entre el material propuesto (Plástico reforzado con fibra de vidrio) y el Acero al Carbono. Fuente: Propia.
(2024)

Característica	Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio	Acero al Carbono
Composición	Compuesto de resinas plásticas (éster de vinilo, poliéster, fenólica) reforzadas con fibra de vidrio	Aleación de hierro con bajo contenido de carbono

Resistencia a la corrosión	Resistente al ambiente marino, productos químicos y ácidos. No requiere recubrimientos ni protección catódica	Propenso a la corrosión en ambientes marinos, requiere recubrimientos o protección catódica
Peso	75% más ligero	Pesado, aumenta carga estructural
Durabilidad esperada	+20 años	15 años
Resistencia mecánica	Menor que el acero, requiere soportes adecuados	Alta resistencia mecánica
Instalación	Fácil y rápida, no requiere soldadura	Compleja, requiere uniones soldadas
Aplicaciones recomendadas	Ambientes corrosivos con condiciones extremas	No recomendado para ambientes marinos
Mantenimiento	No requiere recubrimientos, pintura o protección catódica	Requiere inspección constante y repintado
Costo Inicial	Mayor costo inicial debido a los materiales compuestos	Menor costo inicial

El plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP) es una solución superior en entornos marinos y corrosivos, debido a su resistencia a la corrosión y su bajo mantenimiento, además, cuenta con una alta durabilidad.

- **Instalación de nuevos rociadores abiertos con materiales más resistentes.**

Siguiendo la norma NFPA, se propone la utilización de rociadores de acero inoxidable, ya que ofrecen ventajas excepcionales para aplicaciones en entornos marinos. Una fabricación en acero inoxidable 316 proporciona una resistencia superior a la corrosión, especialmente frente a la agresividad de los cloruros, lo que se traduce en menor mantenimiento y una mayor durabilidad. Además, su diseño robusto y la compatibilidad de sus

adaptadores permiten una integración eficiente con tuberías de plástico reforzado con fibra de vidrio, garantizando un patrón de rociado uniforme y fiable. En comparación, los rociadores de bronce actualmente instalados presentan una resistencia inferior a la corrosión en ambientes marinos, lo que puede implicar mayores costos de mantenimiento y una vida útil más corta.

- **Sustitución de la espuma**

Esta no se debe degradar fácilmente y que no genere productos de carbono al descomponerse, se propone utilizar un concentrado de espuma sin fluorocarbonos, conocido comúnmente como FF-AFFF (Fluorine-Free Aqueous Film Forming Foam) o, de forma general, espuma sin flúor. Las espumas de película acuosa (AFFF) son aprobadas en las especificaciones técnicas para estas aplicaciones, como se muestra en el manual PDVSA-IR-M-04 (Ver Anexo A.2). Estas formulaciones se han desarrollado específicamente para aplicaciones donde se requiere alta estabilidad y un perfil ambiental más limpio, ya que al degradarse lo hacen sin producir residuos carbonosos significativos. Además, su formulación a base de surfactantes sintéticos y polímeros está diseñada para mantener su eficacia en condiciones exigentes, lo que las convierte en una opción confiable para sistemas de diluvio, especialmente en entornos donde la corrosión y la degradación son altas.

- **Realizar drenaje y limpieza del tanque de espuma D9-90920**

De esta forma se asegura la eliminación cualquier agente contaminante adherido a sus paredes internas.

- **Renovar accesorios**

Se propone la renovación de accesorios como válvulas, uniones y manómetros, para garantizar un mejor desempeño del sistema y una

respuesta más eficiente en caso de activación. De esta manera se aumenta la operatividad, reduciendo el riesgo de fallas.

4.4.1.2. Acciones correctivas de prioridad media

- Aplicar pintura en las bases y estructura externa del tanque de espuma: limpieza manual mecánica según la norma SSPC-SP3, utilizando para ello herramientas como espátulas y cepillos, solvente en las partes intervenidas según la norma SSPC-SP1 (Ver Anexo A.4). Fondo epóxico tolerante a la preparación de superficie en una capa de 4 a 6 mils de e.p.s. Acabado con poliuretano de color rojo (RAL 3001) en una capa de 2 a 4 mils de e.p.s.
- Reubicar la tapa del tanque de espuma y verificar sellos para prevenir contaminaciones futuras, instalar un domo de expansión con capacidad mínima del 2% del volumen total del tanque e instalar una válvula de presión-vacio sobre el domo.
- Instalar un filtro en la tubería de alimentación de agua contra incendio, que evite la obstrucción o taponamiento de los rociadores. Dicho filtro debe tener facilidades para su mantenimiento, El diámetro de los agujeros del tamiz del filtro, no será mayor que el diámetro del orificio del rociador.
- Fabricar y sustituir el tanque de espuma D9-90920 por un tanque de acero inoxidable ASTM A-240 Tipo 340, el cual es más resistente a la corrosión y es compatible con la espuma de película acuosa que se propone utilizar (PDVSA dispone de este acero en sus talleres).

