



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“MODELO DE GESTIÓN DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS
BASADO EN NORMAS NFPA PARA MINIMIZAR EL RIESGO PARA
LA EMPRESA ZONAFRIA S.A.S.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO(A) INDUSTRIAL

AUTOR (ES):

EDWIN DAVID BETANCOURT BAQUE

LUIS ANTONIO SOLORZANO CASTILLO

TUTOR:

ING. GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNETT, PhD

La Libertad, Ecuador

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“MODELO DE GESTIÓN DE SEGURIDAD CONTRA
INCENDIOS BASADOS EN NORMAS NFPA PARA
MINIMIZAR EL RIESGO PARA LA EMPRESA ZONAFRIA
S.A.S.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

EDWIN DAVID BETANCOURT BAQUE

★ LUIS ANTONIO SOLORZANO CASTILLO

TUTOR:

ING. GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNETT, PHD.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

UPSE

CERTIFICACIÓN

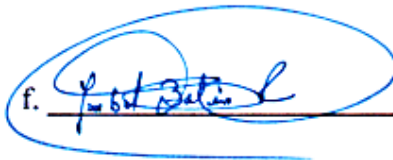
Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Edwin David Betancourt Baque** y **Luis Antonio Solorzano Castillo**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR

f.  _____

Ing. Gerardo Antonio Herrera Brunett, PhD.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f.  _____

Ing. Isabel Del Rocío Balón Ramos, Msc.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “MODELO DE GESTIÓN DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS BASADO EN NORMAS NFPA PARA MINIMIZAR EL RIESGO PARA LA EMPRESA ZONAFRIA S.A.S.”, elaborado por el Sr. **Edwin David Betancourt Baque** y el Sr. **Luis Antonio Solorzano Castillo**, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. _____



Ing. Gerardo Antonio Herrera Brunett, PhD.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Edwin David Betancourt Baque** y **Luis Antonio Solorzano Castillo**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA para minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S., previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

AUTOR:

f. Edwin Betancourt

EDWIN DAVID BETANCOURT BAQUE

AUTOR:

f. Luis Solorzano

LUIS ANTONIO SOLORZANO CASTILLO

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Edwin David Betancourt Baque** y **Luis Antonio Solorzano Castillo**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, "Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA para minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

AUTOR:

f. Edwin Betancourt

EDWIN DAVID BETANCOURT BAQUE

AUTOR:

f. Luis Solorzano

LUIS ANTONIO SOLORZANO CASTILLO

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec


CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“MODELO DE GESTIÓN DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS BASADO EN NORMAS NFPA PARA MINIMIZAR EL RIESGO PARA LA EMPRESA ZONAFRIA S.A.S.”**, de los estudiantes: **BETANCOURT BAQUE EDWIN DAVID** y **SOLORZANO CASTILLO LUIS ANTONIO**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estimen conveniente.

Santa Elena, 02 de Diciembre del 2025


Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme días de vida y guiar mi camino, a mi madre Paulita Baque por ayudarme a culminar mis estudios, a mi padre Edwin Betancourt por darme sus consejos de seguir adelante.

A mis hermanos, en especial a mi hermano Carlos por entenderme en los momentos difíciles que pasaba durante mi formación como profesional.

A mi bella mujer Madelen Solorzano quien día a día me daba fuerzas para seguir adelante con mi carrera, siempre estaba conmigo en los peores y mejores momentos, la amo.

A mi hija Meredith quien llegó a mi vida en un momento inesperado y a mi hija perruna Masha quien me acompañó en mis inicios de estudio quedándose a mi lado hasta que yo terminara las tareas, las amo con todo mi corazón.

A mi tutor Ing. Herrera por saber guiarnos y dando consejos como profesional que es, y un ejemplo a seguir.

A mi compañero de tesis Luis Solorzano por aceptar a realizar la tesis conmigo, y mi amigo Edu quien siempre estuvo con nosotros en las buenas y en las malas, quien nos sacaba una sonrisa en momentos difíciles, gracias por aparecer en mi vida mis grandes amigos.

Edwin Betancourt Baque

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme fortaleza, sabiduría y por siempre mantenerme con esa fe de que siempre puedo seguir de pie.

Agradezco a mis padres Antonio Jonás Solorzano Vélez y Belinda Nereida Castillo Apolinario, mi más grande pilar, personas que siempre han confiado en mí desde muy temprana edad, agradezco sus enseñanzas, sus consejos y absolutamente todo lo que han hecho y sacrificado para que yo pueda seguir adelante.

Agradezco a mis hermanos Dalton, Sebastián y Monserrate, mis otros pilares con quienes siempre comparto momentos de risa y alegría, quienes me dieron el privilegio de ser un hermano mayor en el que pueden confiar plenamente.

Agradezco también a todos mis verdaderos amigos, aquellos con los que comparto risas, llantos, coraje, y muchas horas de videojuegos.

Agradezco a mi compañero de tesis Edwin Betancourt, por arriesgarse a compartir esta experiencia llena de sorpresas, correcciones, desveladas, ansiedad, pero sobre todo aprendizaje. También agradezco a Edu Reyes por siempre estar en todo momento dispuesto a ayudar con lo que se necesite y compartir momentos llenos de recuerdos.

Luis Solorzano Castillo

DEDICATORIA

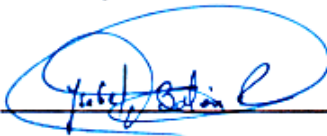
Dedicado a mis padres Paulita y Edwin quienes me formaron con valores enseñado a ser una gran persona y corregirme con paciencia y sabiduría, a mis hermanos Jessica, Jennifer, Paola y Carlos por darme sus consejos, a mi bella mujer Madelen por apoyarme en todo y mis hijas Meredith y Masha, los amo mucho a todos.

Edwin Betancourt Baque

Dedico este trabajo a mis padres, quienes siempre han depositado su confianza y me han apoyado en todo lo que me propongo, a mis hermanos Dalton, Sebastián y Monserrate, por ayudarme a tomar un respiro cuando lo necesito, los amo mucho, familia.

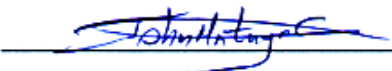
Luis Solorzano Castillo

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

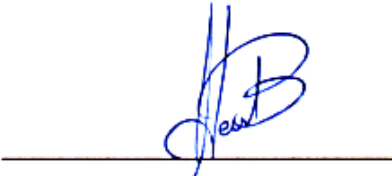
f.  _____

Ing. Isabel Del Rocío Balón Ramos, MsC.

DIRECTORA DE CARRERA

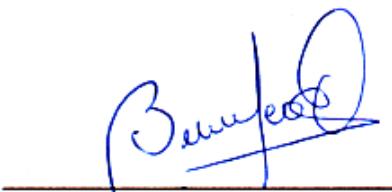
f.  _____

Ing. John Enrique Carvajal Montenegro, Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA

f.  _____

Ing. Gerardo Antonio Herrera Brunett, PhD.

DOCENTE TUTOR

f.  _____

Ing. Marco Vinicio Bermeo García, Mgtr.
DOCENTE UIC

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	3
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	¡Error! Marcador no definido.
AUTORIZACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	9
AGRADECIMIENTOS.....	10
DEDICATORIA.....	11
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE TABLAS.....	16
ÍNDICE DE FIGURAS.....	18
ÍNDICE DE ANEXOS.....	19
RESUMEN.....	21
ABSTRACT.....	22
INTRODUCCIÓN.....	23
OBJETIVOS.....	24
JUSTIFICACIÓN.....	25
1 Capítulo 1.....	27
MARCO TEÓRICO.....	27
1.1 Antecedentes investigativos.....	27
1.1.1 Revisión Literaria.....	28
1.2 Estado Conceptual.....	32
1.2.1 NFPA.....	32
1.2.2 Etapas sugeridas para la aplicación de la norma NFPA.....	34
1.2.3 Tipos de Incendio.....	35
1.2.4 Método MESERI.....	36
1.2.5 Método GRETENER.....	37
1.2.6 Evaluación Cuantitativa de Riesgo (QRA).....	37
1.2.7 Modelado y Simulación CFD (FDS).....	38

1.2.8	Simulación de evacuación (ASET/RSET).....	38
1.2.9	Análisis de Carga de Fuego.....	38
1.2.10	Sistema de Gestión Integral contra Incendios (FSMS)	39
1.3	Descripción del sistema productivo actual.....	39
2	CAPÍTULO II.....	42
	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	42
2.1	Enfoque de la investigación	42
2.2	Diseño de la investigación	42
2.3	Tipo de Investigación.....	44
2.4	Procedimientos metodológicos	44
2.5	Población y muestra	45
2.5.1	Población.....	45
2.5.2	Muestra.....	46
2.6	Método, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.....	47
2.6.1	Método de recolección de los datos.....	47
2.6.2	Técnicas de recolección de los datos.....	47
2.6.3	Instrumentos de recolección de los datos	48
2.6.4	Método de evaluación de riesgos de incendio (MESERI y Carga térmica)	49
2.6.5	Cálculo de la carga de fuegos o carga térmica	50
2.7	Variables y dimensiones.....	52
2.8	Procedimiento para la recolección de datos	55
2.9	Validación y confiabilidad del instrumento.....	55
2.9.1	Validación de instrumento	55
2.9.2	Confiabilidad del instrumento	58
2.10	Diagnóstico de la situación problemática	59
2.11	Diagnóstico inicial	61
2.11.1	Inspección interior de la empresa	65
2.11.2	Cálculo de la carga de fuegos o carga térmica	66
2.11.3	Método simplificado de evaluación del riesgo de incendio (MESERI).....	67
3	CAPÍTULO III.....	70
	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
3.1	Propuesta de investigación.....	70

3.1.1	Cálculo de extintores	70
3.1.2	Sistema de rociadores	72
3.1.3	Área de Cobertura de rociadores	75
3.1.4	Cálculos de los elementos del sistema contra incendios	79
3.1.5	Equipo de bombeo.....	93
3.1.6	Volumen de cisterna	96
3.1.7	Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios 97	
3.1.8	Código nacional de alarmas de incendios y señalización.....	101
3.1.9	Norma para símbolos de protección contra incendios y emergencias.....	102
3.1.10	Equipo de brigada contra incendios	103
3.2	Implementación de la propuesta.....	104
3.3	Propuesta: Acuerdo Ministerial 1257.....	106
3.4	Propuesta: Método MESERI.....	110
3.5	Justificación económica	112
3.5.1	Costo del proyecto.....	112
3.6	Justificación ambiental.....	114
3.7	Justificación social	115
3.8	Análisis comparativo.....	115
3.9	Planning de control	117
4	CONCLUSIONES	118
5	RECOMENDACIONES.....	119
6	BIBLIOGRAFÍAS	120
7	ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Personas que laboran en la empresa Zona Fría SAS	46
Tabla 2. Matriz de operacionalización de la variable independiente	53
Tabla 3. Matriz de operacionalización de la variable dependiente	54
Tabla 4. Plan de recolección de datos.	55
Tabla 4. Matriz de validación de juicios por expertos.....	57
Tabla 5. Rango de fiabilidad	58
Tabla 6. Medición de escala de Likert	60
Tabla 7. Acuerdo ministerial 1257. Actual.....	61
Tabla 8. Solución a los incumplimientos	64
Tabla 9. Inspección interna	65
Tabla 10. Cantidad de producto	66
Tabla 11. Nivel de Riesgo	68
Tabla 12. Resultado del método de MESERI.....	69
Tabla 13. Área de cobertura	75
Tabla 14. Separación entre rociadores.	76
Tabla 15. Factor K.....	76
Tabla 16. Materiales y Dimensiones	78
Tabla 17. Capacidad de bomba centrífuga contra incendio.	94
Tabla 18. Duración del rociador.....	97
Tabla 19. Inspección de los rociadores	98
Tabla 20. Prueba de los rociadores.....	99
Tabla 21. Mantenimiento de los rociadores	99
Tabla 22. Inspección de bomba contra incendios.....	100
Tabla 23. Prueba de bomba contra incendios.....	100
Tabla 24. Mantenimiento de bomba contra incendios	100
Tabla 25. Acuerdo ministerial 1257. Propuesto	106
Tabla 26. Porcentaje de cumplimiento del Acuerdo Ministerial 1257	109
Tabla 27. MESERI propuesto	110
Tabla 28. Prueba t student	111
Tabla 29. Resultados de la prueba t.....	111

Tabla 30. Costo del proyecto..... 112

Tabla 31. Indicadores 113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de aplicación de revisión sistemática de literatura.	29
Figura 2. Diagrama prisma.....	31
Figura 3. Diagrama de flujo de pescado congelado.	40
Figura 4. Diagrama de flujo de pescado entero sin vísceras congelado y pescado con corte HGT.....	41
Figura 5. Diseño de la investigación.	43
Figura 6. Procedimiento metodológico.....	44
Figura 7. Organización de recolección de los datos.....	47
Figura 8. Resultados del análisis del Alfa de Cronbach.....	59
Figura 9. Representación gráfica de la encuesta.....	59
Figura 10. Distancia de extintores según normas NFPA-10.....	71
Figura 11. Distancia entre extintores.....	72
Figura 12. Sistema de tubería húmeda.....	73
Figura 13. Determinación de cobertura de rociadores.....	75
Figura 14. Dimensiones de la tubería.....	78
Figura 15. Curva de densidad.....	79
Figura 16. Distribución de los rociadores.....	81
Figura 17. Curva de incremento de presión.....	94
Figura 18. Bomba de agua.....	95
Figura 19. Curva de rendimiento de la bomba.....	96
Figura 20, requisitos de la norma NFPA-72.....	102
Figura 21. Símbolos de uso general.....	103
Figura 22. Análisis comparativo. Acuerdo Ministerial y MESERI.....	115

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Criterios de inclusión y exclusión.....	126
Anexo B. Matriz Referencial de Artículos.....	127
Anexo C. Producción científica en los últimos años.....	132
Anexo D. Promedio de citas por año	133
Anexo E. Fuentes más relevantes.....	133
Anexo F. Red de Co-ocurrencia	134
Anexo G. Elaboración por países.....	134
Anexo H. Palabras frecuentes	135
Anexo I. Resultado de la revisión Literaria	135
Anexo J. Jerarquización de herramientas.....	136
Anexo K. Recolección de datos en la empresa ZONAFRÍA S.A.S.	136
Anexo L. Cuestionario “Modelo de gestión de seguridad contra incendios”	137
Anexo M. Validación de instrumento de juicio por expertos.....	138
Anexo N. Tabulación de información en software IBM SPSS	143
Anexo O. Resultado de Alfa de Cronbach en software IBM SPSS	143

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS DE TABLA

1. NFPA: National Fire Protection Association
2. MESERI: Método Simplificado de evaluación de riesgo
3. CIU: Clasificación Industrial Internacional Uniforme
4. BIE: Boca de Incendios Equipados
5. CFD: Dinámica de Fluidos Computacional
6. FDS: Fire Dynamics Simulator
7. FSMS: Fire Safety Management System
8. PSI: Libras por pulgadas cuadrada
9. GPM: Galones por minuto
10. ASTM: American Society for Testing and Materials
11. RF-120: Resistencia al fuego de 120 minutos
12. QRA: Quantitative Risk Assessment
13. Mcal: Mega calorías
14. Kg/m²: Kilogramos por metro cuadrado
15. VAN: Valor Actual Neto
16. TIR: Tasa Interna de Retorno
17. PRI: Período de Recuperación de la Inversión

RESUMEN

La seguridad contra incendios constituye un elemento fundamental para salvaguardar tanto las instalaciones como la integridad del personal dentro de la empresa. La presente propuesta de modelo de gestión de seguridad contra incendios basados en normas NFPA para minimizar riesgo en la empresa ZONAFRÍA S.A.S, perteneciente al cantón Salinas, tiene como objetivo reducir los riesgos de incendios, la metodología aplicada a la investigación contribuye un análisis detallado de las normas NFPA, adaptando el método de simplificado de evaluación de riesgo y un modelo de gestión de seguridad contra incendios adaptado a sus necesidades. Se incluyeron técnicas de recolección de datos para determinar las condiciones actuales de la empresa, esto permitió determinar que el Acuerdo Ministerial 1257 puede tener una mejora en su cumplimiento de un 32% a un 84%. La evaluación de riesgos contra incendios aplicando el método de MESERI siendo la situación actual de 3,98 calificado como un riesgo “MALO” puede mejorar a través de la propuesta a una puntuación de 8, riesgo calificado “BUENO”. Esto demuestra que el modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA minimiza los riesgos en la empresa ZONAFRÍA S.A.S. manteniendo un entorno de trabajo seguro.

Palabras clave: seguridad contra incendios, NFPA, rociadores, extintores, equipo de bombeo.

ABSTRACT

Fire safety is a fundamental element for safeguarding both the facilities and the well-being of personnel within a company. This proposed fire safety management model, based on NFPA standards, aims to minimize risk at ZONAFRÍA S.A.S., located in the Salinas canton. The objective is to reduce fire risks. The methodology applied to this research contributes to a detailed analysis of NFPA standards, adapting the simplified risk assessment method and a fire safety management model tailored to the company's needs. Data collection techniques were included to determine the company's current conditions. This allowed us to determine that compliance with Ministerial Agreement 1257 can be improved from 32% to 84%. The fire risk assessment, using the MESERI method, shows that the current situation, with a score of 3,98 (classified as a "BAD" risk), can be improved through this proposal to a score of 8 (classified as a "GOOD" risk). This demonstrates that the fire safety management model based on NFPA standards minimizes risks at ZONAFRÍA S.A.S., maintaining a safe work environment.

Keywords: fire safety, NFPA, sprinklers, fire extinguishers, pumping equipment.

INTRODUCCIÓN

Una investigación de Siraj et al., (2023) se enfoca en los peligros de incendio en la industria textil en Asia, un sector especialmente vulnerable en Bangladesh. Propone un enfoque innovador que combina múltiples criterios para identificar y mitigar riesgos. A través de un análisis exhaustivo, se identifican 30 factores de riesgo de incendio que luego se priorizan utilizando métodos como la media mejor/peor y el modelo de suma ponderada, además proponen 23 acciones concretas de mitigación basadas en las normativas de la NFPA.

En Chile, los incendios de febrero de 2024 fueron considerados los más mortales en la historia, con 134 personas fallecidas y más de 9.000 hectáreas quemadas. Estos eventos resaltan la necesidad de fortalecer los sistemas de prevención y respuesta ante incendios en la región (Villanueva & Ahumada-Flos, 2025).

En Ecuador-Tungurahua un estudio realizado por (Rocha et al., 2025), en su enfoque metodológico destaca la necesidad de combinar métodos analíticos de datos avanzados para lograr una eficiente evaluación de riesgo de incendio en el campo de estudio, garantizando que dichas evaluaciones identifiquen puntos críticos de incendios para llevar a cabo una gestión acorde a sus necesidades.

La provincia de Santa Elena es una zona muy sensible, donde junto al cambio climático existen muchas actividades humanas que incrementan las probabilidades de que puedan producirse incendios. Esta situación del mismo modo es peligrosa porque en muchas empresas no existen sistemas de protección, poniendo en riesgo la seguridad de los trabajadores y el funcionamiento de las instalaciones. Por este motivo, la comunidad, junto a las autoridades deben implementar medidas de carácter preventivo como son los sistemas de detección y extinción de incendios, la

formación del personal en la prevención y el conocimiento de la prevención de incendios. El modelo de gestión de seguridad contra incendios basados en las normas NFPA proporciona un enfoque estructurado y normativo para identificar, evaluar y controlar los riesgos de incendios en entornos industriales. Estas normas internacionales permiten establecer medidas preventivas, sistemas de protección activa y procedimientos de respuesta ante una emergencia, alineados con las características y necesidades específicas de cada instalación. Al integrar las directrices de la NFPA se fortalece la cultura de seguridad y se minimiza la vulnerabilidad frente a eventos críticos.

Formulación del problema de investigación

¿Puede el desarrollo de un modelo de seguridad contra incendios basados en el procedimiento guía, contribuir a disminuir los riesgos asociados con incendios en la empresa?

OBJETIVOS

Objetivo general.

Proponer un modelo de gestión de seguridad contra incendios, mediante las normas NFPA, para la minimización de riesgos asociados a incendios en sus instalaciones industriales.

Objetivos específicos.

Elaborar una revisión literaria en base a las variables de modelo de gestión de seguridad contra incendios y los riesgos asociados en los enfoques teóricos, metodológicos y normativos en entornos industriales.

Diagnosticar las condiciones actuales de seguridad contra incendios en la empresa Zona Fría analizando los lineamientos establecidos por las normas NFPA aplicables con el fin de dar sustento técnico en base a las problemáticas encontradas.

Estructurar un modelo de protección contra incendios que contemple equipos, sistemas de detección, señalización, así como estrategias de gestión, mantenimiento y capacitación, garantizando la operatividad continua y la sostenibilidad del sistema.

Hipótesis nula:

El modelado de gestión de seguridad contra incendios basados en normas NFPA no logrará minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Hipótesis alternativa:

El modelado de gestión de seguridad contra incendios basados en normas NFPA logra minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación surge como una respuesta ante la necesidad de fortalecer la seguridad industrial en la empresa Zona Fría, a través de un modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA, en un entorno donde se manipulan materiales combustibles, máquinas eléctricas en ambientes fríos y húmedos, y se opera bajo condiciones industriales complejas, el riesgo de que se provoquen incendios es gradualmente más probable y constante. Por esto es importante desarrollar una herramienta que permita proteger la vida de los trabajadores, los activos productivos y la continuidad operativa de la organización, esto significa guiarse a estándares internacionales comprobados de seguridad y aplicarlos a la empresa, demostrando cómo estas normas ayudan a identificar peligros, prevenir incendios y activar protocolos de emergencia si llegasen a ocurrir.

El estudio tiene un impacto directo en la realidad de la empresa, puesto que se elaborará un sistema que permita la protección de las instalaciones, maquinaria y personal ante situaciones relacionadas a los incendios, esta acción permitirá implementar alarmas, extintores, señalización, planes de evacuación y capacitación al personal, con el fin de estar preparados y evitar tragedias ante dichas situaciones.

En el ámbito social los beneficiarios directos son los trabajadores de la empresa. Al reducir el riesgo de incendios mediante una gestión adecuada, esto garantiza un ambiente más seguro y el bienestar del personal. Así mismo fortalece una cultura preventiva dentro de la organización, esto repercute positivamente en la calidad de vida de las familias vinculadas a la empresa. También este modelo contribuye mucho a la prevención de daños ecológicos que podrían derivarse de incendios industriales, como la emisión de gases tóxicos, contaminación del aire y afectación de cuerpos de agua cercanos. Este estudio sigue un proceso ordenado y riguroso para obtener la información necesaria y proponer soluciones viables. Se utilizan métodos como encuestas, observaciones y análisis de riesgos, es decir que no se obtienen respuestas por intuición o suposiciones, sino que se hace un estudio detallado y profesional para tener veracidad en las respuestas y decisiones bien fundamentadas.

1 CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

En China un estudio realizada por (Qian, 2023) titulado “Evaluation on sustainable development of fire safety management policies in smart cities based on big data” / “Evaluación sobre el Desarrollo sostenible de políticas de gestión de seguridad contra incendios en ciudades inteligentes basadas en big data”, Proporciona nuevas estrategias de gestión que han demostrado una mejora del 9,07 % en la eficiencia de extinción de incendios, una reducción de daños materiales y un menor número de víctimas, a la vez que sirven de referencia para futuras aplicaciones del big data en la gestión de la seguridad urbana.

En Canadá un estudio realizado por (Ouache et al., 2025) de “An integrated fire risk management framework for smart-green multi-unit residential Buildings: Assessment of combustibility, extinguishing strategies, and impact prediction” / “Un marco integrado de gestión del riesgo de incendio para edificios residenciales multifamiliares inteligentes y ecológicos: evaluación de la combustibilidad, estrategias de extinción y predicción del impacto”, determinó que los agentes extintores adecuados para los 10 CM-FI más críticos eran agua 70%, espuma 80%, polvo seco 100% CO2 20% y químico húmedo 70%, por la cual el estudio muestra que la extinción de incendios improvisada y los extintores son los más eficaces para controlar la extinción de incendios, los daños y las pérdidas financieras.

En Ecuador un estudio titulado “Evaluación de seguridad frente a incendios con el fin de reducir al mínimo el peligro en edificaciones que cuentan con el sistema Steel Framing.” (Asipuela et al., 2024), redacta la escasez de la protección contra incendios en componentes estructurales de

las edificaciones de organizaciones, promoviendo el uso del sistema de construcción Steel Framing, que es un método beneficioso e innovador debido a que proporciona una alta resistencia térmica, ayudando a que las construcciones sean ignífugas, además de ser amigables con el medioambiente.

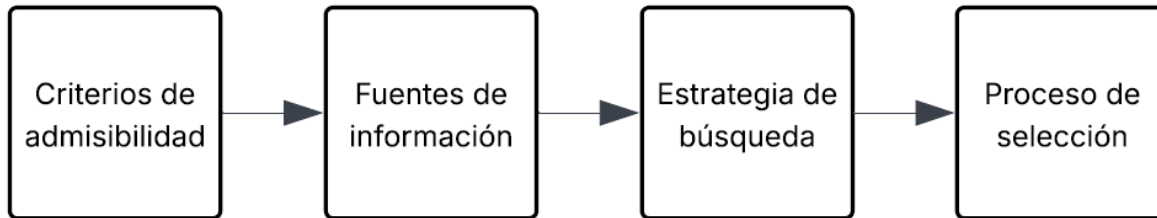
Teniendo en cuenta la necesidad de reforzar el sistema contra incendios, encontramos que la presente investigación tiene como objetivo aplicar las directrices que nos da las Normas NFPA, que nos entregan directrices técnicas para la prevención, control y respuesta ante incendios, por lo que se quiere mejorar el cumplimiento normativo y permitir un sistema de seguridad contra incendios más eficiente y de acuerdo con los niveles internacionales de la NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA).