4.4.2. Plan de mantenimiento preventivo

En la Tabla 4.14 se puede apreciar la frecuencia de inspección y prueba asignada para un sistema de diluvio de rociadores abiertos según la norma NFPA 25. (Ver Anexo A.5)

- Incrementar la frecuencia de drenaje de las aguas contenidas en los tanques D5-72601/02 para evitar la formación de sedimentos orgánicos e

inorgánicos que causan corrosión bajo depósito. Debe ser drenado hasta observar agua cristalina, para asegurar la limpieza de la misma. Se establece una frecuencia de seis (6) meses.

- Establecer una frecuencia de recolección de muestra de agua cada tres (3) meses en varios puntos del sistema de agua contra incendio, para análisis físico-químico que incluya medición de pH, sólidos suspendidos, sulfatos, dureza, entre otros.
- Realizar una inspección anual del estado de las tuberías con el objetivo de identificar y prevenir problemas como corrosión interna, perforaciones o acumulación de material orgánico en su superficie. Esta medida permitirá garantizar la integridad del sistema, reducir riesgos de fallas y optimizar su vida útil.
- Realizar pruebas hidrostáticas cada tres años, para descartar fugas en las líneas.
- Realizar inspección visual mensual al sistema de bombeo, en la cual se verifique la lubricación de las bombas y válvulas, ausencia de fugas en los empaques, alineación de las bombas, verificación de corrosión en tuberías y conexiones, verificar alimentación eléctrica.
- Realizar inspección visual, cada mes a la red de abastecimiento de agua, verificando filtraciones de agua por válvulas, uniones y tuberías, soportes y anclajes, presión estática.
- Inspeccionar hidrantes y monitores cada tres (3) meses, verificando que tengan tapas y conexiones, que las válvulas funcionen correctamente, verificar la corrosión externa y condiciones de pintura.
- Pruebas anuales a las bombas contra incendios para constatar que la bomba, el motor, el suministro de agua y la fuente de energía funcionan adecuadamente.
- Se debe retirar un rociador ubicado al extremo de un ramal con objeto de investigar la presencia de materiales orgánicos e inorgánicos, cada cinco años.

Tabla 4.16. Establecimiento de tareas de mantenimiento con la frecuencia en la que debe realizarse cada una.**Fuente:** Propia

Tarea de Mantenimiento	Frecuencia
Inspecciones visuales a todos los componentes del sistema anti incendios	Mensual
Realizar actividades que eviten el deterioro de los componentes de la red de distribución tales como: pintura, lubricación, ajustes, y calibración.	Trimestral
Realizar inspecciones a los tanques de almacenamiento de agua para verificar si existen fugas, corrosión o deterioro del tanque	Trimestral
Inspeccionar hidrantes y monitores,	Trimestral
Realizar un análisis físico-químico del agua del proceso.	Trimestral
Drenaje del agua contenida en los tanques D5-72601/02	Semestral
Prueba de funcionamiento completo del sistema de diluvio	Anual
Inspección profunda a las tuberías	Anual
Prueba de disparo de la válvula de diluvio	Anual
Inspección del sistema de bombeo, verificar operatividad de bombas y que la presión este dentro de los valores recomendados	Anual
Inspección de los rociadores para verificar que no estén obstruidos o dañados	Anual
Revisar la condición de la espuma dentro del tanque D8-90920 para descartar degradación	Anual

Lavado de tuberías con agua dulce después de efectuar pruebas en el sistema, con la finalidad de purgar la presencia de espuma en las mismas y evitar estancamiento de la misma	Anual
Realizar pruebas hidrostáticas en las tuberías que conforman el sistema	Tres años
Retirar rociador al extremo de un ramal con objeto de investigar la presencia de materiales orgánicos e inorgánicos.	Cinco años
Realizar pruebas a los tanques de almacenamiento de agua que incluyan medición de espesor, prueba de martillo manual y ultra sonido.	Diez años

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. El análisis del contexto operacional del sistema de diluvio del terminal marino permitió evidenciar que, en su estado actual, el sistema no cumple con su función de protección contra incendios, lo que resalta la necesidad de mejoras para garantizar su operatividad y seguridad.
2. La obstrucción o taponamiento en las tuberías se debe a la acumulación de abundantes depósitos orgánicos en su interior, así como a los residuos generados por procesos corrosivos en sus superficies internas, causados por la presencia de oxígeno y agua en el sistema.
3. Las tuberías del sistema de diluvio retienen agua estancada debido a un vaciado deficiente después de las pruebas de funcionamiento realizadas a lo largo de los años, lo que promueve el proceso corrosivo.
4. El origen de los depósitos orgánicos se atribuye a la degradación de la espuma y a la contaminación del agua proveniente de los tanques de almacenamiento.
5. El acero al carbono no es el material adecuado para esta aplicación, ya que es altamente susceptible al fenómeno de corrosión debido a su composición.
6. El análisis fisicoquímico del agua del proceso revela una cantidad considerable de sólidos en el agua, estas partículas, tienen a sedimentarse y adherirse a las paredes internas de las tuberías, siendo un factor determinante para el taponamiento.

7. Es necesario mantener la calidad del agua sin hacer uso de aditivos químicos, ya que estos afectarían la formación de espuma. Por lo tanto se deben realizar filtraciones y drenajes periódicos.

5.2. Recomendaciones

A continuación se deducen las siguientes recomendaciones requeridas para el buen desempeño y aumentar la confiabilidad y operatividad del Sistema de Agua Contra Incendio de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose (PFDJ).

- Implementar el reemplazo total de los componentes con mayor deterioro del Sistema de Diluvio, utilizando como material para las tuberías el plástico reforzado con fibra de vidrio, debido a los beneficios que se pueden obtener con la aplicación de una tubería no metálica.
- Realizar inspecciones en todas las etapas de la instalación de las tuberías de plástico reforzado con fibra de vidrio, asegurando el cumplimiento de las especificaciones de diseño establecidas en los estándares de PDVSA.
- Iniciar de inmediato las mejoras del sistema, comenzando con el reemplazo de las tuberías y rociadores, a fin de restablecer su operatividad lo antes posible y garantizar la seguridad del Terminal Marino.
- Realizar labores de mantenimiento preventivo de manera periódica.
- Incluir todos los componentes esenciales del sistema de agua contra incendios en los programas de mantenimiento preventivo de cada una de las instalaciones protegidas en la planta.
- El sistema de bombeo contra incendio debe incluirse en el programa de mantenimiento preventivo y predictivo para equipos rotativos, asignándole prioridad de acuerdo a la naturaleza del servicio que presta.

- Establecer un historial o registro escrito de las inspecciones futuras, ya que no existen registros de años anteriores, lo que dificulta evaluar los cambios en las condiciones del sistema con el pasar del tiempo y determinar su velocidad de deterioro.
- Cumplir con lo establecido en la guía de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de agua contra incendio PDVSA IR-S-13

BIBLIOGRAFÍA

[1] Drysdale, D. (1998). "**Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Capítulo 41: Incendios**". Editorial Chantal Dúrense, Madrid, España.

[2] Albornoz, S. (2016). "**Guía de Auto instrucción: El Fuego y los incendios**." Academia Nacional de Bomberos de Chile. 1ra Edición. Santiago de Chile, Chile.

[3] PDVSA. (1994). "**Manual MEC-300-07-01. Sistema contra Incendio**"

[4] PDVSA. (1999). "**Manual IR-M-03. Sistema de agua contra Incendio**"

[5] Norma NFPA 13 (1996). "**Norma para la instalación de Sistemas de Rociadores**"

[6] Grupo Viking INC. (2009). "**Sistemas de diluvio: manual técnico de funcionamiento.**"

[7] Fontana, M.G. (1987). "**Ingeniería de corrosión.**" 3ra Edición. Editorial McGraw-Hill. Nueva York, Estados Unidos.

[8] Jones, D.A. (1996). "**Principios y prevención de corrosión.**" 2da Edición. Editorial Prentice Hall. New Jersey, Estados Unidos.

[9] Videla, H.A. (1996). "**Manual de biocorrosión.**" Editorial CRC Press. Florida, Estados Unidos.