1.1.1 Revisión Literaria

La declaración PRISMA 2020 constituye un marco actualizado que orienta la elaboración de revisiones sistemáticas de literatura, garantizando la transparencia, replicabilidad y solidez científica en la síntesis de investigaciones. De acuerdo con (Page et al., 2021), este protocolo perfecciona la organización y documentación de cada fase del proceso, desde la identificación de estudios hasta su selección final, mediante directrices precisas que reducen el sesgo y los errores.

Las revisiones sistemáticas de literatura no tienen una estructura definida para su aplicabilidad, sin embargo, se considerará la metodología de (Pineda et al., 2026), en la cual será adaptado en la siguiente gráfica.

Figura 1. Procedimiento de aplicación de revisión sistemática de literatura.



Nota: Elaborado por el autor, adaptado de la investigación (Pineda et al., 2026)

En la Figura 1 especifican 4 pasos a seguir, y son los siguientes:

Criterio de admisibilidad: En orden de verificar la calidad y la relevancia de la información llevada a cabo, se definieron antes unos concretos criterios de selección que permitieron llevar a cabo la identificación de los estudios que se puedan considerar relevantes en relación a la gestión de la seguridad, en este sentido, los criterios de inclusión tan solo consideraron las publicaciones académicas que eran recientes y centradas en lo que viene a ser la aplicación de las normas NFPA y metodologías de evaluación de riesgos, para esta selección se consideraron solamente los artículos que fueron publicados de los último 5 años y que son bien escritos en inglés o español.

El proceso de exclusión de los estudios se desarrolló en tres etapas, primero se identificaron y eliminaron los documentos duplicados o mal clasificados asegurando que cada fuente aportara información única y relevantes al análisis, segundo se descartaron artículo sin acceso completo del texto, esto se debe que impediría una evaluación detallada de los procedimientos técnicos y de los resultados obtenido, y finalmente el tercero se efectuó una revisión cualitativa basada en la pertinencia temática y la rigurosidad metodológica, examinando títulos, resúmenes y contenidos completos.

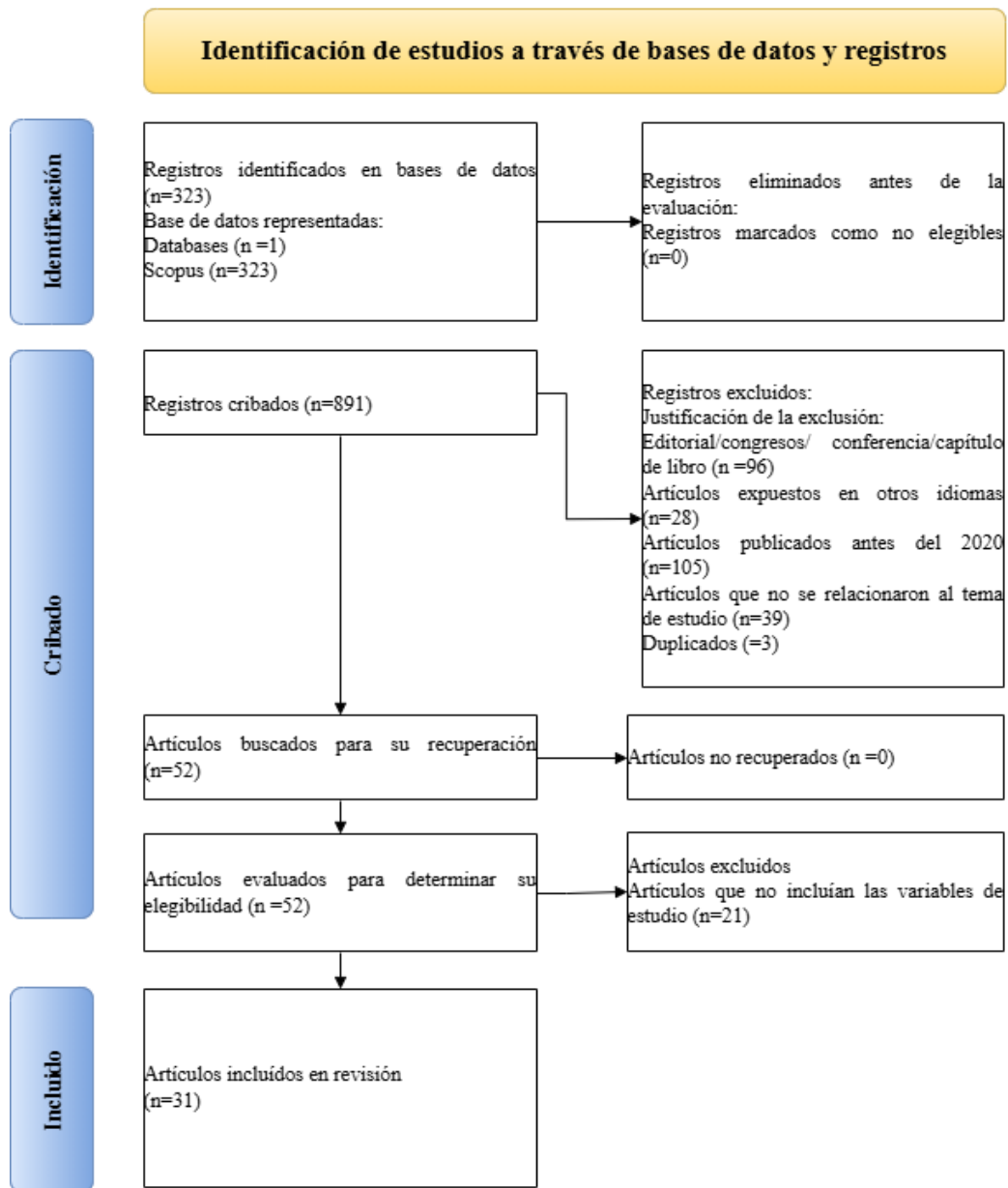
Fuentes de información: Las bases de datos Scopus y Science Direct fueron seleccionado para este estudio debido a su amplia cobertura y rigor en la indexación de literatura científica de

alto impacto lo que garantiza la fiabilidad y actualidad de las fuentes consultadas, ambas plataformas integran publicaciones relevantes en los campos de la ingeniería industrial, seguridad ocupacional y gestión de riesgo.

Estrategia de búsqueda: Se realizó una rigurosa búsqueda de información en varias fuentes bibliográficas confiables para así dar sentido y argumentar de manera veraz este estudio formando una base de datos, se investigó en fuentes como: Scopus y Science Direct, temas de relevancia utilizando palabras clave que guarden relación con nuestras variables de estudio, entre estas están “Normas NFPA”, “Sistema de gestión de seguridad contra incendios” adaptado a los idiomas relevantes para tener más información y fuentes para desarrollar el estudio. Se utilizaron conectores de búsqueda como “AND, OR, NOT” que son fundamentales para afinar y las búsquedas en las bases de datos académicas.

Proceso de selección: Una vez aplicados estos pasos se procede a hacer una depuración o filtración de la información encontrada, teniendo en cuenta solo artículos científicos, los años en que se publicaron y que tengan una gran relación con las variables de nuestro estudio.

Figura 2. Diagrama prisma



Nota: Elaborado por el autor en software DRAW.IO

1.2 Estado Conceptual

Para la obtención de los conceptos que dan sustento al tema de investigación se busca la delimitación de las claves en función de las variables en fuentes confiables que se adapten al contexto para contrastar los conceptos obtenidos. Para así escoger los métodos y herramientas más utilizados en las fuentes para el desarrollo del estudio.

1.2.1 NFPA

Es una organización internacional que establece estándares para la prevención y protección contra incendios, utilizados a nivel mundial

- **NFPA 10:** es la norma para extintores portátiles contra incendios. Aplicando instalación, inspección, mantenimiento y prueba de equipos extintores portátiles, detallando los tipos de extintores adecuados para las diferentes clases de incendios.
- **NFPA 13:** es la norma para el diseño e instalación de sistemas automáticos de rociadores contra incendios, detallando métodos de diseño, componentes, tipos de rociadores y como clasificar los riesgos de cada ocupación.
- **NFPA 14:** define los requisitos para la instalación de sistemas de montantes y mangueras, asegurando que dichos sistemas operen correctamente y proporcionen un suministro adecuado y confiable de agua en caso de una emergencia por incendio.
- **NFPA 20:** define los requisitos para la instalación de bombas estacionarias contra incendios, asegurando que los sistemas de suministro de agua operen de manera eficiente y confiable durante una emergencia.

- **NFPA 22:** norma que describe los requisitos del diseño, la construcción, la instalación y el mantenimiento cisternas y equipos auxiliares, destinados a la protección contra incendios.
- **NFPA 25:** norma que define los requisitos que rigen los requisitos básicos para la inspección, pruebas y mantenimientos de sistemas de protección contra incendios con el uso del agua, que contemplan rociadores, bombas y tuberías.
- **NFPA 72:** norma que define los requisitos para la instalación, diseño, prueba, mantenimiento y funcionamiento de sistemas de alarmas contraincendios.
- **NFPA 101:** es la norma que establece los requerimientos básicos del diseño, funcionamiento y mantenimiento de las estructuras o instalaciones que se utilizan para la protección contra incendios. La norma también se le conoce como el código de seguridad humana.
- **NFPA 170:** es la norma para los símbolos de seguridad contra el fuego. Estandarizada los símbolos usados en la representación de riesgos asociados con el fuego.
- **NFPA 600:** establece los requisitos básicos para la organización, funcionamiento, capacitación y equipamiento de las brigadas contra incendios en entornos industriales o instalaciones.

1.2.2 Etapas sugeridas para la aplicación de la norma NFPA

La norma NFPA propone una secuencia de etapas que permiten evaluar de manera ordenada los riesgos de incendio y las posibles soluciones e instalaciones industriales. Este enfoque integra factores físicos como normativos, asegurando un modelo de gestión completo.

- Análisis de localización

Se determina la ubicación física de la instalación y las características del entorno inmediato. Se consideran aspectos como accesibilidad vial, cercanía a posibles fuentes de peligro y disponibilidad de recursos externos de emergencia que faciliten la atención ante un incendio.

- Análisis del establecimiento

Este procedimiento implica la evaluación de las condiciones internas del edificio, las zonas límites, la tipología de uso que tiene el mismo y los materiales en que está construido. El diagnóstico permitirá detectar las condiciones estructurales-relacionales y operativas que pueden incidir en el desarrollo y control de un incendio.

- Análisis del riesgo de incendios (NFPA)

Se efectúa una evolución detallada de los peligros potenciales de incendio, tomando como base las normas NFPA, esta etapa incluye la identificación de posibles fuentes de ignición, materiales combustibles y la determinación de la carga de fuego de la instalación.

- Selección del método de extinción

En este punto se define el sistema o tecnología más apropiada para responder a los riesgos detectados, la elección se fundamenta en las características propias del establecimiento.

- Alternativas de solución

Se plantean diversas opciones de intervención destinadas a reforzar la seguridad contra incendios. Estas alternativas pueden involucrar modificaciones en la infraestructura, implementación de procedimientos o capacitación del personal. Ofreciendo opciones para reducir los riesgos.

- Propuesta de investigación

Se diseña un plan que detalle acciones futuras de estudio o validación de las medidas sugeridas, la propuesta pretende profundizar en el análisis de las soluciones planteadas, con el fin de verificar su aplicabilidad y efectividad en la práctica.

- Costo de la propuesta

Finalmente, se elabora una estimación económica de los recursos necesario para ejecutar la propuesta, este cálculo abarca materiales, mano de obra, equipos y demás gastos asociados, lo que permite determinar la factibilidad de las medidas sugeridas.

1.2.3 Tipos de Incendio

Según Godoy et al, (2020), define la existencia de cinco tipos de fuego, los clasifica según su origen:

Clase A: son los incendios originados en combustibles sólidos de uso común, tales como madera, papel, corcho, textiles, fibras y plásticos. Estos materiales se incendian tanto en la superficie, como en su interior, generando residuos tras la combustión.

Clase B: se refieren a los incendios provocados por líquidos inflamables, entre los que se encuentran gasolina, alcohol, disolventes, pinturas, barnices, aceras y parafina. Estos fuegos solo

se desarrollan en la superficie de los materiales y no producen residuos. Así mismo, dentro de esta categoría se incluye los gases inflamables como el propano y el butano.

Clase C: este tipo de incendio involucra equipos eléctricos que permanecen energizados, como motores, transformadores y diversos aparatos eléctricos.

Clase D: se generan por la combustión de metales inflamables como potasio, magnesio, aluminio en polvo, sodio, circonio o titanio. Estos materiales alimentan el incendio y requieren agentes extintores especiales para su control. A este tipo de siniestros se los denomina comúnmente fuegos metálicos.

Clase K: corresponden a incendios provocados por aceites y grasas de uso culinario, como la manteca vegetal o mineral, que se emplean en procesos de cocción.

1.2.4 Método MESERI

El Método MESERI según Sheng et al. (2024) por sus siglas, Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio, es una herramienta cuantitativa desarrollada para evaluar el nivel de riesgo de incendio de manera práctica y rápida, sin perder precisión técnica. Es un tipo de cuestionario, cuyos resultados son puntuaciones basándose en diagnósticos cualitativos y cuantitativos, tomando en cuenta distintos parámetros como: actividades, características de construcción, almacenamiento de materiales, procesos productivos, sistemas de extinción y detección. Cada parámetro tiene un peso específico y la suma ponderada final, que es un dato numérico, es comparado con una escala de referencia, para determinar si el riesgo de incendio es bajo, medio o alto.

En la gestión de seguridad contra incendios, MESERI se utiliza para realizar diagnósticos iniciales, priorizar intervenciones correctivas y justificar inversiones en sistemas de protección

activa como rociadores, extintores y pasiva por ejemplo compartimentación, resistencia al fuego. Este método es especialmente útil en industrias y almacenes, aunque también se aplica en edificios administrativos y comerciales.

1.2.5 Método GRETENER

El Método GRETENER es un sistema suizo que calcula el riesgo de incendio que combina un análisis cualitativo y cuantitativo (Zhang & Huang, 2024). Basado en el concepto de que el riesgo es el resultado de la probabilidad de ocurrencia multiplicada por la magnitud de las consecuencias. Esta metodología hace uso de una fórmula gráfica que mide parámetros como la carga de fuego, la resistencia ignífuga de las estructuras, los sistemas de protección existentes, el grado de distribución y el acceso a los equipos de emergencia.

Según (SE Hughs, 2017) la metodología GRETENER tiene una ventaja, que es la capacidad para comparar distintas áreas de una misma instalación, para así determinar con exactitud cuáles requieren medidas adicionales y específicas. También permite simular nuevos escenarios con propuestas implementadas para verificar el impacto en la reducción del incendio.

1.2.6 Evaluación Cuantitativa de Riesgo (QRA)

Los componentes de la QRA deben incluir las fases de identificación de peligros, estimación de frecuencias, modelado de consecuencias (propagación de calor, humo, sobrepresión) y cálculo de niveles de riesgo (Sheng et al., 2024b). La QRA (Análisis cuantitativo de riesgos) es una de las técnicas de análisis que se emplea en instalaciones de alto riesgo como plantas químicas, refinerías y depósitos de combustibles, que exigen el cumplimiento de unos criterios de aceptabilidad de riesgo de forma obligatoria (ALARP: As low as reasonably practicable).

1.2.7 Modelado y Simulación CFD (FDS)

La Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) aplicada a incendios, con herramientas como Fire Dynamics Simulator (FDS), permite reproducir numéricamente el desarrollo de un incendio, la propagación del humo y los perfiles de temperatura (Kapahi, Alvarez-Rodriguez, Lakshmipathy, et al., 2023a). Esto es esencial para validar diseños por desempeño, optimizar la ventilación, ubicar detectores y asegurar que las rutas de evacuación mantengan condiciones de sostenibilidad.

El modelado CFD también se utiliza para demostrar cumplimiento de NFPA 92 en sistemas de control de humo y justificar soluciones alternativas a lo prescriptivo.

1.2.8 Simulación de evacuación (ASET/RSET)

La simulación de evacuación es una herramienta para analizar la capacidad de un edificio o instalación para permitir la evacuación segura de sus empleados (Diakow et al., 2022). Esta simulación posibilita la comparación entre el tiempo disponible para evacuar ASET (Available Safe Egress Time) y el tiempo que sería necesario RSET (Required Safe Egress Time). Hay herramientas como Pathfinder o buildingEXODUS, que modelan el flujo y movimiento del personal, teniendo en cuenta el grado de ocupación, visibilidad, tiempos de reacción, o bien, el comportamiento colectivo.

1.2.9 Análisis de Carga de Fuego.

El análisis de carga de fuego permite calcular la energía calorífica que puede llegar a liberarse de los materiales combustibles en un espacio cerrado, siendo el resultado la carga de fuego que se expresa en MJ/m². Resulta ser una variable fundamental en la aceptación de la

severidad que puede tener un incendio y la determinación de medidas constructivas como puede ser la resistencia al fuego de elementos estructurales o selección de material (Lim et al., 2025).

1.2.10 Sistema de Gestión Integral contra Incendios (FSMS)

Un Sistema de Gestión de Seguridad contra Incendios (Fire Safety Management System, FSMS) es un conjunto organizado de políticas, procedimientos, recursos y responsabilidades destinadas a prevenir, detectar y responder a incendios (KS et al., 2025). Incluye medidas de protección activa como lo son rociadores, extintores, detección y pasiva como la compartimentación, señalización y resistencia al fuego, así como programas de capacitación, mantenimiento y auditoría.

1.3 Descripción del sistema productivo actual

ZONAFRIA S.A.S es una empresa ecuatoriana, constituida el 4 de septiembre del 2023 inscrita en el Registro Único de Contribuyentes con el número 2490407238001 y bajo el régimen RIMPE – EMPRENDEDOR.

ZONAFRIA S.A.S cuenta con 6 trabajadores fijos y otros 10 por contrato, la empresa está activa y se caracteriza por un objeto social amplio que le permite operar en distintos sectores productivos destacando en la preparación y conservación de productos del mar y la producción de refrigeración industrial.

Sus actividades económicas registradas ante el SRI son las siguientes:

La preparación y conservación de langostinos y camarones por medio de métodos como secado, ahumado, salazón, enlatado, congelación, entre otros (CIIU C102001).

Conservación y preparación de crustáceos, pescado y moluscos (excepto camarón y

langostinos) con procesos similares (CIU C102002)

Producción y distribución de agua fría para refrigeración, incluyendo la fabricación de hielo para la industria alimentaria y otros usos industriales (CIU D353003)

Adquisición, venta, arrendamiento y uso de propiedades inmobiliarias que son propias o arrendadas, incluyendo edificios residenciales y no residenciales, centros comerciales, instalaciones de almacenamiento y terrenos (CIU L681001)

Figura 3. Diagrama de flujo de pescado congelado.

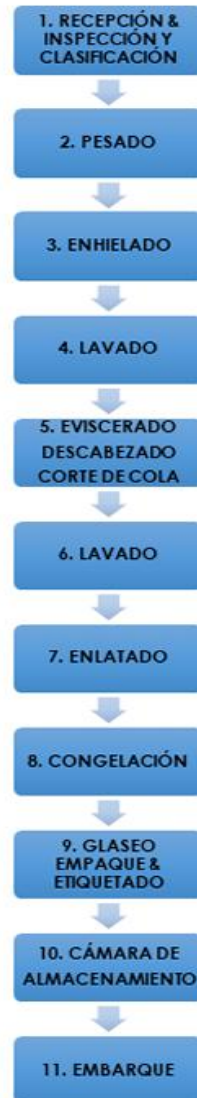
Para el proceso de Pescado congelado , se realiza de acuerdo al Diagrama de flujo:



Nota: Elaborado por empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Figura 4. Diagrama de flujo de pesado entero sin vísceras congelado y pescado con corte HGT.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE PESCADO ENTERO SIN VÍSCERAS
CONGELADO Y PESCADO CON CORTE HGT**



Nota: Elaborado por empresa ZONAFRÍA S.A.S.

ZONAFRIA S.A.S se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, en el cantón Salinas en la parroquia de Anconcito, calle: GONZALO CHAVEZ, intersección: VIA ANCON, número de piso: S7, referencia: DIAGONAL AL FARO. 2°18'58.1"S 80°53'00.1"W.

2 CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

2.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación desarrollada combina un enfoque tanto cuantitativo, como cualitativo, es decir que tiene un enfoque mixto, esto permite realizar un análisis con mayor precisión al utilizar ambos tipos de datos para así obtener la información necesaria para complementar y contrastar los resultados.

La investigación por una parte llevará un enfoque cualitativo, donde se realizarán análisis de las características de la empresa en el ámbito de seguridad en donde los resultados se obtendrán por medio de los instrumentos de investigación y así poder tener un diagnóstico para sugerir un modelo de gestión de seguridad contra incendios para la empresa.

Así mismo será de enfoque cuantitativo, debido a que a través de la recopilación de información también se obtendrán datos numéricos con su respectiva documentación, para que de esta manera se puedan realizar las medidas respectivas y se elabore un buen modelo de gestión de seguridad contra incendios.

2.2 Diseño de la investigación

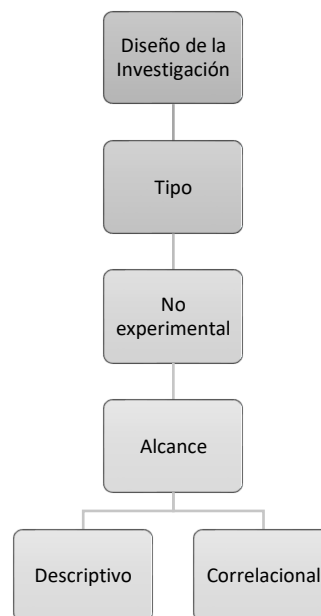
El diseño de la investigación es de categoría no experimental, debido a que no se manipularán las variables a través de todo el estudio en este modelo de gestión, sino que se observarán todos los tipos de fenómenos tal y como ocurren en su estado natural. Esto facilita la implementación de una propuesta de un modelo de gestión de seguridad contra incendio basado en normas NFPA ya que las investigaciones no experimentales son pertinentes cuando el

investigador carece de control alguno sobre el estudio, como ocurre en el presente trabajo de investigación. Al ser la investigación de tipo no experimental cuenta con un diseño que parte desde la recolección de datos y la determinación de las variables, y esta se dividen en 2 partes:

Investigación descriptiva: se orienta a caracterizar el estado actual de la empresa sin tener que manipular sus variables, describiendo cómo se encuentra su modelo de gestión de seguridad contra incendios y documentando el grado de cumplimiento de la norma NFPA en equipos, procedimientos, señalización, etc.

Investigación correlacional: analiza la relación entre la variable independiente y la variable dependiente, con el objetivo de determinar cuál es la dirección e intensidad de la relación entre el grado de implementación de un modelo de seguridad basado en normas NFPA, y el nivel de seguridad y disminución de riesgos. Concluyendo que el diseño de la investigación se desarrolla en secciones donde se describe el tipo no experimental, y su alcance descriptivo y correlacional.

Figura 5. Diseño de la investigación.



Nota: Elaborado por el autor.

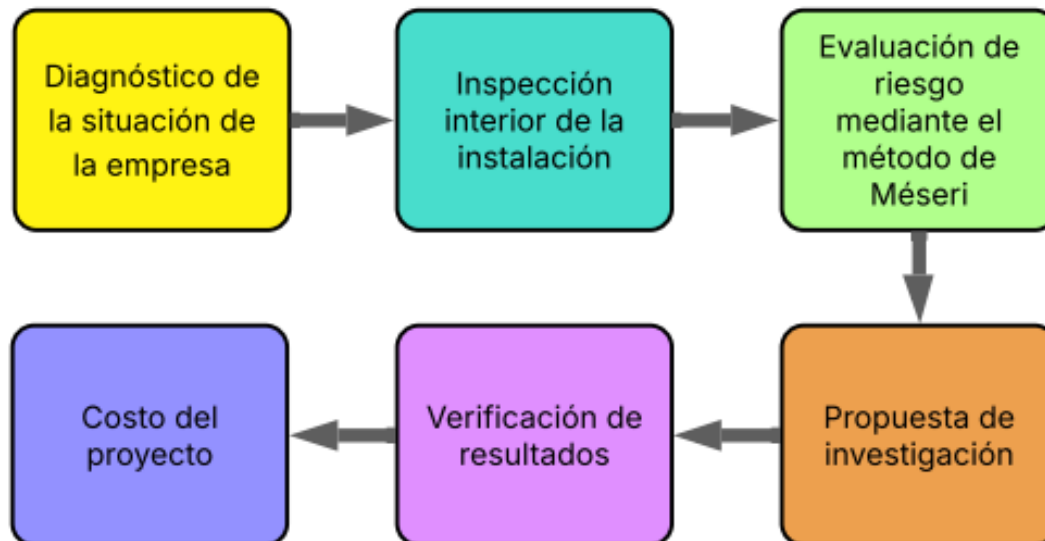
2.3 Tipo de Investigación.

Así mismo la investigación es de carácter aplicada, debido a que busca resolver una problemática de seguridad contra incendios, aplicando normativas NFPA y la verificación de su impacto sobre el nivel de riesgo, entonces el estudio permite abordar las necesidades de la empresa mediante la propuesta del tema.

2.4 Procedimientos metodológicos

El proceso establecido para llevar a cabo la investigación se compone de diversas fases, descritas a continuación, las cuales forman parte de la propuesta metodológica planteada por (Caiza & Jefferson, 2023):

Figura 6. Procedimiento metodológico



Nota: Elaborado por el autor

Diagnóstico de la situación de la empresa: se analiza el estado actual de la empresa, la cual carece de un sistema formal de protección contra incendios, evaluando su realidad a partir del

reglamento de prevención, mitigación y protección, mediante una lista de verificación de 19 ítems que sirve como guía de observación.