- [10] Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2014). **“Mecánica de Materiales”**. 5ta Edición. *Editorial McGraw-Hill*
- [11] Gonzalez, F. (2003). **“Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado”**. 2da Edición. Editorial Fundación Confemetal. Madrid, España.
- [12] Álvarez, M. (2014). **“Análisis Modal de Fallos y Efectos – AMFE”**. 1ra Edición. Editorial CreateSpace. España.
- [13] PDVSA (2000). **“IR-S-13 Guía de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de agua contra incendio”**

ANEXOS

A.1. Data Sheet Espuma Chemguard 3%/6% AR-AFFF C-361

MATERIAL SAFETY DATA SHEETS

CHEMGUARD 3%/6% AR-AFFF C-361

Revision Date: 1/26/2006

1. PRODUCT IDENTIFICATION

Chemical Family: Surfactant mixture; fire fighting foam concentrate
Aqueous Film Forming Foam

Product name: Chemguard 3%/6% AR-AFFF C-361

Manufacturer: Chemguard, Inc.
204 South 6th Ave.
Mansfield, TX 76063
emergency phone: 817-473-9964

2. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

<u>CAS NO.</u>	<u>Common Name</u>	<u>ACGIH/PPM</u>		<u>OSHA/PPM</u>	<u>% by wt</u>
		<u>TWA</u>	<u>STEL</u>	<u>PEL</u>	
7732-18-5	water				70% - 80%
57018-52-7	propylene glycol butyl ether	not established			4% - 7%
	proprietary hydrocarbon surfactant				proprietary
	proprietary fluorosurfactant	N/A	N/A	N/A	proprietary
	polysacchaaride gum	N/A	N/A	N/A	1% - 2%

3. HAZARDS IDENTIFICATION

Routes of entry: Dermal, inhalation and ingestion

Potential Health Effects: May cause skin and eye irritation.

Carcinogenicity: Not a carcinogen.

4. FIRST AID MEASURES

Ingestion: Do not induce vomiting. Call a physician.

Inhalation: Remove to fresh air.

Skin: Rinse with water. Wash with soap and water. Contaminated clothing should be washed before re-use.

Eyes: Rinse with water. Call a physician.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Flash Point:	151° F.
Flammable Limits in air (lower % by volume):	not flammable
Flammable Limits in air (upper % by volume):	not flammable
Auto-ignition Temperature:	not flammable

General Hazards: None known.

Fire Fighting Equipment: Self contained breathing apparatus

Fire Extinguishing Media: Water, Foam, Carbon Dioxide, Dry Chemical, Halon

Fire and Explosion Hazards: Decomposition products may be toxic.

Hazardous Combustion Products:

6. ACCIDENTAL RELEASE

Contain spills. Vacuum or pump into storage containers, absorb smaller quantities with absorbent materials, and dispose of properly. Washing area with water will create large amounts of foam.

Dispose of released and contained material in accordance with local, state, and federal regulations. Release to local waste treatment plant only with permission.

7. HANDLING AND STORAGE

Store in original container, or appropriate end-use device. Store at temperatures of 35° - 120° F. If the material freezes, it may be thawed without loss of performance.

8. EXPOSURE CONTROLS, PERSONAL PROTECTION

Eye Protection: Wear side-shield safety glasses.

Skin Protection: Wear latex gloves.

Respiratory Protection: Use organic vapor respirator if needed.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Boiling Point:	212° F.
Melting Point:	30° F
Specific Gravity:	1.012 g/ml
Vapor Pressure (mm Hg):	N/A
pH	7.0 - 8.5
Flash Point (PMCC):	151° F.
Vapor Density (air = 1)	N/A
Solubility in water:	100%
Appearance:	opaque, thick liquid
Odor:	slight solvent odor

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability: Stable

Incompatibility: Strong oxidizers

Hazardous Polymerization: Will not occur.

Decomposition Products: Oxides of nitrogen, sulfur, carbon.

A.2. Manual de Ingeniería de Riesgos – Sistemas de Espuma Contra Incendio PDVSA IR-M-04

	MANUAL DE INGENIERIA DE RIESGOS SISTEMA DE ESPUMA CONTRA INCENDIO		PDVSA IR-M-04	
	REVISION	FECHA	2	AGO.96
	Página 8			

[Menú Principal](#)

[Índice manual](#)

[Índice norma](#)

TABLA 1. GUIA PARA LA SELECCION DEL TIPO DE CONCENTRADO DE ESPUMA

TIPO DE CONCENTRADO	PRODUCTOS Y METODOS DE APLICACION					
	HIDROCARBUROS LIQUIDOS*			SOLVENTES POLARES		
	Cámaras en el tope	Inyección bajo Superficie	Monitores o Mangueras	Cámaras en el tope	Inyección bajo Superficie	Monitores o Mangueras
FLUOROPROTEINICA	R	R	R	N.A	N.A	N.A
ESPUMA DE PELICULA ACUOSA (AFFF)	R	R	R	N.A	N.A	N.A
UNIVERSAL	R.L	R.L	R.L	R.L	N.A	R.L
ALCOHOL	N.A	N.A	N.A	R	N.A	R

A.3. Manual especificación técnica de materiales. Tubería de Plástico Reforzado (FRP) para aplicaciones en sistemas de agua de enfriamiento. EM-18-11/08.

- 7.3** Todas las bridas, conexiones y demás accesorios deberán ser suministrados por el mismo fabricante de los tubos, de tal manera que deben ser totalmente compatibles en cuanto a dimensiones y métodos de unión con dichos tubos. No será aceptado bajo ninguna circunstancia el incumplimiento de esta condición. Así mismo deberán ser fabricados con los mismos materiales (fibra y resina) utilizados para la fabricación de los tubos. Los catalizadores y aditivos a utilizarse deben ser compatibles con la resina especificada para el servicio.

 PDVSA	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MATERIALES		PDVSA EM-18-11/08	
	TUBERÍA DE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (FRP) PARA APLICACIONES EN SISTEMAS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO		REVISION	FECHA
			0	NOV.07
		Página		10
.Menú Principal	Índice manual	Índice volumen	Índice norma	

A.4. Norma para recubrimientos SSPC.



Editorial Revision August 10, 2016

SSPC: The Society for Protective Coatings

Surface Preparation Standard No. 1

Solvent Cleaning

1. Scope

1.1 This standard defines the end-condition of a metal surface from which visible deposits of oil, grease, and other visible contaminants have been removed in preparation for subsequent application of protective coatings or for the use of additional methods to prepare the surface for the application of coatings. The standard also includes requirements for materials and procedures necessary to achieve and verify the end condition.

2. Definition

2.1 When viewed without magnification, a solvent-cleaned surface shall be free of visible oil, grease, dust, dirt, drawing and cutting compounds, and other visible soluble contaminants. "Visible" means detectable with normal or corrected normal vision without the use of additional test equipment (see Note 6.1).

2.2 For the purpose of this standard, a "solvent" is defined as any liquid or vapor, permitted by the owner of the item being cleaned and used in compliance with all health, safety and environmental regulations applicable at the job site, that will dissolve or emulsify visible deposits of soluble contaminants on the surface. Examples of solvents include: water, emulsion or alkaline cleaners, and hydrocarbons.

3. Surface Preparation Before and After Solvent Cleaning

3.1 Before solvent cleaning, remove visible foreign matter (other than grease and oil) by one or a combination of the following manual methods: brushing with stiff fiber or wire brushes, or scraping.

3.2 Remove localized deposits of oil or grease by scraping. Remove the remaining visible oil or grease by any of the methods listed in Section 4.

Immediately before using additional methods of surface preparation or immediately prior to coating application if additional surface preparation is not required, the surface shall meet requirements of Section 2.1.

4. Methods of Solvent Cleaning

4.1 Apply the solvent to the surface by spraying or using rags or brushes wetted with approved solvent. Wipe or scrub the surface with rags or brushes wetted with solvent.¹ Use clean solvent and clean rags or brushes for the final rinsing or wiping.

4.2 Use stabilized chlorinated hydrocarbon solvents to perform vapor degreasing.

4.3 Immerse completely in a tank or tanks of solvent. For the last immersion, use solvent that will not deposit residual contaminants on the surface being cleaned.

4.4 Apply emulsion or alkaline cleaners as described in Sections 4.1 through 4.3. After treatment, wash the surface with surface preparation water² or steam to remove visible residual contaminants.

4.5 Steam clean, using detergents or cleaners and follow by steam or surface preparation water wash to remove visible residual contaminants.