Inspección interior de la instalación: con la lista de verificación se identifican las fallencias existentes (respuesta y negativas) y se contrastan con los lineamientos establecidos por la norma NFPA

Evaluación de riesgo, mediante el método MESERI: se obtienen los resultados mediante la calificación de parámetros como la categoría de la construcción, actividades, almacenamientos, para calificar el riesgo de incendio de la zona.

Propuesta de investigación: Se propone un modelo de protección que contempla el cálculo de la carga térmica, el diseño de un sistema de rociadores, la delimitación de las zonas críticas a proteger y el cálculo del número de rociadores necesarios.

Verificación de resultados: Se vuelve a aplicar el método MESERI con el fin de observar la variación del nivel de riesgo tras la propuesta, evidenciando la mejora en comparación con la situación inicial.

Costo del proyecto: Se desarrollan los cálculos económicos relacionados con la implementación del sistema contra incendios y sus elementos, considerando que la empresa no dispone previamente de dicho sistema.

2.5 Población y muestra

2.5.1 Población

Se realizó un censo en la empresa ZONAFRÍA S.A.S. como técnica de recolección de datos y se consideró en él y el personal de las distintas áreas de la empresa, personal fijo y personal

eventual, etc. Esto permitió obtener información estructurada y precisa, al identificar dentro del censo todos los recursos humanos y materiales que estaban disponibles, así como factores relevantes para la evaluación del sistema de seguridad contra incendios. Se recoge el número de personas que conforman la organización y sus roles respectivos en la tabla.

Tabla 1. Personas que laboran en la empresa Zona Fría SAS

Rol	Cantidad	Porcentaje
Gerente General	1	3%
Administrador	2	7%
Jefe de planta	1	3%
Mantenimiento	1	3%
Operarios fijos	11	37%
Operarios eventuales	14	47%
Total	30	100%

Nota: Elaborado por el autor

La población de la investigación abarca a todos los trabajadores de la empresa ZONAFRÍA S.A.S., debido a que todos están involucrados en el sistema de seguridad contra incendios, abarcando su evaluación e implementación.

2.5.2 Muestra

La muestra tendrá el alcance de todos los trabajadores fijos de la empresa ZONAFRÍA S.A.S., la cual consta de 16 empleados, la empresa cuenta con 30 empleados de los cuales 14 son eventuales y 16 fijos, los rotativos trabajan en distintas áreas incluyendo el área de estudio donde se implementará el modelo de gestión de seguridad contra incendios, esto incluye también a los fijos debido a las supervisiones de áreas y actividades existentes en la empresa.

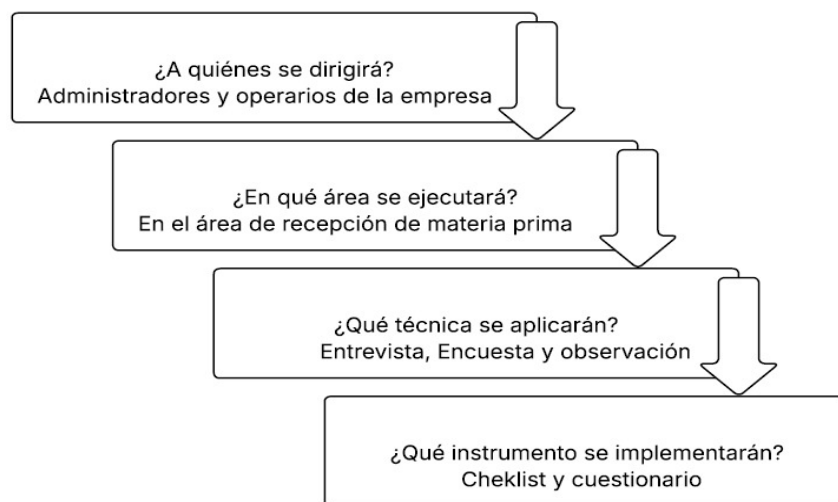
2.6 Método, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

2.6.1 Método de recolección de los datos

Para Wahyudie et al. (2021) la planificación de la recolección de datos constituye una de las fases más determinantes en cualquier investigación, ya que exige definir con claridad a quiénes se dirigirá la recolección de los datos, en qué espacios se ejecutará, qué técnica se aplicarán y que instrumentos.

En la figura muestra la organización de recolección de los datos para obtener información necesaria de la empresa.

Figura 7. Organización de recolección de los datos



Nota. Elaborado por el autor

2.6.2 Técnicas de recolección de los datos

Entrevista: es una técnica en la cual se plantean preguntas que buscan profundizar en experiencias, percepciones y opiniones. Según Wang et al, (2024), la entrevista semiestructurada permitió recopilar percepciones de supervisores de plataformas sobre la cultura de seguridad y la

gestión de la fatiga, facilitó evaluar la aceptación y viabilidad de tecnologías de monitoreo como sensores fisiológicos y pruebas psicomotoras.

Encuesta: esta técnica resulta idónea para recopilar datos de manera ágil en un grupo amplio de trabajadores, permitiendo comparar las respuestas bajo criterios propio, y facilitando la identificación de patrones comunes. De acuerdo con Shagar et al, (2025), las encuestas diseñadas para evaluar en diferentes áreas investigativo no se limitan a recopilar opiniones de los residentes, sino que constituyen un medio sistemático para identificar patrones, deficiencias y oportunidades.

Observación: es una técnica cualitativa, utilizada para analizar de frente las condiciones de seguridad de las instalaciones y los procedimientos relacionados con la prevención de incendios en la empresa. Su aplicación está basada en que el investigador analice y trabaje de manera neutral y sin intervención alguna, para evaluar de forma visual aspectos como la ubicación de los equipos contra incendios, accesibilidad a las rutas de evacuación y otros elementos críticos. Tal como señalan Cheek et al. (2024), la observación no participante permite registrar el work- as- done (el trabajo tal como se realiza) lo que posibilita detectar discrepancias entre la normativa establecida y la realidad operativa.

2.6.3 Instrumentos de recolección de los datos

Cuestionario: es el principal instrumento para la recolección de deficiencias en la empresa. Este cuestionario contendrá ítems estructurado con el fin de evaluar diferentes dimensiones del modelo de gestión de seguridad contra incendios, entre los aspectos a considerar se incluyen:

- Dispositivos de seguridad: preguntas dirigidas a conocer el nivel de familiaridad de los empleados con los equipos existentes.

- Procedimientos en caso de emergencias: ítems que valoran los trabajadores conocen y aplican correctamente las rutas de evacuación, puntos de encuentro y demás protocolos establecidos para emergencias
- Capacitación: ítems que indagan sobre la frecuencia, calidad y percepción de utilidad de las capacitaciones impartidas en materia de seguridad contra incendios.
- Tipo de preguntas: el cuestionario combina preguntas cerradas, opciones múltiples o de escala (Likert), para obtener datos cuantitativos junto con preguntas abiertas que permiten a los empleados expresar opiniones y sugerencias, aportando información cualitativa.

2.6.4 Método de evaluación de riesgos de incendio (MESERI y Carga térmica)

Para la valoración de los riesgos de incendio en la empresa se empleará el método MESERI, reconocido por su carácter simplificado, visual y práctico en la clasificación de vulnerabilidades en entornos industriales. Este método se fundamenta en la inspección sistemática de factores relacionados con la construcción, la situación, los procesos operativos, la concentración de valor y los medios de protección, asignando puntuaciones que permiten obtener un índice cuantitativo del nivel de peligro.

Para este proceso es necesario realizar un reconocimiento visual de la infraestructura y las condiciones de la organización, lo cual posibilita determinar el nivel real de vulnerabilidad (Mantilla Costa, 2020).

- Los factores evaluados incluyen los siguientes:
- Factores de construcción

- Factores de situación
- Factores de procesos o actividad
- Factores de concentración de valor
- Factores de destructibilidad
- Factores de propagabilidad
- Factores de protección

Cada uno de estos factores se subdivide en aspectos específicos que deben ser considerados en la evaluación. A cada aspecto se le asigna un coeficiente que varía entre 0 y 10, según su influencia en el riesgo de incendio, siendo cero el valor menos favorable y diez el más seguro.

Este procedimiento se desarrolla mediante la inspección visual sistemática de diversos elementos de la edificación, los cuales se califican de acuerdo con los valores establecidos en las tablas de referencia. En caso de que la situación observada no coincida exactamente con los valores predefinidos, es posible asignar puntajes intermedios para reflejar con mayor precisión la condición evaluada.

2.6.5 Cálculo de la carga de fuegos o carga térmica

La carga de fuego se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Cf = \frac{\Sigma P \times Pc}{4400Kcal / Kg \times A}$$

Dónde:

Cf= Carga de fuego dada en (Kg / m²)

P = es la cantidad de material que se contiene en el sector de incendio (Kg)

P_c = es el poder calorífico de cada material (Kcal / Kg)

A = Área del sector de incendio (m²)

4400= es el poder calorífico de la madera, el cual es un valor constante (Kcal / Kg)

Valor P	Categoría
0 a 2	Riesgo muy grave
2.1 a 4	Riesgo grave
4.1 a 6	Riesgo medio
6.1 a 8	Riesgo leve
8.1 a 10	Riesgo muy leve

Al evaluar cada uno de los aspectos o factores contemplados en el método MESERI, se aplican formatos que incluyen preguntas cualitativas orientadas a ofrecer una visión general de la vulnerabilidad de la organización. De esta forma, el evaluador puede calificar como baja, media o alta la exposición de las personas, los recursos, los sistemas y los procesos frente a las diferentes amenazas identificadas, lo que constituye un análisis integral de vulnerabilidad.

La aplicación del método se realiza a partir de la información obtenida directamente en una inspección efectuada por el técnico que lo implemente o en su defecto por expertos utilizando cuestionarios de inspección debidamente completado, su utilidad principal se puede sintetizar en tres aspectos:

- Se caracteriza por su sencillez, lo que permite rapidez en la ejecución y eficiencia en el uso del tiempo.

- Favorece la coordinación del trabajo entre diferentes personas y en distintos momentos, gracias a su objetividad.
- Facilita a la identificación de mejoras en la gestión del riesgo, al permitir realizar modificaciones que incrementen los coeficientes hasta alcanzar un valor P considerado aceptable.

2.7 Variables y dimensiones

Dentro del estudio existe la variable independiente que corresponde al modelo de gestión de seguridad contra incendios, esta variable comprende lo que son medidas, equipos y procedimientos diseñados principalmente para detectar, prevenir y mitigar riesgos, e incluye la implementación de medidas de respuesta, equipos y controles.

Tabla 2. Matriz de operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Pregunta cerrada (Likert 1–5)	Instrumento
VI: Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA	Conjunto de medidas y prácticas para prevenir y controlar incendios, usando equipos y procedimientos que cumplan con normas NFPA.	Sistemas de detección, alarma, extinción, salidas de emergencia, señalización, almacenamiento seguro, mantenimiento y capacitación.	Alarmas y detección	% de alarmas de incendio operativas y audibles en toda la planta	La alarma de incendio suena claramente y en todos los lugares de la planta	Cuestionario
			Extintores	% de extintores en buen estado y ubicados en lugares visibles	Los extintores están en buen estado y al alcance en caso de necesitarse	
			Rociadores y agua	% de áreas críticas cubiertas por rociadores automáticos	El sistema de rociadores de agua cubre bien las áreas de trabajo	
			Revisión	Número de mantenimientos preventivos realizados al año en equipos contra incendios	Se hacen revisiones o pruebas a los equipos contra incendios con regularidad	
			Evacuación	% de salidas de emergencia libres y operativas	Las salidas de emergencia están libres y fáciles de usar	
			Señalización	% de señales visibles y comprensibles en condiciones normales y de baja luz	Los letreros y señales de emergencia se ven a simple vista y se entienden	
			Clasificación	% de áreas con clasificación de riesgo actualizada	Conoce usted la probabilidad de incendio en todas las áreas de trabajo	
			Mantenimiento general	% de tableros eléctricos y equipos contra incendios revisados sin fallas reportadas	Se da mantenimiento a los equipos eléctricos de manera periódica	
			Capacitación	% de trabajadores que participan en capacitaciones y simulacros anuales	Las capacitaciones y simulacros ayudan a saber qué hacer ante situación de incendio La mayoría de los trabajadores participa en los simulacros	

Por otra parte, la variable dependiente es el nivel de seguridad con el que cuenta la empresa ZONAFRÍA S.A.S., que es el grado de protección contra incendios que existe en la empresa, riesgo medido a través de MESERI. Esta variable será evaluada en términos de efectividad de medidas de prevención y control implementados en la empresa, basándose en los estándares de las normas NFPA.

Tabla 3. Matriz de operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Pregunta cerrada (Likert 1-5)	Instrumento
VD: Minimización de riesgos de incendios en la empresa.	Grado de reducción de probabilidad y consecuencias de incendios al aplicar NFPA y medidas de seguridad.	Evaluación de riesgos asociados con incendios mediante el método MESERI y prácticas de prevención: construcción, procesos, propagación, protección y organización.	Construcción	Grado de resistencia al fuego de materiales y % de áreas compartimentadas	La construcción del lugar (paredes, techos, divisiones) ayuda a que el fuego no se extienda rápido	Cuestionario
			Situación externa	% de accesos despejados para entrada de bomberos y equipos de emergencia	El camino de acceso a la planta está libre y permite que los bomberos lleguen rápido	
			Proceso	% de equipos y procesos con controles efectivos contra chispas y recalentamientos	Existen hidrantes o puntos de agua cercanos que puedan usar los bomberos	
			Orden y limpieza	Número de inspecciones mensuales sin hallazgos de acumulación combustible	Se controla bien el uso de chispas, cables eléctricos o fuentes de calor en el trabajo	
			Valor en riesgo	% de activos críticos con medidas de protección contra incendios	Su área de trabajo se mantiene limpia y sin acumulación de materiales que puedan prenderse fuego	
			Seguridad de personas	% de trabajadores que cuentan con equipos y rutas seguras en caso de incendio	Las máquinas y materiales más importantes están ubicados en zonas seguras	
			Control de humo	% de áreas con ventilación adecuada o extractores funcionales	Las medidas actuales protegen bien a los trabajadores contra humo y calor	
			Organización	% de trabajadores que afirman conocer su rol en caso de incendio	El humo puede salir de la planta con ventilación o extractores	
			Mejora percibida	Percepción promedio de reducción del riesgo después de aplicar mejoras	Conoce cómo actuar rápido si se inicia un incendio	
				Percepción promedio de reducción del riesgo después de aplicar mejoras	Con el tema propuesto (modelo de gestión de seguridad contra incendios), cree que el riesgo de incendio sería menor	

2.8 Procedimiento para la recolección de datos

Para la recolección de datos en la empresa ZONAFRÍA S.A.S., se utiliza una encuesta realizada el día lunes 22 de septiembre del año 2025, donde se pueden identificar los resultados de la misma en la Figura 9. La encuesta consta de 20 preguntas cerradas definidas por nuestras dos variables de estudio, para la obtención de las respuestas se encuentra la opción de escala de Likert obteniendo un resultado general por parte de los trabajadores encuestados.

Tabla 4. Plan de recolección de datos.

No.	Plan	Acciones
1	Validación de instrumento	1. Elaboración de encuesta con preguntas cerradas 2. Validación por criterio de juicio de expertos 3. Retroalimentación
2	Recopilación de los datos	1. Ejecución de encuestas a personal de la empresa ZONAFRÍA 2. Entrevista a personal especializado 3. Análisis de resultados
3	Presentación de datos	1. Cálculo de fiabilidad de los datos 2. Tabulación de los resultados 3. Análisis e interpretación

Nota: Elaborado por el autor

2.9 Validación y confiabilidad del instrumento

Dentro de este punto se desarrolla todo el procedimiento guía de la investigación, específicamente se plantea la validez y confiabilidad de los instrumentos, al igual que los resultados de las encuestas.

2.9.1 Validación de instrumento

El método empleado para validar la guía de entrevista fue el que se describe a continuación:

1. Selección de expertos: se escogerá a 5 ingenieros de la carrera con experiencia relacionada al tema en el área de seguridad.

2. Preparación del material: el formato tipo de entrevista junto a una casilla de evaluación del instrumento también será proporcionado a los expertos.

3. Criterios de evaluación: los expertos deben evaluar cada pregunta de la entrevista a partir de los criterios de claridad, relevancia y coherencia, de forma que todos los ítems sean comprensibles y que se relacionen al objetivo y variables de la encuesta.

4. Recopilación de comentarios: se tendrán en cuenta las observaciones y sugerencias de los expertos a fin de mejorar la coherencia de la encuesta.

5. Análisis de evaluaciones y Proporción de calificación final: se analizarán los resultados y se ponderará la calificación final para la validación de la encuesta.

6. Modificación del cuestionario: se llevarán a cabo los cambios que se consideren necesarios para un desarrollo natural de la encuesta.

La validez de un instrumento es el grado con el que, dicho instrumento, mide la precisión del fenómeno que se estudiará Sugiarta et al. (2023). En esta investigación el objetivo es proponer un modelo de gestión contra incendios en la empresa ZONAFRÍA S.A.S., de tal manera que se elaboró un instrumento que fue pasó por un proceso de validación a través de un juicio de expertos, el mismo que se muestra en la tabla 4.

Los expertos evaluadores de las encuestas deben contar con un título de 4to nivel que guarde relación con el estudio en desarrollo, además de 10 o más años de experiencia en la misma, siendo esta la seguridad industrial. En este estudio se consideraron a los siguientes expertos:

- Experto 1: Mgrt; Marco Vinicio Bermeo García
- Experto 2: PhD; Alejandro Cristonomo Veliz Aguayo

- Experto 3: Mgtr; Víctor Manual Matías Pillasagua
- Experto 4: Mgtr; John Enrique Montenegro Carvajal
- Experto 5: Mgtr; Richard Edinson Muñoz Bravo

En este proceso de validación de juicio por expertos se evaluaron los siguientes criterios:

- Relación entre la variable y la dimensión
- Relación entre la dimensión e indicador
- Relación entre el indicador e ítem
- Relación entre el ítem y la opción de respuesta

Tabla 4. Matriz de validación de juicios por expertos.

Criterios de evaluación	Experto 1			Experto 2			Experto 3			Experto 4			Experto 5		
	BUENO	REGULAR	MALO	BUENO	REGULAR	MALO	BUENO	REGULAR	MALO	BUENO	REGULAR	MALO	BUENO	REGULAR	MALO
Relación entre la variable y la dimensión	X			X			X			X			X		
Relación entre la dimensión y el indicador	X			X			X			X			X		
Relación entre el indicador y el ítem	X			X			X			X			X		
Relación entre el ítem y la opción de respuesta	X			X			X			X			X		

Nota: Elaborado por el autor

Como resultado se muestra la matriz de validación de juicio por expertos, en función a los criterios de evaluación de las variables, sus dimensiones e indicadores. En los resultados se muestra

cómo coinciden las valoraciones de los distintos expertos, calificando como “BUENO” al instrumento que se utilizará para la recolección de datos, por lo tanto, se respalda la validez del mismo, lo que indica que se cumplió con los estándares de validez esperados, para así garantizar una evaluación sólida y aceptable.

2.9.2 Confiabilidad del instrumento

Para evaluar la fiabilidad del cuestionario aplicado en la empresa ZONAFRÍA S.A.S. se procedió con el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, este método estadístico permite evaluar la consistencia interna del instrumento, es decir, el grado en el que los ítems del cuestionario se encuentran relacionados entre sí y reflejan de manera uniforme el mismo constructo, el rango de fiabilidad del instrumento aplicado tendrá un coeficiente dentro del rango de 0 a 1, cuanto más se acerque al número 1 más eficiente y verídica es su fiabilidad Edelsbrunner et al. (2025).

Tabla 5. Rango de fiabilidad

Rango de fiabilidad	Interpretación
Si el coeficiente es > 0.9	Excelente
Si el coeficiente es > 0.8	Bueno
Si el coeficiente es > 0.7	Aceptable
Si el coeficiente es > 0.6	Cuestionable
Si el coeficiente es > 0.5	Pobre
Si el coeficiente es < 0.5	Inaceptable

Nota: elaborado por el autor

La fiabilidad del cuestionario realizado en la empresa ZONAFRÍA S.A.S dio como resultado de un coeficiente de Alfa de Cronbach de 0,84 para un total de 16 elementos, lo cual indica una alta fiabilidad del cuestionario aplicado.

Figura 8. Resultados del análisis del Alfa de Cronbach

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	16	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	16	100,0

Estadísticas de fiabilidad

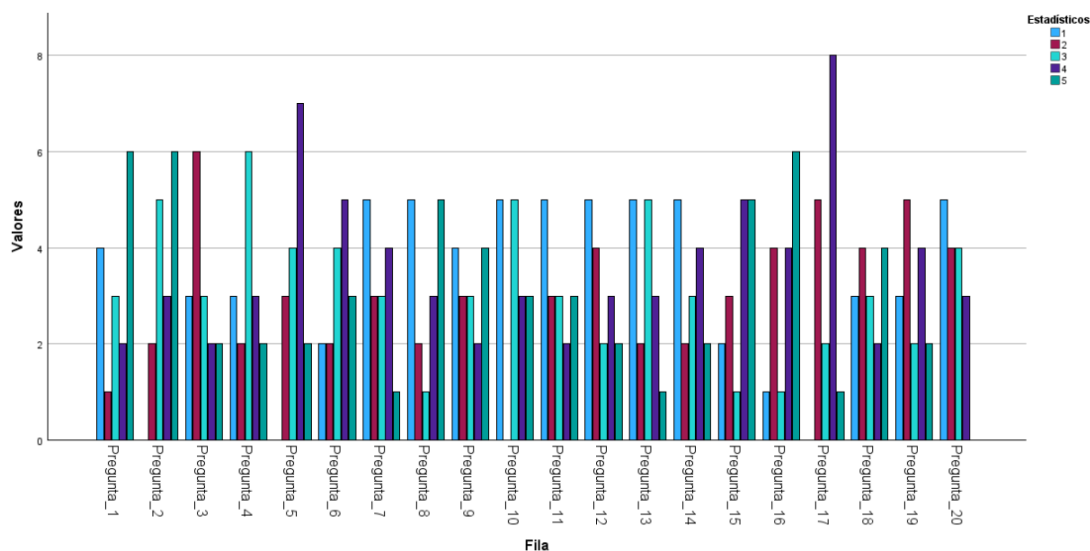
Alfa de Cronbach	N de elementos
,849	20

Nota: Elaborado por el autor en software IBM SPSS

2.10 Diagnóstico de la situación problemática

Como diagnóstico inicial de la empresa ZONAFRÍA S.A.S. se tiene la representación gráfica de la encuesta (ver Anexo L), los resultados de la encuesta aplicada a los trabajadores de la empresa se interpretan mediante la tabla 6 de escala Likert.

Figura 9. Representación gráfica de la encuesta



Nota: Elaborado por el autor en software IBM SPS

Tabla 6. Medición de escala de Likert

Escala de Likert	
5	Muy de acuerdo
4	De acuerdo
3	Ni acuerdo ni desacuerdo
2	En desacuerdo
1	Muy en desacuerdo

Nota: Elaborado por el autor

Dentro de la encuesta principalmente se evalúa el conocimiento de los trabajadores de la planta sobre el tema de riesgos contra incendios, capacitaciones recibidas, uso de equipos de protección, mitigación, y señalización.

De manera general, debido a que es escala de Likert se obtiene un resultado de que 9 de las 20 preguntas de la encuesta tienen un promedio de respuesta de 3, es decir dentro del rango de “Ni acuerdo ni desacuerdo” esto indica que quizá existan conformidades o conocimientos en base a las gestiones de riesgos contra incendios, pero aún hay oportunidad de mejoras.

Por otra parte 11 de las 20 preguntas tienen un promedio de respuesta de 2, es decir, en desacuerdo, que se toman en consideración para proponer las mejoras respectivas al tema de estudio que beneficiará a las gestiones de riesgo contra incendios de la empresa.

De manera general se catalogará que las problemáticas generales conforme a las respuestas de las encuestas abarcan los puntos de sistemas de rociadores de agua, se desconoce la probabilidad de incendio de las áreas de la empresa, no consideran que la construcción de la infraestructura ayude a que el fuego no se extienda rápido, y no consideran aún que el modelo de gestión de seguridad contra incendio disminuirá el riesgo de incendio en la empresa, esto debido a que no se desarrolla de manera completa la propuesta de implementación.

2.11 Diagnóstico inicial

Se llevó a cabo una inspección con el propósito de evaluar la condición actual de la empresa, tomando como referencia el Acuerdo Ministerial 1257 Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra incendios. Dicho artículo establece que todo edificio público o espacio cerrado destinado a la congregación de personas debe disponer de un sistema de protección, los cuales de ser necesario deben activarse de forma automática mediante fuentes eléctricas alternas de respaldo, además de contar con sistemas de ventilación y los dispositivos indispensables para la prevención y control de incendios.

Tabla 7. Acuerdo ministerial 1257. Actual

REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS				
Responsables:	Edwin Betancourt, Luis Solorzano		Fecha:	
Empresa:	Zona Fría S.A.S.		Cumple	
N°	Reglamento	Si	No	Observación
1	Las precauciones estructurales proveen a una edificación de la resistencia necesaria contra un incendio, limitando la propagación del mismo y reduciendo al mínimo el riesgo personal y estructural.	x		
2	Toda edificación dispondrá de al menos una fachada accesible al ingreso de los vehículos de emergencia, a una distancia máxima de ocho (8) metros libres de obstáculos con respecto a la edificación.	x		
3	Todo medio de egreso por recorrer debe ser claramente visible e identificado de tal manera que todos los ocupantes de la edificación, que sean física y mentalmente capaces, puedan encontrar rápidamente la dirección de escape desde cualquier punto hacia la salida.		x	
4	Toda puerta ubicada en la vía de evacuación debe tener un ancho mínimo de ochenta y seis centímetros (86 cm) y una altura mínima de dos punto diez metros (2.10 cm) dependiendo del número de ocupantes y la altura de la edificación		x	
5	Se debe proveer de un mantenimiento preventivo adecuado para garantizar la confiabilidad del método de evacuación seleccionado, en todo momento las instalaciones en las cuales sea necesario mantener las salidas, deben contar con el personal capacitado para conducir a los ocupantes desde el área de peligro inmediato hacia un lugar seguro en caso de incendio.		x	

6	<p>Todo establecimiento de trabajo, comercio, prestación de servicios, alojamiento, concentración de público, parqueaderos, industrias, transportes, instituciones educativas públicas y privadas, hospitalarios, almacenamiento y expendio de combustibles, productores químicos peligrosos, de toda actividad que representen riesgos de incendio; deben contar con extintores de incendio del tipo adecuado a los materiales usados y a la clase de riesgo.</p>	x	pocos extintores
7	<p>Se colocará extintores de incendios de acuerdo al reglamento, esta exigencia es obligatoria para cualquier uso y para el cálculo de la cantidad de extintores a instalarse. No se tomará en cuenta aquellos que formen parte de las bocas de incendios equipadas (BIE).</p>	x	
8	<p>Gabinete de incendio, los elementos que componen la boca de incendio equipada, estarán alojadas en su interior, colocados a 1.20 metros de altura del piso acabado, a la base del gabinete, empotrados en la pared y con señalización correspondiente. Tendrá las siguientes dimensiones (0.80 x 0.80 x 0.20) metros y un espesor de lámina metálica de 0.75 mm. con cerradura universal (triangular). Se ubicará en sitios visibles y accesibles sin obstaculizar las vías de evacuación, a un máximo de treinta metros (30 m) entre sí.</p>	x	
9	<p>La instalación de rociadores automáticos estará condicionada y diseñada particularmente para cada caso. Deben colocarse en los sectores considerados de riesgo, previo un análisis técnico de la carga calorífica y la actividad realizarse en ellos, conformando sectores de incendio debidamente aislados de las restantes zonas del edificio mediante elementos de separación de una resistencia mínima de un RF-120.</p>	x	
10	<p>Las tuberías deben cumplir con las normas ASTM, puede ser de; hierro, acero o cobre sin costura. Deben resistir una presión de 12 kg/cm² (170 PSI) como máximo, su diámetro será de 2 a 6 pulgadas (red principal) de la misma manera todos los accesorios deben ser normados por ASTM.</p>	x	
11	<p>Los sistemas de hidrantes en vías pública deben instalarse a una distancia de 200 metros entre ellos y de acuerdo al número y diseño de las necesidades de la ciudad.</p>	x	
12	<p>Estos sistemas automáticos deben tener los siguientes componentes: Tablero central, fuente de alimentación eléctrica, detectores de humo, alarmas manuales, difusores de sonidos, sistema de comunicación y señal de alarma sonora y visual.</p>	x	
13	<p>Las instalaciones para el sistema de bombas de incendios se realizarán en línea directa e independiente desde el tablero principal de servicios generales.</p>	x	

14	Ningún local que contenga calderas de alta presión, maquinarias de refrigeración, transformadores u otros equipos sujetos a posibles explosiones, debe estar ubicado directamente debajo de una salida o directamente contigua a una salida. Todos estos locales deben estar aislados efectivamente de las demás partes del edificio, constituyendo un sector de incendios independiente.	x
15	Las instalaciones de energía eléctrica, sistemas de ventilación, calefacción, extracción de olores, refrigeración y especiales deben ser revisados periódicamente por el personal especializado.	x
16	Los materiales empleados en la decoración, así como las alfombras y cortinas deben ser previamente tratados contra el fuego, mediante el proceso de ignifugación que garantice un RF- 30.	x
17	Reserva de agua exclusiva contra incendios en un volumen mínimo de abastecimiento de 60 minutos, para la estimación del cálculo se considerará el empleo de dos (2) Bie de uso simultáneo.	x
18	Todo establecimiento que por sus características industriales o tamaño de sus instalaciones disponga de más de 25 personas en calidad de trabajadores o empleados, deben organizar una BRIGADA DE SUPRESION DE INCENDIOS, periódica y debidamente entrenada y capacitada para combatir incendios dentro de las zonas de trabajo.	x
19	Las construcciones de una sola planta serán de materiales ignífugos y dotados de muros cortafuego en sus colindancias, para impedir la propagación del incendio de un local a otro y que garantice un RF-120.	x

Nota: Elaborado por el autor

La evaluación realizada evidenció que la empresa objeto de estudio cumple únicamente con 6 requisitos que se establecen en el R.P.M.P.I contra Incendios, lo que representa un 32%, mientras que en el incumplimiento se identificó 13 requisitos, equivalente al 68% reflejando un nivel significativo de deficiencia en el cumplimiento normativo.

Dado que no es viable todos los incumplimientos de forma simultánea, a continuación, se presenta la tabla, que reúne las observaciones de las reglas priorizadas junto con su propuesta de solución y la norma NFPA aplicable en cada caso.

Tabla 8. Solución a los incumplimientos

REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS				
Responsables:	Edwin Betancourt, Luis Solorzano		Fecha:	
Empresa:	Zona Fría S.A.S.		Cumple	
N°	Reglamento	Si	No	Observación
3	Todo medio de egreso por recorrer debe ser claramente visible e identificado de tal manera que todos los ocupantes de la edificación, que sean física y mentalmente capaces, puedan encontrar rápidamente la dirección de escape desde cualquier punto hacia la salida.	x		En base a la norma NFPA 101, establece requisitos para la seguridad humana; NFPA 170, proporciona símbolos estándar utilizados para comunicar información sobre seguridad CI.
5	Se debe proveer de un mantenimiento preventivo adecuado para garantizar la confiabilidad del método de evacuación seleccionado, en todo momento las instalaciones en las cuales sea necesario mantener las salidas, deben contar con el personal capacitado para conducir a los ocupantes desde el área de peligro inmediato hacia un lugar seguro en caso de incendio.	x		En base a la norma NFPA 25, prueba, inspección y mantenimientos de sistemas de protección CI; norma NFPA 72, establece requisitos los requisitos para el diseño, instalación, rendimiento, pruebas y mantenimiento de sistemas de alarma y señalización CI.
7	Se colocará extintores de incendios de acuerdo al reglamento, esta exigencia es obligatoria para cualquier uso y para el cálculo de la cantidad de extintores a instalarse. No se tomará en cuenta aquellos que formen parte de las bocas de incendios equipadas (BIE).	x		En base a la norma NFPA 10, establece los requisitos para garantizar que los extintores portátiles funcionen.
8	Gabinete de incendio, los elementos que componen la boca de incendio equipada, estarán alojadas en su interior, colocados a 1.20 metros de altura del piso acabado, a la base del gabinete, empotrados en la pared y con señalización correspondiente. Tendrá las siguientes dimensiones (0.80 x 0.80 x 0.20) metros y un espesor de lámina metálica de 0.75 mm. con cerradura universal (triangular). Se ubicará en sitios visibles y accesibles sin obstaculizar las vías de evacuación, a un máximo de treinta metros (30 m) entre sí.	x		En base a la norma NFPA 14, establece requisitos mínimos para el diseño, instalación, inspección y mantenimientos de los sistemas de tuberías verticales y mangueras.
9	La instalación de rociadores automáticos estará condicionada y diseñada particularmente para cada caso. Deben colocarse en los sectores considerados de riesgo, previo un análisis técnico de la carga calorífica y la actividad realizarse en ellos, conformando sectores de incendio debidamente aislados de las restantes zonas del edificio mediante elementos de separación de una resistencia mínima de un RF-120.	x		En base a la norma NFPA 13, establece requisitos para el diseño e instalación de sistemas automáticos de rociadores CI.
10	Las tuberías deben cumplir con las normas ASTM, puede ser de; hierro, acero o cobre sin costura. Deben resistir una presión de 12 kg/cm ² (170 PSI) como máximo, su diámetro será de 2 a 6 pulgadas (red principal) de la misma manera todos los accesorios deben ser normados por ASTM.	x		En base a la norma NFPA 13, establece requisitos para el diseño e instalación de sistemas automáticos de rociadores CI; norma NFPA 14, establece requisitos mínimos para el diseño, instalación, inspección y mantenimientos de los sistemas de tuberías verticales y mangueras.
11	Los sistemas de hidrantes en vías pública deben instalarse a una distancia de 200 metros entre ellos y de acuerdo al número y diseño de las necesidades de la ciudad.	x		En base a la norma NFPA 24, establece requisitos para la instalación de redes privadas de servicio contra incendios
12	Estos sistemas automáticos deben tener los siguientes componentes: Tablero central, fuente de alimentación eléctrica, detectores de humo, alarmas manuales, difusores de sonidos, sistema de comunicación y señal de alarma sonora y visual.	x		En base a la norma NFPA 72, establece requisitos los requisitos para el diseño, instalación, rendimiento, pruebas y mantenimiento de sistemas de alarma y señalización CI.

13	Las instalaciones para el sistema de bombas de incendios se realizarán en línea directa e independiente desde el tablero principal de servicios generales.	x	En base a la norma NFPA 20, requisitos para la selección e instalación de bombas.
15	Las instalaciones de energía eléctrica, sistemas de ventilación, calefacción, extracción de olores, refrigeración y especiales deben ser revisados periódicamente por el personal especializado.	x	En base a la norma NFPA 70, instalación segura de cableado y equipos eléctricos
16	Los materiales empleados en la decoración, así como las alfombras y cortinas deben ser previamente tratados contra el fuego, mediante el proceso de ignifugación que garantice un RF- 30.	x	En base a la norma NFPA 701, establece métodos de prueba para evaluar la propagación de la llama.
17	Reserva de agua exclusiva contra incendios en un volumen mínimo de abastecimiento de 60 minutos, para la estimación del cálculo se considerará el empleo de dos (2) Bie de uso simultáneo.	x	En base a la norma NFPA 22, establece requisitos mínimos para el diseño, construcción instalación y mantenimiento de los tanques.
18	Todo establecimiento que por sus características industrial o tamaño de sus instalaciones disponga de más de 25 personas en calidad de trabajadores o empleados, deben organizar una BRIGADA DE SUPRESION DE INCENDIOS, periódica y debidamente entrenada y capacitada para combatir incendios dentro de las zonas de trabajo.	x	En base a la norma NFPA 600 requisitos para la organización, el funcionamiento, la capacitación y el equipamiento de las brigadas contra incendios industriales.

Nota: Elaborado por el autor

Mediante los incumplimientos del R.P.M.P. contra incendios, se da a conocer cada ítem con sus respectivas normas NFPA en la que se regularán los incumplimientos para obtener una mejor eficiencia de seguridad contra incendios.

2.11.1 Inspección interior de la empresa

En la empresa Zona Fría S.A.S. no dispone de un modelo de gestión de seguridad contra incendio, lo que exige implementar mejoras en la planta, para ello, se deben identificar y detallar los componentes faltantes a partir de las observaciones realizadas por los autores. Dichas acciones se sustentarán en los requisitos del Cuerpo de Bomberos de la ciudad a fin de que las futuras implementaciones no solo cumplan la normativa local, sino que también aseguren una protección efectiva de las instalaciones y del personal.

Tabla 9. Inspección interna

INSPECCIÓN INTERNA DE LA EMPRESA ZONA FRÍA SAS		
Responsables:	Edwin Betancourt, Luis Solorzano	Fecha:

Empresa: N°	Zona Fría S.A.S. Reglamento	Cumple		Observación
		Si	No	
			x	
1	Altura correspondiente para las tuberías contra incendios			
2	Organización de cableado		x	Riesgo de corto circuito
3	Orden y limpieza		x	Falta de limpieza
4	Motores alejados		x	Riesgo de incendios
5	Sin elementos de seguridad		x	Falta de extintores
6	Señalización		x	Sin señalética

Nota: Elaborado por el autor

En este Checklist mediante la observación de las actividades de la empresa se evidencia que las medidas de seguridad que posee la empresa no son adecuadas, dando como resultado un lugar poco seguro y de alto riesgo de generar incendios.

2.11.2 Cálculo de la carga de fuegos o carga térmica

En la tabla 10, se identifican los siguientes tipos de materiales peligrosos, así mismo su poder calorífico y su carga de fuego promediados.

Tabla 10. Cantidad de producto

SUPERFICIE		1083 m ²	
Material combustible	Cantidad total (kg)	Poder Calorífico (Mcal/Kg)	Incendio asociado al material
Ropa	50	5	250
Poliuretano	410	6	2460
Polietileno	500	10	5000
Diesel	630	10	6300
Llantas	420	7	2940
Madera	50	4,5	225
Papel	10	4	40
Total de calorías			17215

Nota: Elaborado por el autor

La tabla muestra el resultado de la carga de fuego promediada que corresponde al área de recepción de materia prima, misma que mide 1083 metros cuadrados, dentro del área se consideran los principales materiales combustibles detallando su cantidad total en kilogramos (kg), su poder calorífico (Mcal/kg) y el incendio asociado (total de calorías) como resultado del producto de los valores de la tabla.

Dentro del apartado de total de calorías o incendios asociados, se observa que predominan como materiales combustibles en gran cantidad el diésel y el polietileno, que debido a su gran índice calorífico es importante tomar las acciones pertinentes abarcando estos materiales.

$$\text{Kilos equivalentes: } \frac{17215 \text{ Mcal}}{4,4 \text{ Mcal/kg}} = 3912,5 \text{ kg}$$

$$\text{Carga de fuego} = \frac{3912,5 \text{ kg}}{1083 \text{ m}^2} = 3,61 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Combustible por m}^2 = \frac{17215 \text{ Mcal}}{1083 \text{ m}^2} = 15,89 \text{ Mcal/m}^2$$

$$\text{Carga de fuego total} = 3,61 \text{ kg/m}^2$$

La carga de fuego de la empresa equivale a 3,61 kg/m² lo que significa riesgos constantes de incendio.

2.11.3 Método simplificado de evaluación del riesgo de incendio (MESERI)

En complemento a los resultados presentados, se incorpora la lista de verificación del método de MESERI, junto con el nivel de riesgo correspondiente, para la evaluación de riesgo de incendio en la empresa Zona Fría S.A.S., se pondera diversos factores definidos por MESERI: Construcción, Superficie mayor sector de incendios, Resistencia al fuego, Falsos techos, Factores de situación, Factor de Concentración, Destructibilidad, Factores de protección.

Tabla 11. Nivel de Riesgo

Valor de riesgo	Calificación de riesgo
Inferiores a 3	Muy malo
Entre 3 y 5	Malo
Entre 5 y 8	Bueno
Superior a 8	Muy bueno

Elaborado por el autor adaptado de Caiza (2023)

Tabla 12. Resultado del método de MESERI

MÉTODO SIMPLICADO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO (MESERI)						
Nombre de la empresa:	Zona Fría S.A.S.	Situación	Diagnóstico inicial		N°	
Construcción	Coefficiente	Puntos	Destructibilidad	Coefficiente	Puntos	
N° de pisos	Altura		Por calor			
1 o 2	menor de 6 m	3	Baja		10	10
3, 4 o 5	entre 6 y 15 m	2	Media		5	
6, 7, 8 o 9	entre 15 y 28 m	1	Alta		0	
10 o más	más de 28 m	0				
Superficie mayor sector de incendios			Por humo			
de 0 a 500 m ²		5	Baja		10	5
de 501 a 1500 m ²		4	Media		5	
de 1501 a 2500 m ²		3	Alta		0	
Resistencia al fuego			Por corrosión			
de 2501 a 3500 m ²		2	Baja		10	0
de 3501 a 4500 m ²		1	Media		5	
de 4500 m ²		0	Alta		0	
Resistencia al fuego (hormigón)			Por agua			
No combustible (metálica)		10	Baja		10	0
Combustible (madera)		5	Media		5	
		0	Alta		0	
Falsos techos			Propagabilidad			
Sin falsos techos		5	Vertical			
Con falsos techos incombustibles		3	Baja		5	0
Con falsos techos combustibles		0	Media		3	
			Alta		0	
Factores de situación			Horizontal			
Distancia de bomberos			Baja		5	0
Menor de 5 km	5 min	10	Media		3	
Entre 5 y 10 Km	5 y 10 min	8	Alta		0	
Entre 10 y 15 km	10 y 15 min	6				
Entre 15 y 25 km	15 y 25 min	2	Subtotal x			52
Mayor a 25 km	25 min	0	Factores de protección			
Accesibilidad a edificios			Concepto	Sin vigilancia	Con vigilancia	Puntos
Buena		3	Extintores portátiles (EXT)	1	2	1
Media		2	Bocas de incendios equipadas (BIE)	2	4	0
Mala		1	Columnas hidrantes exteriores (CHE)	2	4	0
Muy mala		0	Detección automáticas (DTE)	0	4	0
Procesos			Rociadores automáticos (ROC)	5	8	5
Peligro de activación			Extintores por agentes gaseosos (IPE)	2	4	2
Bajo		10	Subtotal Y			8
Medio		5	$P = \frac{5x}{120} + \frac{5y}{22} + 1 (BCI)$			
Alto		0	Brigada contra incendios (BCI)			
Carga térmica				SI (x)	No (x)	
Bajo		10			x	
Medio		5	Valor de riesgo			3,98484848
Alto		0	Calificación de riesgo			Malo
Combustibilidad			Mediante la evaluación de la situación actual de la empresa aplicando el método de MESERI se puede identificar que se obtiene un valor de riesgo alto o malo, por lo tanto esto impulsa a implementar un modelo de gestión de seguridad contra incendios con sus elementos principales.			
Bajo		5				
Medio		3				
Alto		0				
Orden y limpieza						
Bajo		0				
Medio		5				
Alto		10				
Almacenamiento de altura						
Menor de 2 m		3				
Entre 2 y 4 m		2				
Más de 6 m		0				
Factor de Concentración						
Factor de concentración \$/m²						
Menor de 500		3				
Entre 500 y 1000		2				
Más de 1500		0				

Nota: Elaborado por el autor

Mediante la evaluación de la situación actual de la empresa aplicando el método de MESERI se puede identificar que se obtiene un valor de riesgo alto o malo de 3,98, por lo tanto, existen áreas inseguras que se requiere de atención urgente ya que la empresa solo cuenta con un extintor, esto impulsa a implementar un modelo de gestión de seguridad contra incendios con sus elementos principales.

3 CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Propuesta de investigación

Dentro de esta propuesta de investigación se busca determinar, y mejorar las condiciones actuales de la empresa respecto a la seguridad contra incendios haciendo uso de los estándares establecidos en las normas NFPA (National Fire Protection Association), estas normas establecen lineamientos tanto operativos como técnicos para el diseño, instalación, mantenimiento y evaluación del modelo contra incendios, lineamientos que son de gran importancia para la prevención, la detección y el control en situaciones de incendio de manera efectiva.

El modelo de gestión de seguridad contra incendios se aplicará al área de recepción de materia prima de la empresa ZONAFRÍA S.A.S. enfocándose en identificar riesgos específicos para proponer medidas de seguridad para fortalecer la protección contra incendios.

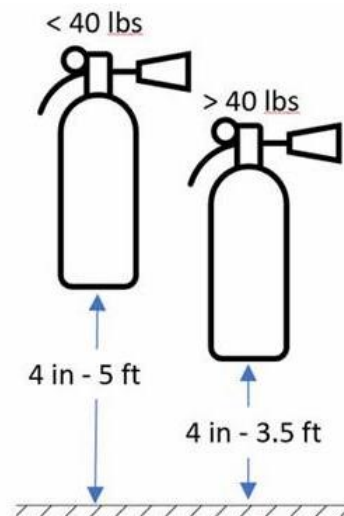
3.1.1 Cálculo de extintores

Para poder cumplir con las normas NFPA-10 que hace referencia a la guía de colocación de extintores se debe determinar qué tipo de extintores se colocarán en el área de estudio, dentro de la misma se recomiendan usar extintores de Clase A: combustibles ordinarios (madera, papel, diferentes plásticos, etc) debido a que existen insumos de almacenamiento cuya construcción está hecha en base de polietileno, y extintores de Clase B: líquidos inflamables (gasolina, diésel, alcohol, aceites, etc.) ya que la materia prima es transportada en camiones que consumen diésel y extintores Clase C: equipo eléctrico energizado (electrodomésticos, computadoras, cableado) ya que dentro del área de estudio se encuentran tableros eléctricos de control, cableado eléctrico, etc.

El número de extintores y su ubicación serán adaptados basándose en el tamaño del área de estudio, colocando la cantidad necesaria para garantizar una buena distribución y mantener un acceso fácil y rápido a los equipos en caso de una emergencia.

La normativa indica que los extintores que no superen las 40 libras (18,14kg) deberán ser ubicados desde 4 pulgadas (0,1 metros) hasta 5 pies (1,52 metros) del suelo hasta la parte superior del extintor, mientras que para los extintores que sí superen las 40 libras (18,14 kg) se ubicarán de manera que estén por encima de las 4 pulgadas (0,1 metros) desde el suelo hasta un máximo de 3,5 pulgadas (1,06 metros) tomando en cuenta la parte superior del extintor. Los extintores con ruedas no necesitan estar separados del suelo, debido a que las mismas ruedas impiden que el cilindro tenga contacto alguno con el suelo.

Figura 10. Distancia de extintores según normas NFPA-10






Nota: Elaborado por norma NFPA-10

Debido a la variedad de extintores que se ubicarán en el área de recepción de materia prima, como resultado de los materiales combustibles varios que existen en el área, se deberán incluir capacitaciones sobre el uso correcto de cada clase de extintor, la parte frontal de cada extintor debe

ser completamente visible, sin obstrucciones y sin etiquetas adicionales que bloqueen la información esencial para su uso, y así mismo se deben incorporar inspecciones periódicas mensualmente para garantizar que los extintores se encuentren en las condiciones, accesibles y con nanómetros en rangos operables.

La distancia que existirá entre los extintores lo declara la norma NFPA-10 en la figura donde se especifican qué clase de extintores aplican para las distancias específicas y qué requisitos deben cumplir aquellos que no tengan una distancia en específico.

Figura 11. Distancia entre extintores

Clase de Extintor	Distancia de Recorrido Máx.	Sección NFPA 10 (ed. 2018)	Notas
Combustibles  ordinarios	75 pies	Tabla 6.2.1.1	La distancia del recorrido puede ser alterada por el tipo de riesgo anticipado y la certificación numérica A del extintor.
Líquidos  inflamables	30 pies o 50 pies	Tabla 6.3.1.1	La distancia del recorrido está basada en el tipo de riesgo anticipado y la certificación numérica B del extintor. Ver la tabla 6.3.1.1 a continuación.
Equipos  eléctricos	N/A	6.4.3	Como los extintores nunca son únicamente certificados Clase C es necesario cumplir los requisitos de certificación Clase A o Clase B

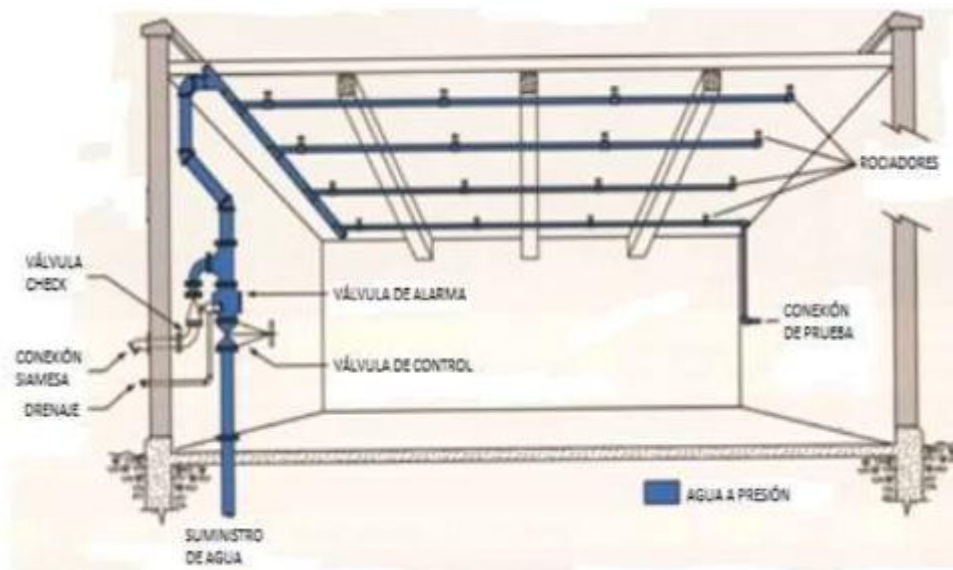
Nota: Elaborado por norma NFPA-10

Según la norma NFPA-10 sugiere que para los extintores de clase A requiere una distancia máxima de 75 pies (22,86 metros) de las estructuras del área, para así minimizar el recorrido que deberán realizar los trabajadores, los extintores de clase B a una distancia de 30 a 50 pies (de 9,14 a 15,24 metros) de distancia entre las estructuras y para los extintores de clase C se sugiere que exista como mínimo un extintor cerca de cada dispositivo electrónico.

3.1.2 Sistema de rociadores

Para desarrollar el sistema de rociadores que será ubicada en el área de recepción de la empresa ZONAFRÍA S.A.S., se tomará como guía la norma NFPA-13, esta norma cuenta con una guía completa sobre el diseño, cálculo e instalación de rociadores contra incendios tomando en consideración el tipo de riesgo y las condiciones ambientales del área de estudio.

Figura 12. Sistema de tubería húmeda



Nota: Elaborado por norma NFPA-13

El sistema de rociadores de agua a presión contiene una red de tuberías, que, cuando se produce un incendio al interior del área de estudio y se detecte la cantidad de calor y temperatura necesarias, se debe activar el paso de agua para que los rociadores entren en funcionamiento y puedan mitigar el fuego.

Especificaciones del sistema de rociadores.

Debido a que las normas proporcionan requisitos específicos para que estas sean aplicables, es necesario repasarlas para así desarrollar de manera eficiente el sistema de rociadores en la empresa.

Cobertura total: la sección 8.1.1 establece que el sistema de rociadores deberá ser ubicado en todas las áreas de la empresa, y cubrir todas las zonas, sin excepciones de espacios a no ser que lo requiera la norma.

Espaciamiento y ubicación: los rociadores estarán ubicados para que la salida del agua sea eficiente, sin exceder el área máxima de cobertura por rociador.

Límite del área de protección por sistema: se establece que el área máxima que un área ordinaria puede ser cubierta por un sistema de rociadores es de 52000 *pies*² (4831 *m*²). Por lo que si la extensión de una instalación es más grande es necesario dotar de sistemas de rociadores independientes.

Posicionamiento de rociadores: cuando la edificación tiene una altura considerable, en cada planta existirán válvulas de control y de rociadores y la detección de caudales.

Consideraciones especiales para estructuras: a norma sólo admite realizar cierto desvío en el caudal de rociadores si estos no alteran de manera negativa el rendimiento de los mismos; en caso de disposición de estructuras o elementos que afectan la distribución de las tuberías, esto se garantizará conforme a la presión de distribución y de afectación.

Condiciones de protecciones adicionales: no será requisito obligatorio implementar un sistema de rociadores contra incendio en áreas que contemplen los siguientes implementos: gabinetes contra incendios o vitrinas, o áreas de similitud cuya ocupación sea nula, no será necesario implementar un sistema de rociadores en estas áreas.

Mantener y verificar el sistema: el sistema de rociadores será inspeccionado y se llevará a cabo su mantenimiento periódicamente, para que se encuentre en óptimas condiciones para su funcionamiento.

3.1.3 Área de Cobertura de rociadores

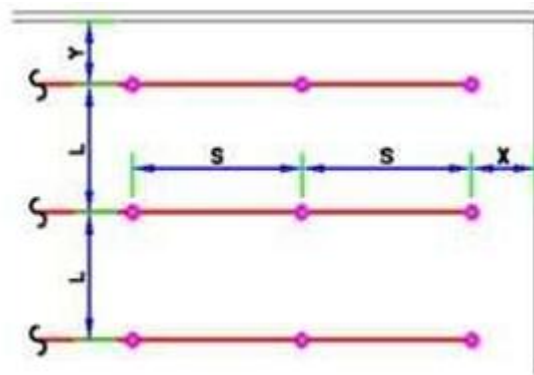
Tabla 13. Área de cobertura

Clase de Ocupación	Área de Cobertura Máxima
Riesgo Ligero	225 pies ² (20m ²)
Riesgo Ordinario	130 pie ² (12m ²)
Riesgo Extra y Almacenaje en pilas altas	130 pie ² (12m ²)
	100 pie ² (9m ²)

Nota: Elaborado por autor, adaptado por norma NFPA-13

En la figura 13, se observa la medida del área en ft² (m²) que cubrirán los rociadores cuando estén en funcionamiento, como lo indica la norma NFPA-13 depende del tipo de construcción de las estructuras, los riesgos de ocupación y la clase de rociadores, sin embargo, nunca debe exceder los 400 ft² (37 m²), para el caso de la investigación se utilizará la de riesgo ordinario utilizando las medidas de descarga de 130 ft² (12 m²)

Figura 13. Determinación de cobertura de rociadores



Nota: Elaborado por norma NFPA-13

En la figura 13 se contempla el sentido (S) de los rociadores, se elige el valor más alto entre la distancia del siguiente rociador y el doble de la separación a la pared; en cuanto a los ramales

(L), se escoge el valor más alto entre la distancia perpendicular a los rociadores que están conectados con ramales adyacentes y dos veces a la separación de la pared; para el área de cobertura (A_r) para el rociador se constituye multiplicando la dimensión (S) por la dimensión (L).

$$A_r = S * L$$

Tabla 14. Separación entre rociadores.

Clase de Ocupación	Separación entre rociadores		Separación a paredes	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Riesgo Ligeró	15 pies (4.6m)		7.5 pies (2.3m)	
Riesgo Ordinario	15 pies (4.6m)	6 pies (1.8m)	7.5 pies (2.3m)	4 in (10 cm)
Riesgo Extra y Almacenaje en pilas altas	15 pies (4.6m)		7.5 pies (2.3m)	
	12 pies (3.7m)		6 pies (1.8m)	

Nota: Elaborado por autor, adaptado por norma NFPA-13

En la tabla 14 se establecen las distancias mínimas y máximas de las separaciones entre los rociadores y las paredes, como el riesgo de la empresa es clasificado como ordinario I, a lo largo del ramal los rociadores estarán separados a 15ft (4,6 m) que es la separación máxima, y en los ramales adyacentes no debe exceder separaciones de 8ft (2,62 m) para tener una cobertura de 130 ft² (12 m²).

Rociadores y el Factor K

Tabla 15. Factor K

Factor K nominal [gpm/(psi) ^{1/2}]	Factor K nominal [lpm/(psi) ^{1/2}]	Rango del factor K [gpm/(psi) ^{1/2}]	Porcentaje de flujo respecto a K=5,6
14	20	1,3-1,5	25
1,9	27	1,8-2,0	33,3
2,8	40	2,6-2,9	50

4,2	60	4,0-4,4	75
5,6	80	5,3-5,8	100
8	115	7,4-8,2	140
11,2	160	10,7-11,7	200
14,0	200	13,5-14,5	250
16,8	240	16,0-17,6	300
19,6	280	18,6-20,6	350
22,4	320	21,3-23,5	400
25,2	360	23,9-26,5	450
28,0	400	26,6-29,4	500

Nota: Elaborado por autor, adaptado por norma NFPA-13

Se emplea el Factor K nominal de 5,6 como el 100%, en los cálculos hidráulicos de los sistemas de rociadores, ya que este parámetro permite determinar el caudal de descarga que fluye a través de la red de tuberías, garantizando una circulación continua y eficiente del agua durante la operación del sistema.

Tuberías del Sistema de Protección Contra Incendio

Las tuberías SPCI deben cumplir con los estándares definidos en la Norma NFPA 24 (ASTM), la cual regula los materiales, dimensiones y requisitos técnicos de las conducciones utilizadas en instalaciones de protección contra incendios, para su colocación se consideran las especificaciones técnicas y los criterios de calidad correspondientes tanto a las tuberías como a sus accesorios de conexión.

La ASTM A795 establece parámetros técnicos para la fabricación de tuberías al carbono, destinadas a sistemas fijos de protección contra incendio, estas tuberías pueden suministrarse en acabado negro (galvanizado) por inmersión en caliente con recubrimiento de zinc, conforme a los requerimientos de durabilidad y resistencia a la corrosión. El diseño estructural debe garantizar una presión de trabajo mínima de 150 psi.

Tabla 16. Materiales y Dimensiones

Materials and Dimensions	Standard
Black and hot-dipped zinc-coated (galvanized) welded and seamless steel pipe for fire protection use	ASTM A795/A795M
Pipe, steel, black and hot-dipped, zinc-coated, welded and seamless Electric-resistance-welded steel pipe	ASTM A53/53M ASTM A135/A135M

Nota: Elaborado por autor, adaptado por norma NFPA-13

Figura 14. Dimensiones de tuberías

Designador NPS	Diámetro exterior		Espesor de pared nominal		Peso Extremo Liso		soldado en horno		Presión de prueba	
	en.	milímetro	en.	milímetro	libras/pie	kg/m3	psi	MPa	Sin soldadura y con soldadura por resistencia eléctrica	
									psi	MPa
3/4	1.05	(26.7)	0.083	(2.11)	0.86	(1.280)	500	(3.45)	700	(4.83)
1	1.315	(33.4)	0.109	(2.77)	1.41	(2.090)	500	(3.45)	700	(4.83)
1.25	1.66	(42.2)	0.109	(2.77)	1.81	(2.690)	500	(3.45)	1000	(6.89)
1 1/2	1.9	(48.3)	0.109	(2.77)	2.09	(3.110)	500	(3.45)	1000	(6.89)
2	2.38	(60.3)	0.109	(2.77)	2.64	(3.930)	500	(3.45)	1000	(6.89)
2 1/2	2.88	(73.0)	0.12	(3.05)	3.53	(5.260)	500	(3.45)	1000	(6.89)
3	3.5	(88.9)	0.12	(3.05)	4.34	(6.460)	500	(3.45)	1000	(6.89)
3 1/2	4	(101.6)	0.12	(3.05)	4.98	(7.410)	500	(3.45)	1200	(8.27)
4	4.5	(114.3)	0.12	(3.05)	5.62	(8.370)	500	(3.45)	1200	(8.27)
5	5.56	(141.3)	0.134	(3.40)	7.78	(11.580)	B	B	1200	(8.27)
6	6.63	(168.3)	0.134	(3.40)	9.3	(13.850)	B	B	1000	(5.51)
8	8.63	(219.1)	0.188C	(4.78)	16.96	(25.260)	B	B	800	(4.83)
10	10.75	(273.1)	0.188C	(4.78)	21.23	(31.620)	B	B	700	(6.89)

Nota: Elaborado por ASTM A-795

La figura 14 indica las dimensiones de cada tubería, en la cual se escogerá la que mejor resulte para aplicar al modelo y al que mejor se adapte en la empresa en este caso se escogerá la 2, 2-1/2 y 4 pulgadas con el espesor de 30/40 (SCH).

3.1.4 Cálculo de los elementos del sistema contra incendios

Área y densidad de diseño en sistemas de rociadores

El cálculo de la superficie y densidad es efectuado mediante los cálculos hidráulicos, los cuales determinan la presión y caudal de agua necesaria para los rociadores automáticos, siendo estos cálculos los que permiten dimensionar las tuberías para que éstas aseguren que cada rociador proporcione la descarga mínima requerida para controlar el fuego. La forma de calcular la superficie y densidad está basada en la forma de densidad y superficie regulada por la norma NFPA 13 modificándose dependiendo del grado de riesgo del área a proteger.

Figura 15. Curva de densidad



Nota: Elaborado por norma NFPA-13

De acuerdo a la Figura 15, el riesgo evaluado en la empresa es Ordinario 1 en donde la densidad es de 0.14 gpm/ft^2 .

Para calcular el número de rociadores en el área de Recepción de Materia Prima, se requerirá conocer las dimensiones reales del espacio, aplicando criterios de cobertura máxima por rociador establecidas por la norma NFPA 13, en la cual se formula como:

$$\text{Área total } 1996 \text{ ft}^2$$

$$\text{Área total (Ad)} = 1996 \text{ ft}^2$$

$$\text{Nr} = \text{Ad}/\text{Ar}$$

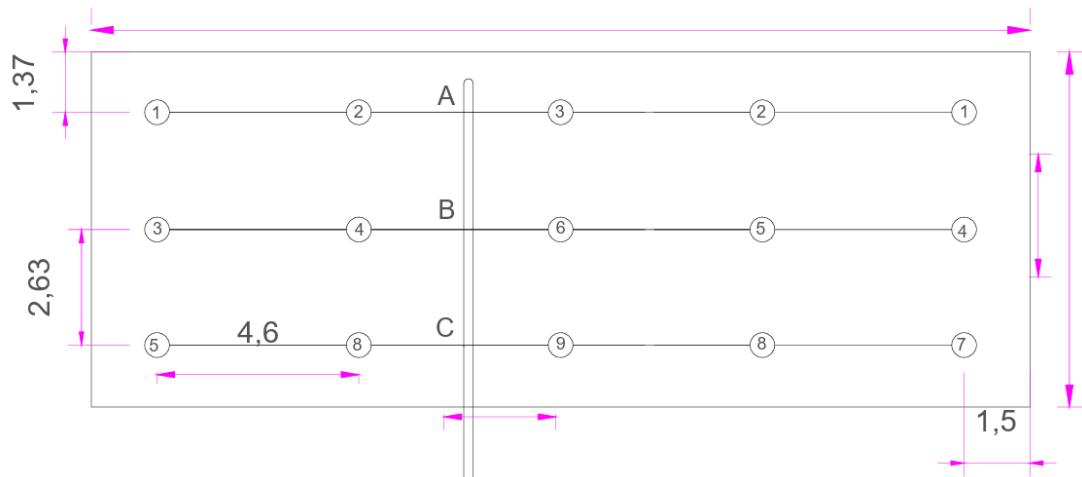
$$\text{Nr} = 1996 \text{ ft}^2/130 \text{ ft}^2$$

$$\text{Nr} = 15.35 = 15 \text{ Rociadores}$$

En el área de Recepción de MP se requiere de 15 rociadores para prevenir los riesgos asociados a posibles incendios.

En la Figura 16, se muestran los rociadores ubicados de acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, en este caso los rociadores están posicionados en el centro del área ya que no existen paredes que los separen. También se muestran las distancias entre rociadores que corresponden a 4.6 metros (15 ft) y entre rociador A y B corresponde a 2.63 metros (8.628 ft) y entre la pared horizontal la distancia es de 1.5 m (4.92 ft) y entre la pared vertical 1.37 metros (4.49 ft).

Figura 16. Distribución y separación de rociadores



Nota: Elaborado por el autor en AutoCAD

Para calcular el caudal mínimo (Q_1) en el primer rociador, se multiplicará la densidad de descarga por el área.

$$Q_1 = Dd * Ar$$

$$Q_1 = 0.14 \text{ gpm} / \text{ft}^2 * 130 \text{ ft}^2$$

$$Q_1 = 18.2 \text{ gpm}$$

Calcular la presión (P_1) mínima en el primer rociador.

$$Q = K \times \sqrt{P} = P = (Q/K)^2$$

Se asume un factor K de 5.6

$$P_1 = (18.2 \text{ gpm} / (5.6 \text{ gpm} / \text{psi}^{\frac{1}{2}}))^2$$

$$P_1 = 10.56 \text{ psi}$$

En la norma NFPA-13 Requiere de una presión mínima de 7 psi

Para calcular la pérdida por fricción (Pf1) entre rociadores 1 y 2 se utilizará la fórmula de Hazen y Williams para las pérdidas por fricción, siendo:

Pf1= Pérdida por fricción en psi

Q = Caudal en gpm

C = Coeficiente de rugosidad, tubería 120 acero negro

D = Diámetro interno en pulgada 2,067

$$Pf1 = 4.52 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.871}}$$

$$Pf1 = 4.52 * \frac{18.2^{1.852}}{120^{1.852} \times 2.067^{4.871}}$$

$$Pf1 = 4.52 * \frac{18,2^{1.852}}{120^{1.852} \times 2,067^{4.871}}$$

$$Pf1 = (4.0005851 \times 10^{-3}) * 15$$

$$Pf1 = 0.060008 \text{ psi}$$

El valor de la reducción de fricción es de 0.060008 psi, por lo que se determina relativamente baja siendo justificada por la distancia entre rociadores, para el rociador 2 se suma la presión en el primer rociador.

$$P2 = P1 + Pf1$$

$$P2 = 10.56 \text{ psi} + 0.060008 \text{ psi}$$

$$P2 = 10.62 \text{ psi}$$

Para determina el cálculo del caudal del rociador 2, se determina mediante la ecuación:

$$Q_2 = k \sqrt{P_2}$$

$$Q_2 = 5.6 \sqrt{10.62}$$

$$Q_2 = 18.249 \text{ gpm}$$

Para determinar la pérdida por fricción entre los rociadores 3 y 2, se considera que el caudal que circula por ese tramo corresponde a la suma de los caudales descargados por los rociadores 1 y 2.

$$Q_{3-2} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{3-2} = 18.2 \text{ gmp} + 18.249 \text{ gpm}$$

$$Q_{3-2} = 36.449 \text{ gpm}$$

$$Pf_2 = 4.52 * \frac{36.449^{1.852}}{120^{1.852} * 2,067^{4.871}}$$

$$Pf_2 = 0.0144 * 15 = 0.217 \text{ psi}$$

Para calcular la pérdida de fricción entre los rociadores 3 y 2, se suma a la presión del rociador 2 para obtener la presión del rociador 3.

$$P_3 = P_2 + Pf_2$$

$$P_3 = 10.62 \text{ psi} + 0.217 \text{ psi}$$

$$P_3 = 10.837 \text{ psi}$$

Para calcular el caudal del rociador 3 se determina mediante la ecuación:

$$Q_3 = 5.6 \sqrt{10.837}$$

$$Q_3 = 18.4349 \text{ gpm}$$

Para obtener la presión del nodo A, se realiza el cálculo de la pérdida por fricción 3

$$Q_{A-3} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{A-3} = 18.2 \text{ gpm} + 18.249 \text{ gpm} + 18.4349 \text{ gpm} = 54.8839 \text{ gpm}$$

$$Pf_{A-3} = 4.52 * \frac{54.8839^{1.852}}{120^{1.852} * 2,067^{4.871}}$$

$$Pf_{A-3} = 0.03089 * 15$$

$$Pf_{A-3} = 0.4634 \text{ psi}$$

$$P_A = P_3 + Pf_{A-3}$$

$$P_A = 10.837 \text{ psi} + 0.4634 \text{ psi}$$

$$P_A = 11.300 \text{ psi}$$

Para calcular la presión y el caudal del punto A, se determina el factor K

$$Q_{A-3} = K * \sqrt{P_A}$$

$$K = \frac{Q_{A-3}}{\sqrt{P_A}}$$

$$K = \frac{54.8839}{\sqrt{11.300}}$$

$$K = 16.327 \text{ gpm/psi}$$

El valor del coeficiente K se mantendrá constante para las intersecciones que presenten las mismas condiciones. A continuación, se efectúan los cálculos del punto B considerando que el caudal B y A es igual al que circula entre A y 3.

$$Q_{A-3} = 54.8839 \text{ gpm}$$

Entonces:

$$P_{fB-A} = 4.52 * \frac{54.8839^{1.852}}{120^{1.852} * 2,067^{4.871}}$$

$$P_{fB-A} = 0.03089 * 8.6286$$

$$P_{fB-A} = 0.2665 \text{ psi}$$

$$P_B = P_A + P_{fB-A}$$

$$P_B = 11.300 \text{ psi} + 0.2665 \text{ psi}$$

$$P_B = 11.5665 \text{ psi}$$

De igual manera se calcula el caudal de B-6

$$Q_{B-6} = K * \sqrt{P_B}$$

$$Q_{B-6} = 16.327 \frac{\text{gpm}}{\text{psi}} * \sqrt{11.5665 \text{ psi}}$$

$$Q_{B-6} = 55.52 \text{ gpm}$$

Ahora para determinar la pérdida por fricción entre C-B se requiere de los caudales:

$$Q_{C-B} = Q_{A-3} + Q_{B-6}$$

$$Q_{C-B} = 54.8839 \text{ gpm} + 55.52 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-B} = 110.404 \text{ gpm}$$

Entonces:

$$P_{fC} - B = 4.52 * \frac{110.404^{1.852}}{120^{1.852} * 2,067^{4.871}}$$

$$P_{fC} - B = 0.1127 * 8.6286$$

$$P_{fC} - B = 0.9727 \text{ psi}$$

$$P_C = P_B + P_{fC} - B$$

$$P_C = 11.5665 \text{ psi} + 0.9727 \text{ psi}$$

$$P_C = 12.539 \text{ psi}$$

De igual manera calculamos el caudal C-9

$$Q_{C-9} = K * \sqrt{P_C}$$

$$Q_{C-9} = 16.327 \frac{\text{gpm}}{\text{psi}} * \sqrt{12.539 \text{ psi}}$$

$$Q_{C-9} = 57.8146 \text{ gpm}$$

Y como último tramo se realiza el cálculo en el punto D, siendo el codo que gira el agua para los puntos A, B y C de los rociadores, se plantea lo siguiente:

$$Q_{D-C} = Q_A - 3 + Q_B - 6 + Q_{C-9}$$

$$Q_{D-C} = 54.8839 \text{ gpm} + 55.52 \text{ gpm} + 57.8146 \text{ gpm}$$

$$Q_{D-C} = 168.2185 \text{ gpm}$$

Entonces:

$$P_{fD} - C = 4.52 * \frac{168.2185^{1.852}}{120^{1.852} * 2,067^{4.871}}$$

$$P_{fD} - C = 0.2459 * 4.494751$$

$$PfD - C = 1.1053 \text{ psi}$$

$$PD = PC + PfD - C$$

$$PD = 12.539 \text{ psi} + 1.1053 \text{ psi}$$

$$PD = 13.644 \text{ psi}$$

Los resultados del primer tramo de rociadores de lado derecho se obtienen que el caudal debe ser de 168.2185 gpm con una presión de 13.644 psi, de igual forma se debe realizar los cálculos el lado izquierdo.

$$Q1 = Dd * Ar$$

$$Q1 = 0.14 \text{ gpm} / \text{ft}^2 * 130 \text{ ft}^2$$

$$Q1 = 18.2 \text{ gpm}$$

Calcular la presión (P1) mínima en el primer rociador.

$$Q = K \times \sqrt{P} = P = (Q/K)^2$$

Se asume un factor K de 5.6

$$P1 = (18.2/5.6)^2$$

$$P1 = 10.56 \text{ psi}$$

Para calcular la pérdida por fricción entre rociadores 1 y 2 se utilizará la fórmula de Hazen-Williams con los siguientes datos:

$$Pf1 = 4.52 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.871}}$$

$$Pf1 = 4.52 * \frac{18.2^{1.852}}{120^{1.852} \times 2.067^{4.871}}$$

$$Pf1 = 4.52 * \frac{18,2^{1.852}}{120^{1.852} \times 2,067^{4.871}}$$

$$Pf1 = (4.0005851 \times 10^{-3}) * 15$$

$$Pf1 = 0.060008 \text{ psi}$$

El valor de la pérdida de fricción es de 0.060008 psi, por lo que se determina relativamente baja siendo justificada por la distancia entre rociadores, para el rociador 2 se suma la presión en el primer rociador.

$$P2 = P1 + Pf1$$

$$P2 = 10.56 \text{ psi} + 0.060008 \text{ psi}$$

$$P2 = 10.62 \text{ psi}$$

Para calcular el caudal del rociador 2 se determina mediante a ecuación:

$$Q2 = k \sqrt{P2}$$

$$Q2 = 5.6 \sqrt{10.62}$$

$$Q2 = 18.249 \text{ gpm}$$

De igual manera para Q y Pf para el punto A y el rociador 2

$$QA - 2 = Q1 + Q2$$

$$QA - 2 = 18.2 \text{ gpm} + 18.249 \text{ gpm}$$

$$QA - 2 = 36.449 \text{ gpm}$$

$$PfA - 2 = 4.52 * \frac{36.449^{1.852}}{120^{1.852} \times 2.067^{4.871}}$$

$$PfA - 2 = 0.0144 * 15$$

$$PfA - 2 = 0.217 \text{ psi}$$

De igual manera sería para la presión del punto A.

$$PA = P2 + PfA - 2$$

$$PA = 10.62 \text{ psi} + 0.217 \text{ psi}$$

$$PA = 10.837 \text{ psi}$$

Con todos los datos recolectados de la presión y el caudal se realiza el factor K para el punto A.

$$QA - 2 = K * \sqrt{PA}$$

$$K = \frac{QA-2}{\sqrt{PA}}$$

$$K = \frac{36.449}{\sqrt{10.837}}$$

$$K = 11.072 \text{ gpm/psi}$$

El valor del coeficiente K se mantendrá constante para las intersecciones que presenten las mismas condiciones. A continuación, se efectúan los cálculos del punto B considerando que el caudal B y A es igual al que circula entre A y 1.

$$QA - 2 = 36.449 \text{ gpm}$$

Entonces:

$$PfB - A = 4.52 * \frac{36.449^{1.852}}{120^{1.852} \times 2.067^{4.871}}$$

$$P_{fB-A} = 0.01447 * 8.6286$$

$$P_{fB-A} = 0.125 \text{ psi}$$

$$P_B = P_A + P_{fB-A}$$

$$P_B = 10.837 \text{ psi} + 0.125 \text{ psi}$$

$$P_B = 10.962 \text{ psi}$$

De igual manera se realiza el cálculo del caudal de B-2

$$Q_{B-4} = K * \sqrt{P_B}$$

$$Q_{B-4} = 11.072 \text{ gpm/psi} * \sqrt{10.962 \text{ psi}}$$

$$Q_{B-4} = 36.658 \text{ gpm}$$

Ahora para determinar la pérdida por fricción entre C-B se requiere de los caudales:

$$Q_{C-B} = Q_{A-2} + Q_{B-4}$$

$$Q_{C-B} = 36.449 \text{ gpm} + 36.658 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-B} = 73.107 \text{ gpm}$$

Entonces:

$$P_{fC-B} = 4.52 * \frac{73.107^{1.852}}{120^{1.852} * 2,0674.871}$$

$$P_{fC-B} = 0.052544 * 8.6286$$

$$P_{fC-B} = 0.4534 \text{ psi}$$

$$P_C = P_B + P_{fC-B}$$

$$PC = 10.962 \text{ psi} + 0.4534 \text{ psi}$$

$$PC = 11.4154 \text{ psi}$$

De igual manera se realiza el cálculo del caudal de C-6

$$QC - 6 = K * \sqrt{PC}$$

$$QC - 6 = 11.072 \text{ gpm/psi} * \sqrt{11.4154 \text{ psi}}$$

$$QC - 6 = 37.409 \text{ gpm}$$

Y como último tramo se realiza el cálculo en el punto D, siendo el codo que gira el agua para los puntos A, B y C de los rociadores, se plantea lo siguiente:

$$QD - C = QA - 2 + QB - 4 + QC - 6$$

$$QD - C = 36.449 \text{ gpm} + 36.658 \text{ gpm} + 37.409 \text{ gpm}$$

$$QD - C = 110.516 \text{ gpm}$$

Entonces:

$$Pfd - C = 4.52 * \frac{110.516^{1.852}}{120^{1.852} * 2,067^{4.871}}$$

$$Pfd - C = 0.1129 * 4.494751$$

$$Pfd - C = 0.5077 \text{ psi}$$

$$PD = PC + Pfd - C$$

$$PD = 11.4154 \text{ psi} + 0.5077 \text{ psi}$$

$$PD = 11.9231 \text{ psi}$$

Los resultados de este tramo dieron como resultado: el caudal es de 110.516 gpm con una presión de 11.9231 psi obteniendo como punto final:

$$QT = Q_{\text{tramo 1}} + Q_{\text{tramo 2}}$$

$$QT = 168.2185 \text{ gpm} + 110.516 \text{ gpm}$$

$$QT = 278.73 \text{ gpm} \text{ o } 0,0175 \text{ m}^3/\text{s}$$

La presión de:

$$PT = P_{\text{tramo1}} + P_{\text{tramo2}}$$

$$PT = 13.644 \text{ psi} + 11.9231 \text{ psi}$$

$$PT = 25.57 \text{ psi}$$

Pero también es necesario calcular la pérdida por elevación de la tubería, la altura es de 7 metros, se calcula:

$$PE = h * 1.422$$

$$PE = 7 \text{ m} * \frac{1.422 \text{ psi}}{1 \text{ m}}$$

$$PE = 9.954 \text{ psi}$$

Este valor señala que el sistema de bombeo debe proporcionar al menos 10 psi de presión con el fin de impulsar adecuadamente el caudal de agua a través de las tuberías y garantizar que llegue sin dificultad a los rociadores.

3.1.5 Equipo de bombeo

El equipo de bombeo será seleccionado mediante los lineamientos de la norma NFPA-20, para asegurar que se cumplan con las condiciones óptimas de operación y los riesgos previamente identificados en la empresa.

La bomba de agua requerida se basa en las características del área seleccionada de la empresa para garantizar un rendimiento eficiente ante emergencias, asegurando la seguridad de los trabajadores y confiabilidad del modelo de gestión. También se consideran las disponibilidades de la empresa, como la de recursos hídricos, para proponer equipo que de manera eficiente se ajuste a la infraestructura y operaciones. A continuación, se establecen los requisitos del equipo de bombeo para que en su funcionamiento cumpla con la normativa y las condiciones establecidas en la presente investigación.

La norma NFPA-20 establece las siguientes directrices para las bombas contra incendios:

Caudal: el equipo de bombeo deberá ser capaz de proporcionar hasta un 150% del caudal nominal, garantizando que en situaciones de alta demanda el equipo de bombeo pueda incrementar la capacidad de su suministro de agua para hacer frente a situaciones críticas.

Presión: si la bomba opera al 150% de su capacidad, esta debe ser capaz de mantener por lo mínimo el 65% de su presión nominal. Este lineamiento asegura que, aunque la bomba proporcione un caudal superior al nominal, la presión proporcionada seguirá siendo adecuada para el sistema.

Curva de rendimiento: la curva de rendimiento de la bomba deberá mostrar un aumento de la presión mientras que el caudal se reduzca hasta el cierre, esto permite una operación más estable

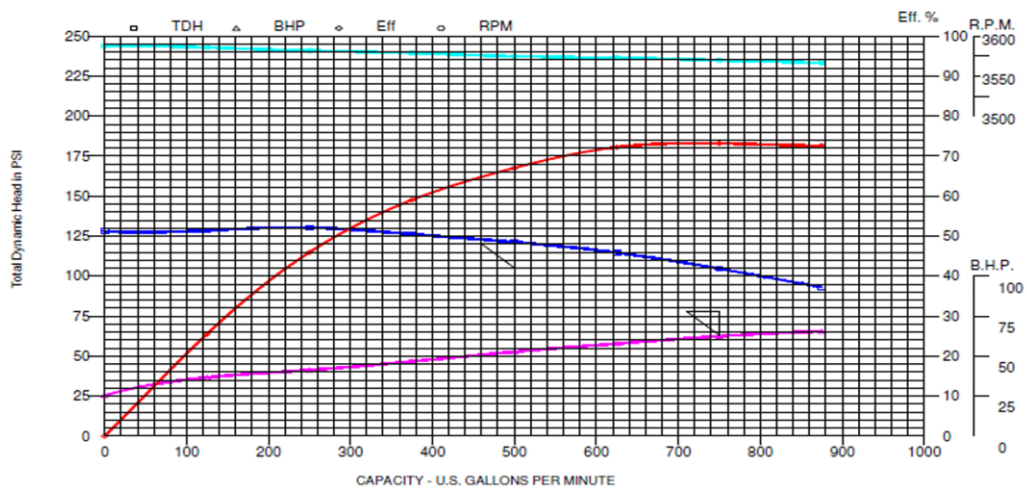
y reduce problemas de cavitación. Así mismo la presión no deberá exceder el 140% del valor nominal, esto con el objetivo de evitar un sobreesfuerzo en los componentes.

Tabla 17. Capacidad de bomba centrífuga contra incendio.

gpm	L/min	gpm	L/min
25	95	1,000	3,785
50	189	1,250	4,731
100	379	1,500	5,677
150	568	2,000	7,570
200	757	2,500	9,462
250	946	3,000	11,355
300	1,136	3,500	13,247
400	1,514	4,000	15,140
450	1,703	4,500	17,032
500	1,892	5,000	18,925
750	2,839		

Nota: Elaborado por autor, adaptado por norma NFPA-20

Figura 17. Curva de incremento de presión



Nota: Elaborado por norma NFPA-20

Los equipos de bombeo horizontales son en gran parte utilizadas en entornos industriales debido a su versatilidad y eficiencia y se caracterizan por su capacidad de flujo de agua y facilidad de mantenimiento, lo que las coloca como la mejor alternativa para este tipo de sistemas de protección contra incendios,

Especificaciones para las bombas horizontales según la norma NFPA-20:

- Capacidad: 250 GPM a 5000 GPM
- Presión: 40 PSI a 450 PSI
- Normativas: UL/FM y NFPA-20
- Tipos de motor: Eléctricos o diésel

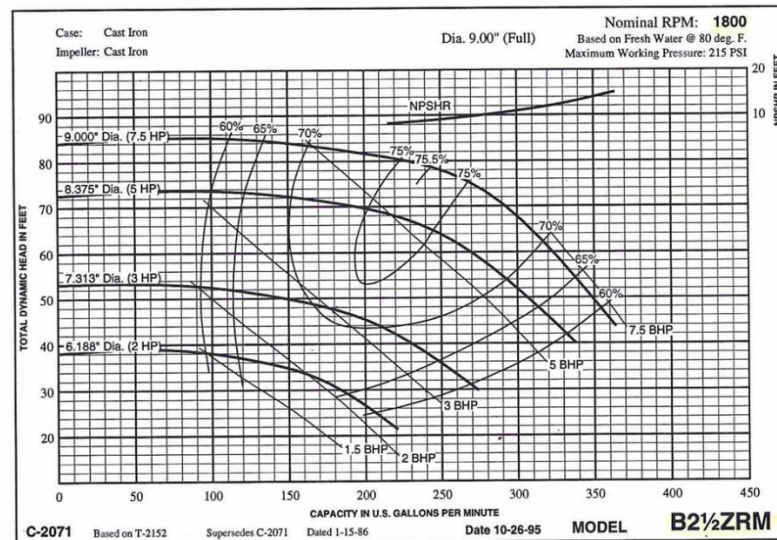
En el presente caso de estudio se calculó un caudal total de 278.73 GPM (galones por minuto) y una presión nominal de 25,57 PSI, por lo tanto, se seleccionará una bomba de agua horizontal que cumpla con estos requisitos y esta deberá ser una de 300 GPM

Figura 18. Bomba de agua



Nota: Obtenida de (Henriques, 2025).

Figura 19. Curva de rendimiento de la bomba.



Nota: Obtenida de (Henriques, 2025)

3.1.6 Volumen de cisterna

Para la instalación de cisternas la norma NFPA-22 indica que la capacidad y la elevación de la misma depende de las condiciones específicas de la empresa, tomando en cuenta factores como el caudal del agua y la altura del tanque, de esta manera se garantiza un suministro adecuado, la ubicación del tanque debe ser ubicada de tal manera que tenga contacto cero con el fuego o el incendio producido, en caso de no ser posible, el tanque deberá estar protegido con estructuras ignífugas o rociadores abiertos.

La norma indica para la construcción del tanque deben tener en cuenta el uso de materiales como el acero, madera, concreto o plástico reforzado para almacenamiento subterráneo, para así cumplir con la normativa y evitar la elevación del tanque a causa de la presión subterránea. La

estructura será lo suficientemente resistente y rígida para poder soportar cargas de viento, sismos y otros factores de carga como el peso del agua con el tanque lleno, considerando que debe resistir los 1000kg/m^3 .

Tabla 18. Duración del rociador

Ocupación	Mangueras interiores		Interiores y exteriores		Duración (minutos)
	Gpm	l/min	Gpm	l/min	
Riesgo ligero	0.5 a 100	0,180, 379	100	379	30
Riesgo ordinario	0.5 a 100	0,180, 379	250	946	60-90
Riesgo extra	0.5 a 100	0,180, 379	500	1893	90-120

Nota: Elaborado por norma NFPA-20

La empresa ZONAFRÍA S.A.S. posee un riesgo ordinario I, por lo tanto, la duración está estimada en 60 – 90 minutos, en el peor de los casos que requiera 90 minutos de espera a el cuerpo de bomberos, se plantea el siguiente cálculo:

$$278.73 \text{ gpm} * 3.785 \text{ L/min} = 1055 \text{ L} \quad 60\text{min} = 1055 \text{ L/min} * 60 \text{ min} = 63300 \text{ L}$$

$$90\text{min} = 1055 \text{ L/min} * 90 \text{ min} = 94950 \text{ L}$$

La cisterna deberá tener un volumen aproximado de $63,3 \text{ m}^3$ a 95 m^3 para poder satisfacer la necesidad de agua de los rociadores.

3.1.7 Inspección, ensayo y mantenimiento de sistemas destinados a proteger contra incendios

La norma NFPA-25 establece los lineamientos para inspección, pruebas y mantenimientos que debe contener todo el sistema de protección contra incendios, su objetivo es definir los

requisitos necesarios para garantizar un nivel adecuado de seguridad para la vida y la propiedad, asegurando que los sistemas mantengan su operatividad y confiabilidad, mediante la correcta gestión de los sistemas hidráulicos.

La NFPA-25 abarca diversos sistemas como rociadores automáticos, tuberías privadas contra incendios, bombas y tanques de almacenamiento de agua, así como sistemas fijos de aspersión, espuma y agua nebulizada. En este sentido se destacan varios componentes clave del proceso de IPM (inspección, prueba y mantenimiento), especialmente de los sistemas de rociadores y las bombas contra incendios que son lo más comúnmente instalados en los edificios.

A continuación, se presenta un resumen de los componentes clave y los intervalos correspondientes de acuerdo con la norma NFPA-25.

Tabla 19. Inspección de los rociadores

Intervalo	Componente sujeto a inspección
Semanal	Interruptor de contraflujo (presión reducida) Válvula de control (mensual si está bloqueada; trimestral si está equipada con un sistema de supervisión eléctrica)
Mensual	Manómetros Válvula exterior de la tubería seca
Trimestral	Alarma de la válvula exterior Conexión para el cuerpo de bomberos Válvulas y otros dispositivos de supervisión Alarmas de flujo de agua
Anual	Válvula interna de la tubería seca Rociadores (desde el nivel del suelo) Soportes y arriostamientos (desde el nivel del suelo) Letrero con información sobre el sistema hidráulico
Cada 5 años	Alarma de válvula y válvula de retención interna Dispositivo de prevención de contraflujo interno

Nota: Elaborado por el autor, adaptado por norma NFPA-25

En la tabla 19, menciona el periodo que se debe realizar la inspección de los sistemas de rociadores para obtener su correcto funcionamiento.

Tabla 20. Prueba de los rociadores

Intervalo	Componente sujeto a inspección
Semestral	Dispositivos de supervisión de válvula de control Alarma de caudal de agua
Anual	Válvula de control Dispositivos de prevención de contraflujo Prueba de drenaje principal (Cada tres meses si el sistema está equipado con un dispositivo de prevención de contraflujo o una válvula de reducción de presión) Prueba de disparo de válvula de supervisión Otros dispositivos de supervisión
Cada 3 años	Prueba de flujo completo de válvula seca
Cada 5 años	Manómetros
Entre 5 y 75 años	Prueba del rociador (en función del tipo de rociador y del entorno)

Nota: Elaborado por el autor, adaptado por norma NFPA-25

La tabla 20 indica el periodo de prueba, después de la inspección se debe realizar una prueba de cada componente para observar y este funcione de manera correcta.

Tabla 21. Mantenimiento de los rociadores

Intervalo	Componente sujeto a inspección
Según lo establezca el fabricante	Mantenimiento sujeto a la especificación del fabricante

Nota: Elaborado por el autor, adaptado por norma NFPA-25

En la tabla 21 se muestra que el mantenimiento debe realizarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante, ya que los componentes están hechos de materiales de calidad como la norma lo establece la norma NFPA.

Para la bomba contra incendios se establece los siguientes parámetros:

Tabla 22. Inspección de bomba contra incendios

Intervalo	Componente sujeto a inspección
Semanal	Bomba y sala de bombas o de máquinas
Anual	Bomba y alineación del motor Movimiento del eje o del juego axial Ventilación y desbordamiento del depósito de combustible Aislamiento de cables o sistemas conductivos

Nota: Elaborado por el autor, adaptado por norma NFPA-25

Tabla 23. Prueba de bomba contra incendios

Intervalo	Componente sujeto a inspección
Semanal	Prueba de fallo de caudal para bombas diésel Prueba de fallo de caudal para bombas eléctricas
Mensual	Se puede realizar una vez por semana, siempre que reúna los requisitos establecidos en la sección 8.3.1.2.1 de NFPA-25 Conmutador automático de transferencia del sistema y generadores de emergencia o de respaldo Es posible que se deba ejecutar una prueba cada 36 meses; consulta NFPA 110 y este blog acerca del suministro de energía para casos de emergencia.
Anual	Prueba para equipos a combustible diésel Válvula de alivio de presión principal Letreros de la alarma de la bomba contra incendio Rendimiento de la bomba de flujo completo

Nota: Elaborado por el autor, adaptado por norma NFPA-25

Tabla 24. Mantenimiento de bomba contra incendios

Intervalo	Componente sujeto a mantenimiento
Anual	Baterías Filtro de agua en circulación Aceite lubricante del motor, filtro de aceite y filtro de combustible 50 horas de funcionamiento o una vez por año Comprueba el depósito de combustible en busca de materiales extraños Rodamientos y acoplamientos de las bombas y los motores

Nota: Elaborado por el autor, adaptado por norma NFPA-25

Es Fundamental persona calificada en la cual se encarga de reparar o activar los problemas relacionados con estos equipos informe sobre cualquier novedad respecto al funcionamiento de cada componente.

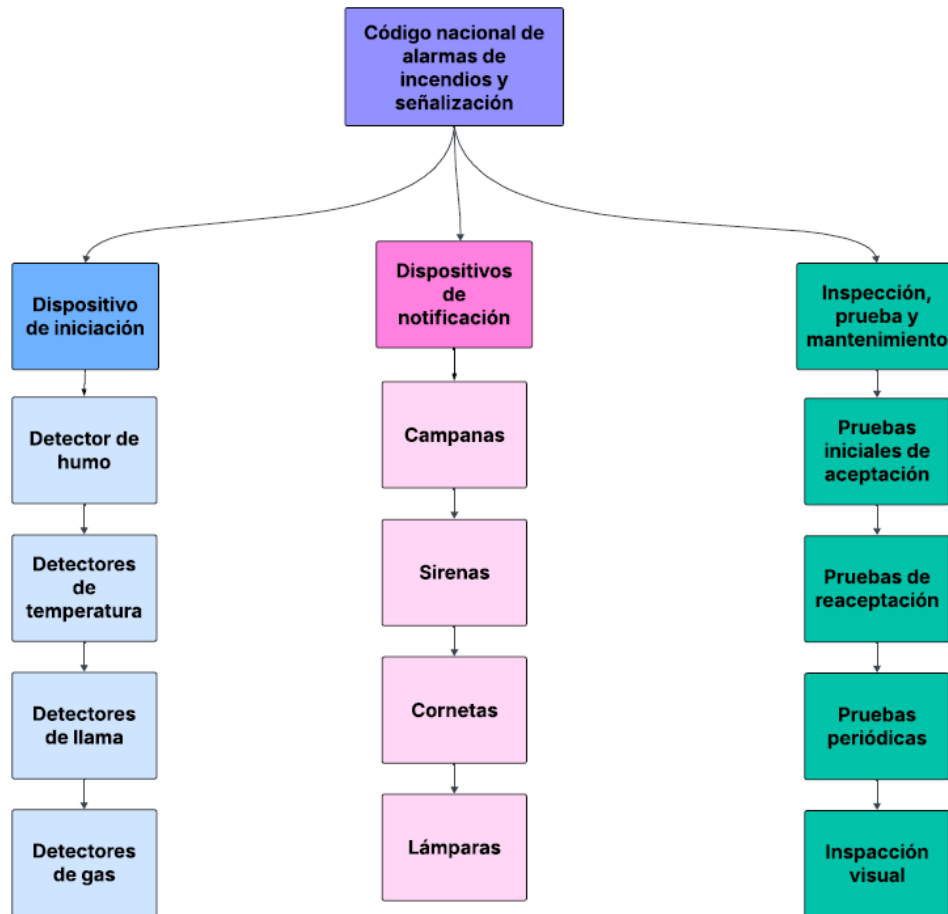
3.1.8 Código nacional de alarmas de incendios y señalización

El NFPA-72 establece directrices para el diseño, instalación y funcionamiento de los sistemas relacionados con la detección y alerta de incendios, en la cual abarca todos los aspectos vinculados con la colocación, desempeño, verificación, mantenimiento y pruebas de dichos sistemas, así como de los equipos de aviso y comunicación de emergencias

La norma NFPA-72 regula el correcto funcionamiento de los sistemas de alarma de incendio, las estaciones de supervisión, los sistemas públicos de reporte de emergencias y los sistemas de comunicación utilizados durante una situación de incendio, asegurando que todos sus componentes operen de forma eficaz y segura.

En la siguiente Figura demuestra los requisitos de la norma NFPA-72 para implementar en la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Figura 20, requisitos de la norma NFPA-72



Nota: Elaborado por el autor

3.1.9 Norma para símbolos de protección contra incendios y emergencias

El NFPA-170 establece requisitos estándar para comunicar información de seguridad contra un siniestro, existen lugares que utilizan los símbolos como: ruta de evacuación, salida de emergencias, dirección, extintores, cerco eléctricos y paneles de control. La norma NFPA-170 abarca una amplia variedad de componentes con sus instrucciones de implementación.

La Figura 21 muestra los símbolos de uso general, que son los básicos que debería implementar la empresa ZONA FRÍA S.A.S.

Figura 21. Símbolos de uso general



Nota: Elaborado por el autor

3.1.10 Equipo de brigada contra incendios

La norma NFPA-600 abarca todo lo que es organización, entrenamiento y equipos de brigadas contra incendios privadas, esta también indica que no existe requisito mínimo para que se implemente un equipo de brigada contra incendios, las consideraciones de esta norma son aplicables independientemente del tamaño y la naturaleza que se piensa proteger. El número de integrantes del equipo de brigadas se basará en la magnitud de los riesgos y el tamaño de la propiedad, y constará de un trabajador líder de la brigada.

Un requisito de la norma NFPA-600 es el entrenamiento continuo de los integrantes de la brigada, tanto físico como de conocimiento, los integrantes recibirán información práctica constante sobre extintores, mangueras, sistemas de detección, ventilación, salvamento y uso de equipos respiratorios. Se establece un cronograma de entrenamiento de mínimo 1 hora al mes por integrante, los líderes o jefes de brigadas deberán cumplir con entrenamientos más estrictos.

Dentro de los lineamientos de la norma NFPA-600 también están los requisitos del personal, el jefe o líder de brigada deberá tener habilidades de liderazgo y supervisión, así como

conocimientos técnicos y operativos de la empresa, es responsable de la cadena de mando, la planificación y las operaciones de las brigadas.

Los integrantes de la brigada deben ser personas capacitadas físicamente y predispuestas a cumplir con los horarios de entrenamiento, esto con el fin de estar preparados ante situaciones de peligro para realizar evacuaciones rápidas y proteger materiales peligrosos. También deberán someterse a exámenes físicos periódicos e incluir pruebas respiratorias para el uso de equipos autocontenidos. Así mismo la brigada contemplará en sus actividades reuniones para tener un registro donde se traten temas como resultados de maniobras, análisis seguridad, mejoras o actualizaciones en el programa de formación.

3.2 Implementación de la propuesta

La implementación del modelo de gestión de seguridad contra incendios en la empresa de estudio, teniendo en cuenta los puntos citados en la investigación, espera tener los siguientes resultados:

- La empresa debe considerar la implementación de extintores de clase A que se encargan de tratar el fuego de combustibles ordinarios, extintores de tipo B para líquidos inflamables, como aceites, diésel, y extintores clase C para sus tableros eléctricos de control instalados. Actualmente la empresa cuenta con 2 extintores y sin supervisión, motivo por el cual se implementa la norma NFPA-10 para poder tener un modelo de implementación, instalación e inspección de los distintos extintores en el área de recepción de materia prima.
- También se tomará en cuenta que el sistema de rociadores propuesto para la empresa, basándonos en los requisitos de la NFPA-13, requiere un caudal mínimo

de 278.73 GPM y una presión nominal de 25,57 PSI para funcionar de manera eficiente. Para lo cual se ha seleccionado una bomba centrífuga horizontal que satisface lo requerido por el caudal y la presión, ofreciendo también un margen adicional para favorecer las pérdidas de presión debido a la elevación, que equivalen aproximadamente a 9.954 PSI.

- Determinar la capacidad de la cisterna, debido a que la empresa es de riesgo ordinario I, y se estima una duración de entre 60 a 90 minutos de los rociadores, teniendo en cuenta el escenario menos favorable, la cisterna según la NFPA-20 deberá ser capaz de abastecer 90 minutos a los rociadores y para esto deberá tener una capacidad de 94,5 m³ para garantizar el suministro de agua en el tiempo requerido.
- Elaborar planes de mantenimiento y emergencia es un punto a favor para salvaguardar la seguridad de los trabajadores en la empresa, los lineamientos de la norma NFPA-25 aportan las guías y requerimientos necesarios para cumplir con estos estándares, implementando componentes claves como el proceso de IPM (inspección, prueba y mantenimiento) de los sistemas a implementar en la empresa.
- Se considerará el diseño, instalación y funcionamiento de sistemas de detección y alarmas de incendios, bajo las directrices de la norma NFPA-72, esto inducirá a una mejora en el modelo de gestión contra incendio debido a que mejora la comunicación ante cualquier peligro.
- El estudio también abarca todo lo relacionado a las señaléticas estandarizadas bajo la norma NFPA-170, la cual sugiere diseños específicos de señalización, que

abarcan rutas de evacuación, salidas de emergencia, dirección, extintores, paneles de control, etc., mejorando así la comunicación, el flujo y evacuación del personal en caso de una emergencia.

- Contemplar la propuesta de contar con un equipo de brigadas contra incendio debido a el tamaño, actividades de la empresa y situaciones externas que alteren la seguridad dentro de la empresa, siguiendo los lineamientos que requiere la norma NFPA-600 para cumplir con los estándares de la misma.

3.3 Propuesta: Acuerdo Ministerial 1257

Tabla 25. Acuerdo ministerial 1257. Propuesto

REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS				
Responsables:		Edwin Betancourt, Luis Solorzano	Fecha:	
Empresa:		Zona Fría S.A.S.	Cumple	
N°	Reglamento	Si	No	Observación
1	Las precauciones estructurales proveen a una edificación de la resistencia necesaria contra un incendio, limitando la propagación del mismo y reduciendo al mínimo el riesgo personal y estructural.	x		
2	Toda edificación dispondrá de al menos una fachada accesible al ingreso de los vehículos de emergencia, a una distancia máxima de ocho (8) metros libres de obstáculos con respecto a la edificación.	x		
3	Todo medio de egreso por recorrer debe ser claramente visible e identificado de tal manera que todos los ocupantes de la edificación, que sean física y mentalmente capaces, puedan encontrar rápidamente la dirección de escape desde cualquier punto hacia la salida.	x		
4	Toda puerta ubicada en la vía de evacuación debe tener un ancho mínimo de ochenta y seis centímetros (86 cm) y una altura mínima de dos punto diez metros (2.10 cm) dependiendo del número de ocupantes y la altura de la edificación	x		

- 5 Se debe proveer de un mantenimiento preventivo adecuado para garantizar la confiabilidad del método de evacuación seleccionado, en todo momento las instalaciones en las cuales sea necesario mantener las salidas, deben contar con el personal capacitado para conducir a los ocupantes desde el área de peligro inmediato hacia un lugar seguro en caso de incendio. x
- 6 Todo establecimiento de trabajo, comercio, prestación de servicios, alojamiento, concentración de público, parqueaderos, industrias, transportes, instituciones educativas públicas y privadas, hospitalarios, almacenamiento y expendio de combustibles, productores químicos peligrosos, de toda actividad que representen riesgos de incendio; deben contar con extintores de incendio del tipo adecuado a los materiales usados y a la clase de riesgo. x
- 7 Se colocará extintores de incendios de acuerdo al reglamento, esta exigencia es obligatoria para cualquier uso y para el cálculo de la cantidad de extintores a instalarse. No se tomará en cuenta aquellos que formen parte de las bocas de incendios equipadas (BIE). x
- 8 Gabinete de incendio, los elementos que componen la boca de incendio equipada, estarán alojadas en su interior, colocados a 1.20 metros de altura del piso acabado, a la base del gabinete, empotrados en la pared y con señalización correspondiente. Tendrá las siguientes dimensiones (0.80 x 0.80 x 0.20) metros y un espesor de lámina metálica de 0.75 mm. con cerradura universal (triangular). Se ubicará en sitios visibles y accesibles sin obstaculizar las vías de evacuación, a un máximo de treinta metros (30 m) entre sí. x
- 9 La instalación de rociadores automáticos estará condicionada y diseñada particularmente para cada caso. Deben colocarse en los sectores considerados de riesgo, previo un análisis técnico de la carga calorífica y la actividad realizarse en ellos, conformando sectores de incendio debidamente aislados de las restantes zonas del edificio mediante elementos de separación de una resistencia mínima de un RF-120. x
- 10 Las tuberías deben cumplir con las normas ASTM, puede ser de; hierro, acero o cobre sin costura. Deben resistir una presión de 12 kg/cm² (170 PSI) como máximo, su diámetro será de 2 a 6 pulgadas (red principal) de la misma manera todos los accesorios deben ser normados por ASTM. x
- 11 Los sistemas de hidrantes en vías pública deben instalarse a una distancia de 200 metros entre ellos y de acuerdo al número y diseño de las necesidades de la ciudad. x Cuenta con cisterna

12	Estos sistemas automáticos deben tener los siguientes componentes: Tablero central, fuente de alimentación eléctrica, detectores de humo, alarmas manuales, difusores de sonidos, sistema de comunicación y señal de alarma sonora y visual.	x
13	Las instalaciones para el sistema de bombas de incendios se realizarán en línea directa e independiente desde el tablero principal de servicios generales.	x
14	Ningún local que contenga calderas de alta presión, maquinarias de refrigeración, transformadores u otros equipos sujetos a posibles explosiones, debe estar ubicado directamente debajo de una salida o directamente contigua a una salida. Todos estos locales deben estar aislados efectivamente de las demás partes del edificio, constituyendo un sector de incendios independiente.	x
15	Las instalaciones de energía eléctrica, sistemas de ventilación, calefacción, extracción de olores, refrigeración y especiales deben ser revisados periódicamente por el personal especializado.	x
16	Los materiales empleados en la decoración, así como las alfombras y cortinas deben ser previamente tratados contra el fuego, mediante el proceso de ignifugación que garantice un RF-30.	x
17	Reserva de agua exclusiva contra incendios en un volumen mínimo de abastecimiento de 60 minutos, para la estimación del cálculo se considerará el empleo de dos (2) Bie de uso simultáneo.	x
18	Todo establecimiento que por sus características industriales o tamaño de sus instalaciones disponga de más de 25 personas en calidad de trabajadores o empleados, deben organizar una BRIGADA DE SUPRESION DE INCENDIOS, periódica y debidamente entrenada y capacitada para combatir incendios dentro de las zonas de trabajo.	x
19	Las construcciones de una sola planta serán de materiales ignífugos y dotados de muros cortafuego en sus colindancias, para impedir la propagación del incendio de un local a otro y que garantice un RF-120.	x

Nota: Elaborado por el autor.

Conforme a la implementación del modelo de gestión de seguridad contra incendios y en cumplimiento con el Acuerdo Ministerial 1257, se lograron mejoras en diversos aspectos, obteniendo 16 resultados favorables y 3 desfavorables, esto representa un 84% de cumplimiento

del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, este fortalece la seguridad de la empresa y de sus trabajadores reduciendo riesgos en sus instalaciones.

Tabla 26. Porcentaje de cumplimiento del Acuerdo Ministerial 1257

	Actual	Propuesto
Puntos cumplidos	6	16
Puntos Faltantes	13	3
Total	19	19
Cumplimiento	32%	84%

Nota: Elaborado por el autor.

En la Tabla 27 se muestra el porcentaje comparativo del Acuerdo Ministerial 1257, con un 32% en el estado actual y un 84% en el estado propuesto, lo que representa una diferencia significativa.

3.4 Propuesta: Método MESERI

Tabla 27. MESERI propuesto

MÉTODO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO (MESERI)							
Nombre de la empresa:	Zona Fria S.A.S	Situación	Diagnóstico inicial		Nº		
Construcción		Coficiente	Puntos	Destructibilidad	Coficiente	Puntos	
Nº de pisos	Altura			Por calor			
1 o 2	menor de 6 m	3	2	Baja	10	10	
3, 4 o 5	entre 6 y 15 m	2		Meda	5		
6, 7, 8 o 9	entre 15 y 28 m	1		Alta	0		
10 o más	más de 28 m	0					
Superficie mayor sector de incendios				Por humo			
			4	Baja	10	5	
de 0 a 500 m ²		5		Meda	5		
de 501 a 1500 m ²		4		Alta	0		
de 1501 a 2500 m ²		3		Por corrosión			
de 2501 a 3500 m ²		2		Baja	10		
de 3501 a 4500 m ²		1	Meda	5	5		
de 4500 m ²		0	Alta	0			
Resistencia al fuego				Por agua			
Resistencia al fuego (hormigón)		10	5	Baja	10	5	
No combustible (metálica)		5		Meda	5		
Combustible (madera)		0		Alta	0		
Falsos techos				Propagabilidad			
Sin falsos techos		5	0	Vertical			
Con falsos techos incombustibles		3		Baja	5	3	
Con falsos techos combustibles		0		Meda	3		
			Alta	0			
Factores de situación				Horizontal			
Distancia de bomberos			0	Baja	5	3	
Menor de 5 km	5 min	10		Meda	3		
Entre 5 y 10 Km	5 y 10 min	8		Alta	0		
Entre 10 y 15 km	10 y 15 min	6		Subtotal x			
Entre 15 y 25 km	15 y 25 min	2			72		
Más de 25 km	25 min	0	Factores de protección				
Accesibilidad a edificios			3	Concepto	Sin vigilancia	Con vigilancia	Puntos
Buena		5		Extintores portátiles (EXT)	1	2	2
Meda		3		Bocas de incendios equipadas (BIE)	2	4	2
Mala		1		Columnas hidrantes exteriores (CHE)	2	4	2
Muy mala		0		Detección automáticas (DTE)	0	4	4
Procesos				Rociadores automáticos (ROC)	5	8	8
Peligro de activación				Extintores por agentes gaseosos (IFE)	2	4	4
Bajo		10	10	Subtotal Y			22
Medio		5		$P = \frac{5x}{120} + \frac{5y}{22} + 1 (BCI)$			
Alto		0		Brigada contra incendios (BCI)			
Carga térmica			10	SI (x)			No. (x)
Bajo		10		Valor de riesgo			x
Medio		5		Calificación de riesgo			8
Alto		0	Buena			Buena	
Combustibilidad				Mediante la evaluación de la situación actual de la empresa aplicando el método de MESERI se puede identificar que se obtiene un valor de riesgo Bueno, siendo la propuesta mejorada para combatir el incendios de la empresa.			
Bajo		5	0				
Medio		3					
Alto		0					
Orden y limpieza							
Bajo		0	5				
Medio		5					
Alto		10					
Almacenamiento de altura							
Menor de 2 m		3	0				
Entre 2 y 4 m		2					
Más de 6 m		0					
Factor de Concentración							
Factor de concentración S/m²							
Menor de 500		3	2				
Entre 500 y 1000		2					
Más de 1500		0					

Nota: Elaborado por el autor.

En el método de MESERI de la propuesta, se observó que el valor de riesgo mejoró a un 8 teniendo una calificación de BUENO superando el MESERI actual que dio como resultado 3,98 teniendo una calificación de MALO, esta diferencia muestra claramente la efectividad de la propuesta en la reducción de riesgos lo que puede tener un impacto positivo en la seguridad general

de la instalación, contribuyendo a un entorno seguro y conforme a los estándares de protección como la NFPA.

De acuerdo con lo planteado en el marco de resultado, garantiza la validez de los datos, se requiere emplear la prueba t de student para muestras emparejadas, para ello se utilizarán los datos de las propuestas.

Tabla 28. Prueba t student

Tabla	Actual	Propuesta
Favorables	6	16
Cumplimiento del Acuerdo Ministerial 1257	32%	84%
Valor de riesgo	3,98	8
Checklist de inspección	1	6

Nota: Elaborado por el autor.

Para simplificar la validación de datos, se propone utilizar el software Excel, a través del análisis de datos, obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 29:

Tabla 29. Resultados de la prueba t

<i>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</i>	<i>%</i>	
	<i>% Actual</i>	<i>Propuesto</i>
Media	0,29364538	0,88070175
Varianza	0,01380213	0,01111727
Observaciones	3	3
	-	
Coefficiente de correlación de Pearson	0,98744769	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-4,5756499	
P(T<=t) una cola	0,02229638	
Valor crítico de t (una cola)	2,91998558	
P(T<=t) dos colas	0,04459275	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273	

Nota: Elaborado por el autor.

Los resultados de las pruebas emparejadas indican que el valor de P de dos colas (0,0445) es menor a 0.05, lo que corresponde que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa, estableciendo que “El modelo de gestión de seguridad contra incendios basados en normas NFPA logra minimizar el riesgo para la empresa Zona Fría-S.A.S”.

3.5 Justificación económica

3.5.1 Costo del proyecto

Se muestra el costo del proyecto en la siguiente Tabla 30, donde se determinan la rentabilidad del proyecto en ejecución, junto con sus respectivas descripciones, números de elementos y sus valores.

Tabla 30. Costo del proyecto

Descripción	N°	Costo Unitario	Costo Total
Costo de investigación	-	-	\$450
Extintores	5	\$45	\$225
Cisterna	1	\$2.120	\$2.120
Bomba	1	\$3.554	\$3.554
Tubería 2" - 6m	12	\$49,05	\$589
Rociadores	15	\$8,55	\$128
Otros gastos	-	-	\$400
Transporte	-	-	\$300
Gastos administrativos	-	-	\$200
Subtotal			\$7.966
Imprevistos (10% del subtotal)			\$797
Subtotal con imprevisto			\$8.763
Reajuste (15% del subtotal)			\$1.195
Total			\$9.958

Nota: Elaborado por el autor

El costo total estimado del estudio y su implementación será de \$9.958, así mismo se calculará el flujo de ingresos proyectado, el cual incluirá la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y el período de recuperación de la inversión (PRI). Aquí, se tomará como referencia el ahorro anual de \$3.600 el beneficio que podría tener la empresa al implementar este modelo de gestión de seguridad contra incendios.

Tabla 31. Indicadores

Indicador	Valor
Costo total de inversión	-\$9.958
Año 2026	\$3.600
Año 2027	\$3.600
Año 2028	\$3.600
Año 2029	\$3.600
VAN (Valor Actual Neto)	\$320
TIR (Tasa interna de retorno)	17%

Nota: Elaborado por el autor

En la Tabla 31, muestra la inversión del primer año, que asciende a \$9.958, con una recuperación proyectada en aproximadamente 4 años, un Valor Actual Neto de \$320 y una Tasa interna de Retorno de 17%

Para saber con exactitud la recuperación proyectada se calcula el PRI:

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d}$$

En donde:

a= período anterior hasta recuperar la inversión

b= inversión inicial

c= suma de flujo de caja hasta el período anterior de la recuperación de la inversión

d= valor del flujo de caja del año en que se satisface la inversión

$$PRI = 3 \text{ años} + \frac{\$9.958 - \$7200}{\$3600 \text{ c/años}} = 3.766 \text{ años}$$

$$PRI = 3.766 = 0.766 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 9.19 \text{ meses}$$

$$PRI = 9.19 \text{ meses} = 0.19 \text{ meses} * \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} = 5.7 \text{ dias}$$

$$PRI = 3 \text{ años con } 9 \text{ meses y } 5.7 \text{ dias}$$

El indicador de rentabilidad fue de 3 años con 9 meses y 5.7 días.

3.6 Justificación ambiental

En la presente investigación los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) se centra en la necesidad de mitigar los riesgos ambientales y promover prácticas que contribuyan a un futuro más seguro y sostenible, en un entorno de seguridad contra incendio y minimización de riesgos, el ODS 11 defiende ciudades y comunidades seguras y sostenibles. El modelo de gestión de la seguridad contra incendios se convierte en fundamental para preservar la seguridad de los trabajadores, su ambiente y minimizar las pérdidas humanas y materiales.

Pero el ODS 13, en el marco de la urgencia por el clima, remarca la importancia de llevar a cabo acciones urgentes para controlar el cambio climático y sus impactos, y la necesidad de la mejora de la prevención de incendios, en la adaptación a la exposición a riesgos climáticos de la seguridad contra incendios, en la planificación preventiva y la reducción de emisiones asociadas a desastres naturales. La implementación de estas estrategias que facilitan la minimización de los riesgos contribuye a un desarrollo sostenible, garantizando resiliencia en infraestructuras y protección del medio ambiente.

3.7 Justificación social

El modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA tiene una gran importancia social, pues al realizar un estudio de seguridad contra incendios lo que se busca principalmente es salvaguardar la vida de los trabajadores de la empresa y garantizar un entorno laboral seguro para operar de manera eficiente.

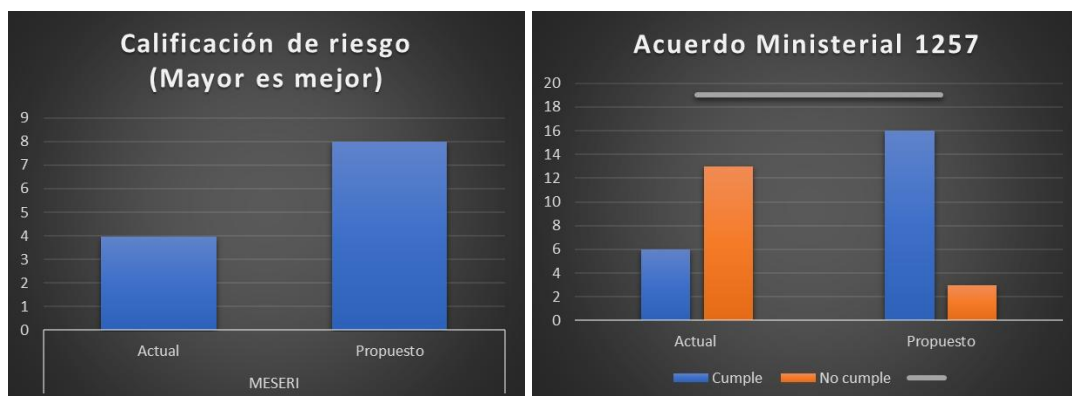
Como el estudio es basado en normas NFPA, que es un estándar internacional fortalece la seguridad dentro de la empresa, concientizando también a los trabajadores en la prevención de accidentes.

Todo esto lo refuerza el Objetivo de desarrollo sostenible número 8, trabajo decente y crecimiento económico, para ser más específicos en el punto 8.8, el cual se centra en proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin algún tipo de riesgo.

3.8 Análisis comparativo

Actualmente la empresa ZONAFRÍA S.A.S. carece de un sistema estructurado de gestión de seguridad contra incendios arriesgando la salud y el bienestar de los trabajadores de la empresa, los estándares que ofrece la norma NFPA establecen requisitos para la prevención, mitigación y protección en las instalaciones de la empresa.

Figura 22. Análisis comparativo. Acuerdo Ministerial y MESERI



Según los resultados que proporcionaron las técnicas de recolección de datos para determinar las condiciones actuales de la empresa, el Acuerdo Ministerial 1257 cumplía con 6 de 19 puntos en la evaluación, después de la implementación del modelo de seguridad contra incendios cumplía con 16 de los 19 requisitos, es decir obtuvo una mejora en su cumplimiento de un 32% a un 84%. La evaluación de riesgos contra incendios aplicando el método de MESERI siendo la situación actual de 3,98 calificado como un riesgo “MALO” mejorará a través de la propuesta a una puntuación de 8, riesgo calificado “BUENO”.

El modelo propuesto brinda una ventaja radical considerando la situación actual de la empresa, puesto que transforma todas sus gestiones debido a que se basa en estándares internacionales, que garantiza la salud de los trabajadores y una protección a las instalaciones y sus insumos, ayudando a su vez posicionamiento de la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

3.9 Planning de control

Actividad de Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Indicador de Desempeño	Medio de Verificación
Inspección de extintores	Verificar el estado de los extintores en la instalación	Jefe de Seguridad y Salud	Mensual	No. de extintores inspeccionados	Informe de inspección de extintores
Revisión de sistemas de rociadores	Verificar el estado y funcionamiento de los sistemas de rociadores	Supervisor de Área	Trimestral	% de sistemas revisados	Reporte de inspección de rociadores
Pruebas de bombas contra incendios	Verificar la capacidad y funcionalidad de la bomba de incendio	Jefe de Seguridad y Salud	Anual	No. de pruebas realizadas	Informe de prueba de bombas
Inspección de equipos de protección contra incendios	Verificar el estado de los equipos de protección (mangueras, válvulas, etc.)	Supervisor de Área	Semestral	% de equipos inspeccionados	Reporte de inspección de equipos
Revisión de control de riesgos eléctricos	Verificar que los sistemas eléctricos estén libres de riesgos	Gerente General	Semestral	% de riesgos eléctricos controlados	Informe de revisión de riesgos eléctricos
Revisión de cumplimiento de normativas contra incendios	Verificar que todos los sistemas cumplen con las normas de seguridad	Gerente General	Anual	No. de no conformidades	Informe de auditoría legal
Capacitación en procedimientos de emergencia (NFPA-600)	Fortalecer la cultura preventiva y el manejo de emergencias	Jefe de Seguridad y Salud	Semestral	% de trabajadores capacitados en emergencias	Registro de capacitaciones
Revisión de señalización de emergencia	Verificar que la señalización sea clara y esté en buen estado	Supervisor de Área	Trimestral	% de áreas con señalización adecuada	Reporte de inspección de señalización
Inspección del sistema de control de incendios	Verificar el funcionamiento de las alarmas y controles de incendios	Supervisor de Área	Semestral	% de sistemas funcionales	Reporte de inspección de sistemas

4 CONCLUSIONES

La aplicación del método Prisma facilitó la revisión bibliométrica de la literatura sobre “seguridad contra incendios” y “minimización de riesgo” resultando en un portafolio bibliográfico de 31 artículos científicos seleccionados según criterios de inclusión y exclusión, este proceso fue esencial para elegir técnicas, herramientas, instrumentos y metodologías para la investigación y permitió obtener resultados mediante el análisis de datos cualitativos y cuantitativos, la aplicación de método de evaluación de riesgos y el uso de instrumentos de recolección de datos y las normas internacionales “NFPA”.

Se aplicó un enfoque metodológico mixto con diseño no experimental, descriptivo y correlacional, utilizando una encuesta validada por expertos dirigida a los trabajadores de la empresa, los resultados fueron tabulados y evaluados con el método de Alfa y Cronbach teniendo un índice de 0.84 lo que indica una buena consistencia interna, se evaluó la empresa mediante el Checklist, el método de evaluación de riesgo contra incendios y Acuerdo Ministerial, los resultados mostraron un índice bajo de seguridad contra incendios con un MESERI de 3,98 calificada como riesgo alto “malo” y un incumplimiento del 68% en los requisitos del Acuerdo Ministerial 1257.

La propuesta generó mejoras significativas para la empresa a través de la aplicación de normas NFPA, lo que permitió optimizar el sistema de rociadores y ajustó la capacidad de la cisterna a 94.5 m³, cumpliendo con un 84% del Acuerdo Ministerial 1257, MESERI alcanzó un valor de riesgo de 8 calificada “BUENO”, los resultados fueron validados mediante la prueba t Student siendo una mejora significativa de 4.02, el costo económico es de \$9,958 que generó un VAN de \$320, TIR de 17% y el período de recuperación es de 3 años, 9 meses y 5 días, demostrando la rentabilidad y viabilidad del modelo propuesto.

5 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa ZONAFRIA S.A.S. que adquiera un método de selección de fuentes bibliográficas confiables para desarrollar una revisión de la literatura confiable en el ámbito de la seguridad contra incendios. De esta manera la empresa siempre estará informada sobre las últimas actualizaciones de las normativas, vigencias, instrumentos y metodologías que se puedan adaptar para el desarrollo de un nuevo estudio en el campo de la seguridad. Asegurando que de esta manera el modelo de gestión de seguridad contra incendios esté en constante mejora.

Para diagnosticar debidamente el problema de la empresa es importante adoptar técnicas como la recolección de datos, con instrumentos que hayan sido aceptados y validados previamente, a su vez la recolección de datos y opiniones debe abarcar el mayor número de trabajadores posibles, para así obtener un alto volumen de respuestas, conocer que fallas existen en la empresa y que mejoras normativas respecto a NFPA se pueden adoptar.

Con base en los incumplimientos de normas de seguridad contra incendios en la empresa identificados, se recomienda realizar un plan de acción que contendrá normas específicas de la NFPA para contribuir, argumentar y actualizar el modelo de gestión de seguridad contra incendios. El plan contendrá todos los elementos necesarios que se puedan adoptar y mejorar, ajustando las medidas según sea pertinente, con la finalidad de mantener un entorno de trabajo seguro y minimizar los riesgos de incendio en las áreas de la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

6 BIBLIOGRAFÍAS

- Bhatta, J., Mishra, P., Cook, D., Sattar, S., Barbosa, A. R., & van de Lindt, J. (2025). Seismic Response of Pressurized Full-Scale Fire Sprinkler Piping System in Six-Story Building. *Journal of Earthquake Engineering*. <https://doi.org/10.1080/13632469.2025.2470335>
- Bolaji, J., Qiu, Z., McQuerry, M., & Kwon, C. (2025). US female firefighter anthropometrics versus wildland firefighting protective clothing sizing standards. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/10803548.2025.2492947>
- Caiza, A., & Jefferson, S. (2023). *Diseño de un sistema contra incendio en base a la normativa NFPA, para una fábrica cortadora de papel higiénico industrial y servilletas para uso doméstico*.
- Cheek, C., Austin, E., Richardson, L., Testa, L., Ransolin, N., Francis-Auton, E., Safi, M., Murphy, M., De Los Santos, A., Vukasovic, M., & Clay-Williams, R. (2024). Non-Participant Observations in Experience-Based Codesign: An example using a Case Study Research approach to explore Emergency Department Care. *International Journal of Qualitative Methods*, 23. <https://doi.org/10.1177/16094069241289278>
- Diakow, P. A., Thomas, J. K., Vivanco, E., & Rodriguez, O. (2022). Fireball and flame venting comparisons: Test data, CFD simulations, and industry standard prediction. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 77, 104794. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104794>
- Durocher, D. B., & Domitrovich, T. (2022). Reconditioned Low-Voltage Circuit Breakers: Considering Electrical Safety for Applications in Industry. *IEEE Industry Applications Magazine*, 28(3), 68–81. <https://doi.org/10.1109/MIAS.2021.3115081>
- Edelsbrunner, P. A., Simonsmeier, B. A., & Schneider, M. (2025). The Cronbach's Alpha of Domain-Specific Knowledge Tests Before and After Learning: A Meta-Analysis of Published Studies. *Educational Psychology Review*, 37(1), 1–43. <https://doi.org/10.1007/S10648-024-09982-Y/TABLES/3>
- Floyd, H. L. (2024). Through the Lens of System Safety: The Limitations of a Compliance-Based Safety Culture and Opportunities to Reduce Electrical Injuries. *IEEE Industry Applications Magazine*, 30(3), 12–17. <https://doi.org/10.1109/MIAS.2023.3328504>
- Gao, H., Deaton, A. S., & Barker, R. L. (2023). Using a physiological manikin to evaluate the effect of foam thermal reinforcement in firefighter turnout construction on heat strain. *Journal of the Textile Institute*, 114(5), 737–745. <https://doi.org/10.1080/00405000.2022.2072139>
- Godoy, V. M., Asesorado, P., Renaldo, M. A. I., & Alvarado, G. (2020). *EMPRESA DEDICADA A LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE SEGURIDAD*.
- Hendrickson, B., Gavelli, F., & Piekarcz, J. (2022). ¿Demasiados o no suficientes? Una metodología para evaluar diseños de detectores de incendios y gases en instalaciones de

GNL. *Progreso En La Seguridad Del Proceso*, 41(1), 25–35.
<https://doi.org/10.1002/prs.12281>

- Hoffmann, A. J., Burr, M. T., Swonder, E. M., & Hoffmann, D. J. (2025). Forensic Analysis of Multi-Cell Lithium-Ion Battery Packs Exposed to Flashover Fire Conditions. *Fire Technology*, 61(5), 3705–3718. <https://doi.org/10.1007/s10694-025-01751-9>
- Horn, G. P., Stakes, K., Neumann, D. L., Willi, J. M., Chaffer, R., Weinschenk, C., & Fent, K. W. (2024). Chemical and Thermal Exposure Risks in a Multi Compartment Training Structure. *Fire Technology*, 60(5), 3379–3411. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01578-w>
- Ivanov, E. P. (2025). Modeling Fire Company Staffing to Investigate its Effect on Effective Response Force Times to Structure Fires Using Local Incident Data. *Fire Technology*, 61(2), 857–873. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01642-5>
- Johnson, A. M., Sullivan, P. B., Brady, S. T., & Mullen, S. G. (2025). Evaluating Substations to the NFPA 70B 2023 Standard. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 61(4), 6765–6773. <https://doi.org/10.1109/TIA.2025.3543782>
- Kapahi, A., Alvarez-Rodriguez, A., Kraft, S., Conzen, J., & Lakshmipathy, S. (2023). A CFD based methodology to design an explosion prevention system for Li-ion based battery energy storage system. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 83. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105038>
- Kapahi, A., Alvarez-Rodriguez, A., Lakshmipathy, S., Kraft, S., Conzen, J., Pivarunas, A., Hardy, R., & Hayes, P. (2023a). Performance-based assessment of an explosion prevention system for lithium-ion based energy storage system. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 82, 104998. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.104998>
- KS, V., Sathishkumar, A., Kim, S. C., Sowmya, N., & Arun, A. (2025). Enhancing safety measures in manufacturing facilities: A comprehensive assessment of dust control and explosion mitigation systems. *Process Safety and Environmental Protection*, 201, 107479. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.107479>
- Lauricella, R., Santrach, T. A., & Graham, A. M. (2022). Hazards Associated With Neutral Conductors: A Case Study. *IEEE Industry Applications Magazine*, 28(5), 32–37. <https://doi.org/10.1109/MIAS.2022.3160987>
- Lim, H.-S., Kim, S.-Y., & Jung, J.-L. (2025). Evacuation Safety Analysis of Deep Underground Stations through Evacuation Simulation. *Journal of the Korean Society for Railway*, 28(4), 353–362. <https://doi.org/10.7782/JKSR.2025.28.4.353>
- Loving, C., Mastantuono, G., Rahman, R. K., Kim, G., Vasu, S. S., Pigon, T., Hernandez, A., & Cloyd, S. (2025). Extended Testing of the Auto-Ignition Characteristics of Hydrogen–Natural Gas Mixtures for the Safety of Power Plants. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 147(3). <https://doi.org/10.1115/1.4066702>

- Mantilla Costa, L. E. (2020). Propuesta de mejora del sistema contra incendios aplicando el método Meseri en las galerías parque Duhamel- Arequipa 2019. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3792>
- McPherson, J. (2023). Investigación de ingeniería forense de una lesión relacionada con la protección de una máquina. *Revista de La Academia Nacional de Ingenieros Forenses*, 40(2), 27–31. <https://doi.org/10.51501/jotnafe.v40i2.853>
- McQuerry, M., & Easter, E. (2022). Prácticas de limpieza de ropa de protección personal contra incendios forestales en los Estados Unidos. *Tecnología Contra Incendios*, 58(3), 1667–1688. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01212-z>
- Mistry, B., Mistry, R., Lawrence, W. G., & Dhindsa, A. (2022). Posibles fuentes de ignición y protecciones en máquinas rotativas eléctricas que operan en atmósferas de gases explosivos. *Transacciones IEEE Sobre Aplicaciones Industriales*, 58(3), 3009–3018. <https://doi.org/10.1109/TIA.2022.3159628>
- Mobley, T. (2024). Learn to specify pressure-regulating devices in water-based fire protection. *Consulting-Specifying Engineer*. <https://www.scopus.com/pages/publications/85194970486?origin=resultlist>
- Murphy, M. (2024). So, you cannot vent: A deep dive into other explosion protection methods. *Process Safety Progress*, 43(4), 744–749. <https://doi.org/10.1002/prs.12639>
- Olugbemide, D., & Ryder, N. (2025). CFD analysis of performance-based explosion protection design for battery energy storage systems (BESS). *Fire Safety Journal*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2025.104406>
- Ouache, R., Chhipi-Shrestha, G., Hewage, K., & Sadiq, R. (2025). An integrated fire risk management framework for smart-green multi-unit residential Buildings: Assessment of combustibility, extinguishing strategies, and impact prediction. *Journal of Building Engineering*, 109, 112975. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2025.112975>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery*, 88. <https://doi.org/10.1016/J.IJSU.2021.105906>
- Palenske, G. A., & Ornelas, G. N. (2023). Obstructions and Early Suppression Fast Response Sprinklers. *Fire Technology*, 59(6), 3157–3184. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01205-y>
- Parker, K., & Babrauskas, V. (2024). Validation of NWCG Wildfire Directional Indicators in Test Burns in Coastal California. *Fire*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/fire7010005>

- Pineda, V. G., Valencia-Arias, A., Giraldo, F. E. L., & Zapata-Ochoa, E. A. (2026). Integrating artificial intelligence and quantum computing: A systematic literature review of features and applications. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 7, 26–39. <https://doi.org/10.1016/J.IJCCE.2025.08.002>
- Qian, X. (2023). Evaluation on sustainable development of fire safety management policies in smart cities based on big data. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(9), 17003–17017. <https://doi.org/10.3934/MBE.2023758>
- Qiu, Z., Bolaji, J., McQuerry, M., & Kwon, C. (2025). Anthropometric Evaluation of NFPA 1977 Sizing System for U.S. Female Wildland Firefighters: A Contingency Table Analysis. *Fire*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/fire8070270>
- Regan, J. W. (2021). Caracterización de la tasa de liberación de calor de los combustibles de entrenamiento que cumplen con la norma NFPA 1403. *Tecnología Contra Incendios*, 57(4), 1847–1867. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01092-3>
- Rocha, F.-, Vieira, A., Francos, M., Hidalgo, A., Contreras-Vásquez, L., Nuñez, V., & Paredes-Beltran, B. (2025). Wildfire Risk Assessment in Ambato, Ecuador: Drought Impacts, Fuel Dynamics, and Wildland–Urban Interface Vulnerability. *Fire 2025*, Vol. 8, Page 130, 8(4), 130. <https://doi.org/10.3390/FIRE8040130>
- Rosewater, D. M. (2023). Reducing Risk When Performing Energized Work on Batteries. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 60(2), 2732–2741. <https://doi.org/10.1109/TIA.2023.3332828>
- Rowland, M. R., Chesser, G. D., Linhoss, J. E., Davis, J. D., Campbell, J. C., & Purswell, J. L. (2023). FIELD SURVEY OF ELECTRICAL GROUNDING SYSTEMS ON COMMERCIAL BROILER HOUSES IN MISSISSIPPI AND ALABAMA. *Applied Engineering in Agriculture*, 39(2), 245–249. <https://doi.org/10.13031/aea.15501>
- SE Hughs. (2017). Combustibility Determination for Cotton Gin Dust and Almond Huller Dust. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 23(2), 125–132. <https://doi.org/10.13031/jash.11824>
- Shagar, M., Zeng, Q., Baru, A., Yang, E., & Pishdad, P. (2025). Systematic review of residential indoor environmental quality assessment surveys and the development of an exemplary novel survey identifying and analyzing tool. *Building and Environment*, 284, 113448. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2025.113448>
- Sheng, Y., Luo, Z., Liu, L., Yang, Z., Meng, F., Dong, Z., Zhang, Y., Qu, J., Deng, J., & Wang, T. (2024a). Experimental investigation on the vented flame and pressure behaviour of hydrogen-air mixtures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 92, 105469. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105469>
- Sheng, Y., Luo, Z., Liu, L., Yang, Z., Meng, F., Dong, Z., Zhang, Y., Qu, J., Deng, J., & Wang, T. (2024b). Experimental investigation on the vented flame and pressure behaviour of

- hydrogen-air mixtures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 92, 105469. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105469>
- Siraj, M. T., Debnath, B., Payel, S. B., Bari, A. B. M. M., & Islam, A. R. M. T. (2023). Analysis of the fire risks and mitigation approaches in the apparel manufacturing industry: Implications toward operational safety and sustainability. *Heliyon*, 9(9), e20312. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E20312>
- Sugiarta, R. D., Arofiati, F., & Rosa, E. M. (2023). Validity and Reliability of Research Instruments on the Effect of Motivation on Nurse Performance in Moderation with Nurse Credentials. *JMMR (Jurnal Medicoeticolegal Dan Manajemen Rumah Sakit)*, 12(1), 46–55. <https://doi.org/10.18196/JMMR.V12I1.6>
- Tindal, J. R. (2025). FE Analysis of a Modular Fireplace Fire with an Improperly Constructed Hearth Extension. *Journal of the National Academy of Forensic Engineers*, 42(1), 11–31. <https://doi.org/10.51501/jotnafe.v42i1.970>
- Valdes, M. E., & Cunningham, K. (2024). The New National Fire Protection Association 70B-2023 Standard for Electrical Maintenance: The Major Points and Primary Intent. *IEEE Industry Applications Magazine*, 30(1), 23–33. <https://doi.org/10.1109/MIAS.2023.3325093>
- Villanueva, M. V., & Ahumada-Flos, S. (2025). Salud Mental y Apoyo Psicosocial Durante la Emergencia y Desastre: Incendios Forestales de 2024 en la Región de Valparaíso, Chile. *Revista de Estudios Latinoamericanos Sobre Reducción Del Riesgo de Desastres REDER*, 9(1), 208–216. <https://doi.org/10.55467/REDER.V9I1.174>
- Wade, J. T., Lohar, B., Lippert, K., Cloutier, R., Walker, S., & Olanipekun, O. (2024). A probabilistic analysis of non-military hangar fire protection systems. *Journal of Fire Sciences*, 42(4), 297–313. <https://doi.org/10.1177/07349041241231206>
- Wahyudie, M., Ferdinan, Salampak, & Yulianti, N. (2021). Prevención y gestión de incendios forestales y terrestres: daños ambientales en Kalimantan central, Indonesia. *Revista Internacional de Biología e Ingeniería Biomédica*, 15, 87–91. <https://doi.org/10.46300/91011.2021.15.11>
- Wang, X., Sasangohar, F., Payne, S., & Mehta, R. K. (2024). Safety culture and worker fatigue management in the offshore oil and gas industry: An interview study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 102, 103614. <https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2024.103614>
- Zhang, Y., & Huang, X. (2024). A Review of Tunnel Fire Evacuation Strategies and State-of-the-Art Research in China. *Fire Technology*, 60(2), 859–892. <https://doi.org/10.1007/s10694-022-01357-5>
- Zhao, M., & Barati, M. (2023). Substation Safety Awareness Intelligent Model: Fast Personal Protective Equipment Detection Using GNN Approach. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 59(3), 3142–3150. <https://doi.org/10.1109/TIA.2023.3234515>

Zimak, J., Cuevas, J., Senecal, J., Pierce, J., Penden, F., Puchovsky, M., & Simeoni, A. (2023). Inert gas discharge time effects on full and reduced scale wood crib extinguishing experiments. *Fire Safety Journal*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103781>

7 ANEXOS

Anexo A. Criterios de inclusión y exclusión

Categoría	Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Idioma	Publicaciones en español o inglés.	Estudios en otros idiomas.
Tipo de documento	Artículos científicos	Blogs, noticias, páginas web sin respaldo académico.
Periodo de publicación	Estudios publicados entre 2020 y 2025.	Publicaciones anteriores a 2020, salvo que sean fundamentales o de carácter teórico.
Enfoque temático	Estudios sobre minimización de riesgos de incendios, seguridad contra incendios.	Estudios no relacionados con la seguridad contra incendios o normativas NFPA.
Ubicación geográfica	Investigaciones en contextos similares.	Estudios centrados exclusivamente en industrias de países con contextos distintos.
Relevancia	Que aborden mejoras en el campo de la seguridad industrial, seguridad contra incendios, normativas, etc.	Trabajos que no aporten evidencia o análisis significativo al tema central de investigación.
Accesibilidad	Artículos con acceso completo al contenido.	Publicaciones solo con acceso al resumen o que requieran suscripción sin posibilidad de acceso.

Anexo B. Matriz Referencial de Artículos.

Código	Autor	Propuesta (Título)	Método	Técnica	Instrumento
A1	Hoffmann et al.	Análisis forense de paquetes de baterías de iones de litio de múltiples celdas expuestos a condiciones de incendio flashover	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A2	Olugbemide & Ryder	Análisis CFD del diseño de protección contra explosiones basado en el rendimiento para sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS)	Método NFPA	Simulación CFD	Ficha de registro
A3	Tindal	Análisis de elementos finitos de una chimenea modular con extensión de hogar mal construida	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A4	Qiu et al.	Evaluación antropométrica del sistema de tallas NFPA 1977 para mujeres bomberos forestales de EE. UU.	Análisis de datos	Análisis documental	Ficha de registro
A5	Loving et al.	Pruebas extendidas de autoignición de mezclas de hidrógeno y gas natural para la seguridad de plantas de energía	Método NFPA	Pruebas experimentales	Ficha de registro

A6	Ivanov	Modelado del personal de compañías de bomberos y su efecto en los tiempos de respuesta	Método NFPA	Análisis de datos	Ficha de registro
A7	Bhatta et al.	Respuesta sísmica del sistema de tuberías de rociadores contra incendios en un edificio de seis pisos	Método NFPA	Prueba estructural	Ficha de registro
A8	Bolaji et al.	Antropometría de bomberas estadounidenses vs estándares de tallas de ropa de protección	Análisis de datos	Encuesta	Cuestionario
A9	Johnson et al.	Evaluación de subestaciones conforme al estándar NFPA 70B 2023	Método NFPA	Observación	Check List
A10	Murphy	“Entonces, no puedes ventilar”: análisis profundo de otros métodos de protección contra explosiones	Método NFPA	Análisis documental	Ficha de registro
A11	Horn et al.	Riesgos de exposición química y térmica en una estructura de entrenamiento de bomberos	Método NFPA	Observación	Ficha de registro

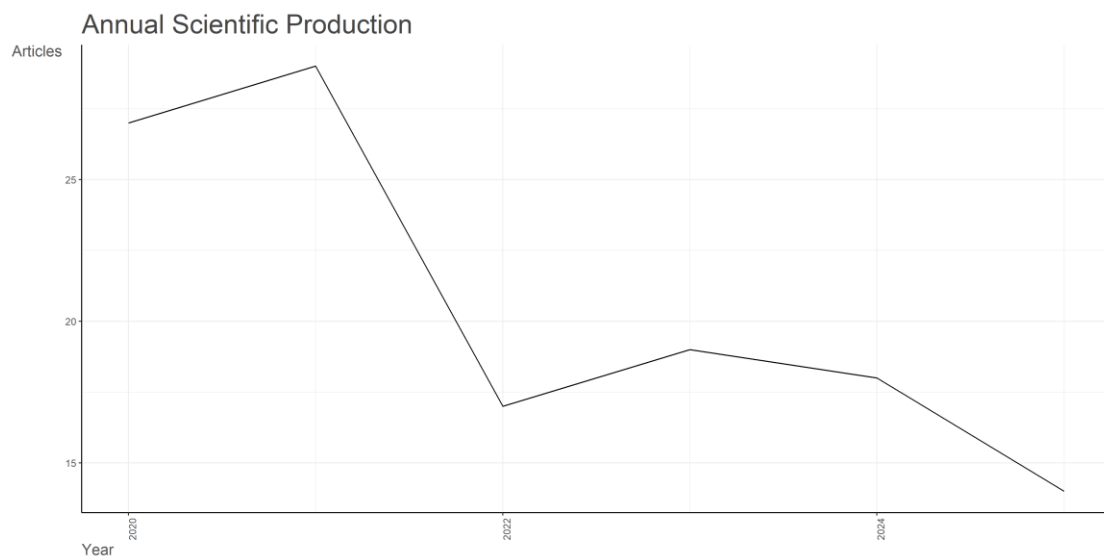
A12	Valdes & Cunningham	El nuevo estándar NFPA 70B-2023 para mantenimiento eléctrico: puntos principales	Revisión normativa	Análisis documental	Ficha de registro
A13	Parker & Babrauskas	Validación de indicadores direccionales de incendios forestales NWCG en California	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A14	Palenske & Ornelas	Obstrucciones y rociadores ESFR (supresión temprana y rápida)	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A15	Zhao & Barati	Modelo inteligente de conciencia de seguridad en subestaciones usando IA	Análisis de datos	Simulación computacional	Ficha de registro
A16	Kapahi, Alvarez-Rodriguez, Kraft, et al.	Evaluación basada en el desempeño de un sistema de prevención de explosiones con baterías de ion-litio	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A17	Rowland et al.	Encuesta de campo de sistemas de puesta a tierra eléctrica en granjas avícolas	Identificación de riesgos	Encuesta	Cuestionario

A18	Rosewater	Reducción del riesgo al realizar trabajos energizados en baterías	Método NFPA	Análisis documental	Ficha de registro
A19	Wade et al.	Análisis probabilístico de sistemas de protección contra incendios en hangares no militares	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A20	Floyd	Limitaciones de una cultura de seguridad basada en el cumplimiento y oportunidades de mejora	Análisis de datos	Análisis documental	Ficha de registro
A21	Gao et al.	Evaluación del refuerzo térmico en trajes de bomberos mediante maniquí fisiológico	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A22	McPherson	Investigación de ingeniería forense sobre una lesión por maquinaria	Método NFPA	Observación	Ficha de registro
A23	Zimak et al.	Efectos del tiempo de descarga de gas inerte en extinción de incendios con madera	Método NFPA	Observación	Ficha de registro

A24	Kapahi, Alvarez-Rodriguez, Lakshmiopathy, et al.	Metodología CFD para prevenir explosiones en sistemas de almacenamiento de baterías	Método NFPA	Simulación CFD	Ficha de registro
A25	Lauricella et al.	Peligros asociados con conductores neutros: estudio de caso	Identificación de riesgos	Observación	Ficha de registro
A26	Durocher & Domitrovich	Interruptores automáticos reacondicionados: consideraciones de seguridad eléctrica	Método NFPA	Observación	Check List
A27	McQuerry & Easter	Prácticas de limpieza de ropa de protección personal contra incendios forestales en los Estados Unidos	Identificación de riesgos	Análisis documental	Ficha de registro
A28	Hendrickson et al.	¿Demasiados o no suficientes? Una metodología para evaluar diseños de detectores de incendios y gases en instalaciones de GNL	Método NFPA / MESERI	Observación	Ficha de registro
A29	Mistry et al.	Posibles fuentes de ignición y protecciones en máquinas rotativas eléctricas que operan en atmósferas de gases explosivos	Identificación de peligros	Observación	Ficha de registro
A30	Regan	Caracterización de la tasa de liberación de calor de los combustibles de entrenamiento que cumplen con la norma NFPA 1403	Método NFPA	Análisis documental	Ficha de registro

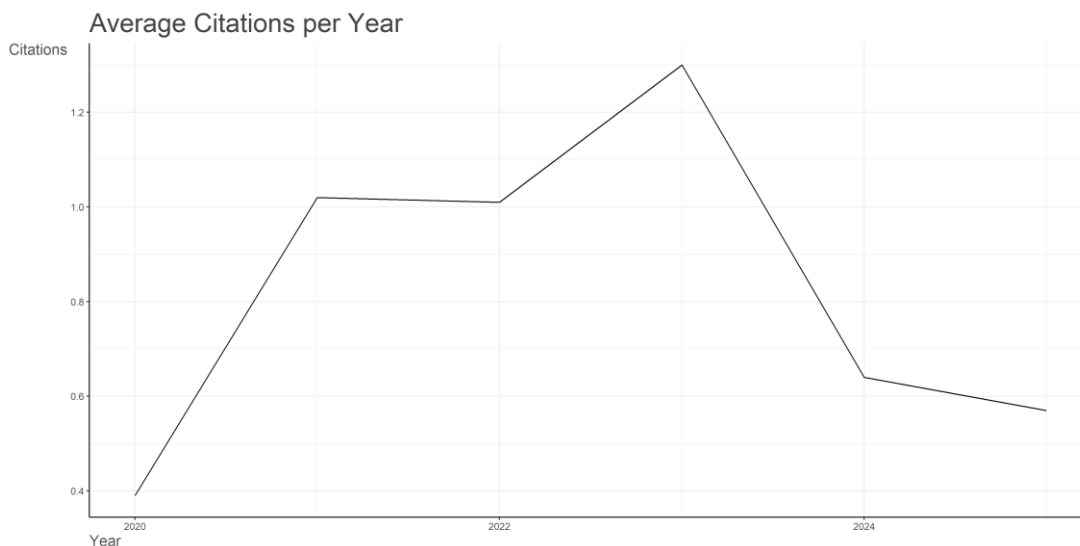
A31	Mobley	Especificación de dispositivos reguladores de presión en sistemas de tuberías verticales	Método NFPA	Observación	Check List
-----	--------	--	-------------	-------------	------------

Anexo C. Producción científica en los últimos años



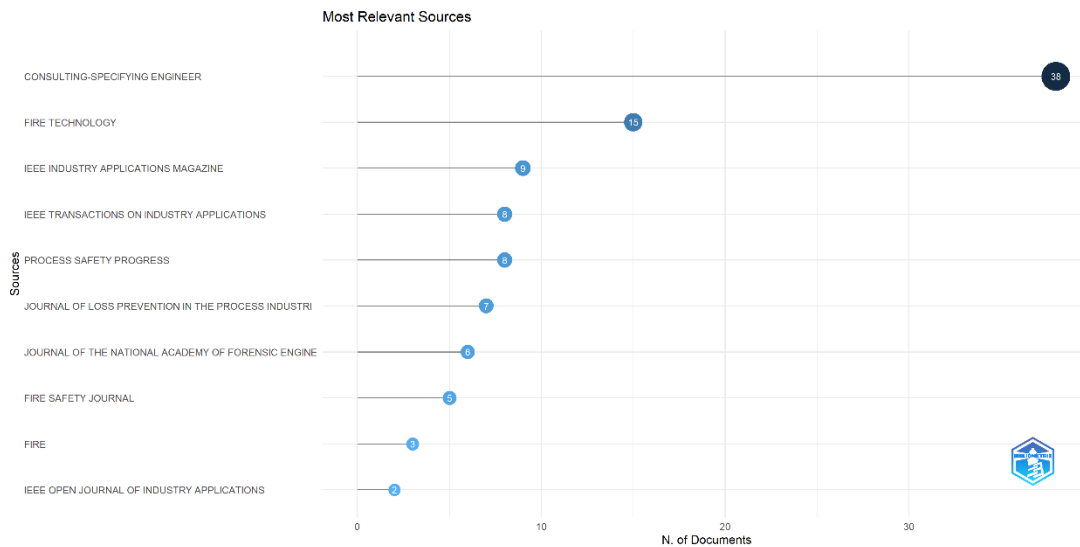
Nota: Elaborado por el autor desde el software Rstudio

Anexo D. Promedio de citas por año



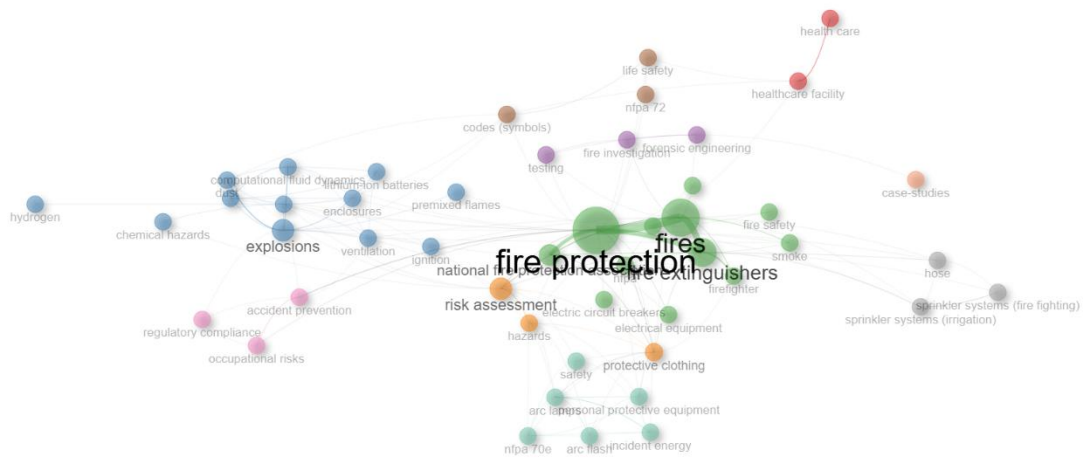
Nota: Elaborado por el autor desde el software Rstudio

Anexo E. Fuentes más relevantes



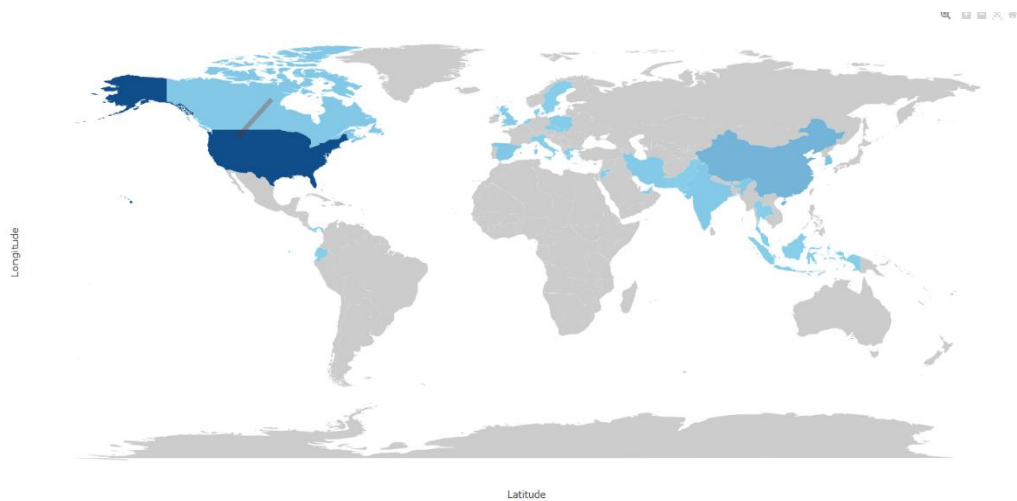
Nota: Elaborado por el autor desde el software Rstudio

Anexo F. Red de Co-ocurrencia



Nota: Elaborado por el autor desde el software Rstudio

Anexo G. Elaboración por países