5. Disclaimer

5.1 This is a consensus standard developed by SSPC: The Society for Protective Coatings. While every precaution is taken to ensure that all information furnished in SSPC standards is as accurate, complete, and useful as possible, SSPC cannot assume responsibility nor incur any obligation resulting from the use of any materials, coatings, or methods specified herein, or of the specification or standard itself.

5.2 This standard does not attempt to address problems concerning safety associated with its use. The user of this standard, as well as the user of all products or practices described herein, is responsible for instituting appropriate

¹ Local regulations or owner restrictions may prohibit the use of certain solvents. If coating is to be applied following solvent cleaning, the coating manufacturer should be consulted for recommended solvents.

² The SSPC-NACE water-jetting standards (SSPC-SP WJ-1, 2, 3 and NACE WJ-1, 2, 3, and 4) define surface preparation water (SP water) as "water of sufficient purity and quality that it does not prevent the surface being cleaned from achieving the specified degree of surface cleanliness or removable contaminant criteria when contained in the procurement documents."

A.5. Norma NFPA 25. Frecuencias de Pruebas

25-38

INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS A BASE DE AGUA

Tabla 11.1 Continuación

Sistema / componente	Actividad	Frecuencia	Referencia
Sistema(s) completos de espuma y agua	Prueba	Anual	11.2.9
Solución de espuma y agua	Prueba	Anual	11.3.3
Dispositivo(s) de activación manual	Prueba	Anual	11.3.6
Detenedor(es) de reflujó	Prueba	Anual	11.3.5
Bomba(s) de incendio	Prueba	Anual	Capítulo 12
Tubería de suministro de agua	Prueba	Ver Capítulo 8	—
Válvula(s) de control	Prueba	Anualmente	Capítulo 10
Filtro(s) – línea principal	Prueba	Ver Capítulo 12	—
Válvula(s) de diluvio/preacción	Prueba	Ver Capítulo 10	11.2.7.1
Sistema de detección	Prueba	Ver Capítulo 12	11.2.1
Detenedor(es) de reflujó	Prueba	Ver <i>NFPA 72</i>	11.2.2
Tanque(s) de suministro de agua	Prueba	Ver Capítulo 12	—
Prueba de suministro de agua	Prueba	Ver Capítulo 9	—
	Prueba	Ver Capítulo 4	11.2.6

Tabla 11.1 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Rociadores de Espuma y Agua.

Sistema / componente	Actividad	Frecuencia	Referencia
Localización del dispositivo de descarga (rociador)	Inspección	Anual	11.2.5
Localización de dispositivo de descarga (boquilla de pulverización)	Inspección	Mensual	11.2.5
Posición del dispositivo de descarga (rociador)	Inspección	Anual	11.2.5
Posición del dispositivo de descarga (boquilla de pulverización)	Inspección	Mensual	11.2.5
Filtro(s) de concentrado de espuma			
Desagüe en el área del sistema	Inspección	Trimestral	11.2.7.2
Sistema(s) de dosificación – todos	Inspección	Trimestral	11.2.8
Corrosión de la tubería	Inspección	Mensual	11.2.9
Daño de la tubería	Inspección	Trimestral	11.2.3
Corrosión de los accesorios	Inspección	Trimestral	11.2.3
Daño de los accesorios	Inspección	Trimestral	11.2.3
Soportes	Inspección	Trimestral	11.2.3
Tanque(s) de suministro de agua	Inspección	Trimestral	11.2.4
Bomba(s) de incendio	Inspección		Capítulo 9
Tubería de suministro de agua	Inspección		Capítulo 8
Válvula(s) de control	Inspección		11.2.6.1
Válvula(s) de diluvio/preacción	Inspección	Semanal/mensual	—
Sistema de detección	Inspección		11.2.1, Cap. 12
Localización del dispositivo de descarga	Inspección	Ver <i>NFPA 72</i>	11.2.2
Posición del dispositivo de descarga	Prueba	Anual	11.3.3.6
Obstrucción del dispositivo de descarga	Prueba	Anual	11.3.3.6
Filtro(s) de concentrado de espuma	Prueba	Anual	11.3.3.6
Sistema(s) de Dosificación – todos	Prueba	Anual	11.2.7.2

13.2* Investigación y Prevención de Obstrucciones.

13.2.1 Se debe hacer una investigación de las condiciones de la tubería y derivaciones cada 5 años abriendo la conexión de lavado al final de una tubería y retirando un rociador del extremo de un ramal con objeto de investigar la presencia de materiales extraños orgánicos e inorgánicos.

13.2.1.1 Se permiten métodos alternativos de examen no destructivos.

13.2.1.2 Deben examinarse los tubérculos o cieno (barro), si se encuentran, para buscar indicios de corrosión microbiana. (MIC).

13.2.2* Debe hacerse una investigación de obstrucciones del sistema o tuberías de patio cuando exista cualquier de las siguientes condiciones:

- (1) Toma defectuosa de las bombas de incendio que succionan de extensiones abiertas de agua
- (2) Descarga de material obstructivo durante pruebas rutinarias del agua
- (3) Materias extrañas en las bombas de incendio, en válvulas de tubería seca, o en válvulas de retención
- (4) Materias extrañas en el agua durante pruebas de desagüe u obturación de conexiones de prueba de inspección
- (5) Rociadores taponados

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	PROPUESTA DE MEJORAS SISTEMA DE DILUVIO DEL TERMINAL MARINO DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO Y DESPACHO JOSE (PFDJ)
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
González F, María V	CVLAC: 26.009.929 EMAIL: mveronicagf12@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Propuesta, mejoras, integridad mecánica, confiabilidad, sistemas anti incendios, análisis de modos y efectos de fallas, planes de mantenimiento, contexto operacional, sistema de diluvio.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Mecánica

RESUMEN (ABSTRACT):

Este trabajo tiene como objetivo proponer mejoras en el Sistema de Diluvio del Terminal Marino de la planta de fraccionamiento y despacho Jose (PFDJ). Para ello, se realizó un diagnóstico de la situación actual del sistema, donde se conformó un equipo natural de trabajo para el mejor análisis de estos resultados. Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de funcionamiento y un análisis de modos y efectos de falla. Estos estudios determinaron que el principal componente afectado son las tuberías de los ramales del sistema de diluvio, donde están instalados los rociadores de bronce tipo abierto. Se evidenció un taponamiento significativo en las tuberías, lo que interfiere con la salida de agua a través de los rociadores. Debido al avanzado deterioro de las tuberías, se tomaron muestras para su estudio. Al aplicar un corte transversal, se encontró una acumulación considerable de depósitos, bloqueando aproximadamente el 80 % del área interna. Se realizaron pruebas a estos depósitos para evaluar la integridad mecánica de las tuberías, identificando como principales causas del taponamiento la acumulación de residuos por degradación, contaminación y procesos corrosivos. En función de estos hallazgos, se planteó una propuesta de mejoras para restablecer la operatividad del sistema y garantizar la protección del Terminal Marino. La acción prioritaria es el reemplazo total del sistema de tuberías con cambio de material a tuberías de plástico reforzado con fibra de vidrio, lo cual cumple con los estándares expuestos en la normativa PDVSA EM-18-11/07. De igual manera, en la propuesta se incluye la implementación de medidas de mantenimiento correctivo en componentes afectados y tareas de mantenimiento preventivo.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_EMAIL				
	ROL	CA	AS	TU-X	JU
Camargo, Lino	CVLAC:	11.496.426			
	E_EMAIL	lcamargos286@gmail.com			
	E_EMAIL				
	ROL	CA	AS-X	TU	JU
Rojas, José Luis	CVLAC:	14.189.633			
	E_EMAIL	rojasjlu@gmail.com			
	E_EMAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU-X
Bravo, Darwin	CVLAC:	8.298.181			
	E_EMAIL	darwinjbg@gmail.com			
	E_EMAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU-X
Payares, Félix	CVLAC:	5.976.608			
	E_EMAIL	fpayares@gmail.com			
	E_EMAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU-X

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2025	03	07
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
NAZTTG_GFMV2025	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:

ALCANCE:

ESPACIAL: PDVSA (OPCIONAL)

TEMPORAL: 06 MESES (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero mecánico

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de ingeniería mecánica

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELLECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>Martínez</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:20

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Cuaque
JUAN A. BOLAÑOS CUAQUE
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Coordinador General de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO

DERECHOS

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DEL TRABAJO DE GRADO:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE LA EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS PARA OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIÉN DEBERÁ PARTICIPARLO PREVIAMENTE AL CONSEJO UNIVERSITARIO, PARA SU AUTORIZACIÓN”

Maria Verónica González Fermín

AUTOR

Prof. Lino Camargo

TUTOR

Prof. Darwin Bravo

JURADO

Prof. Félix Payares

JURADO

Prof. Carlos Gomes

POR LA COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADO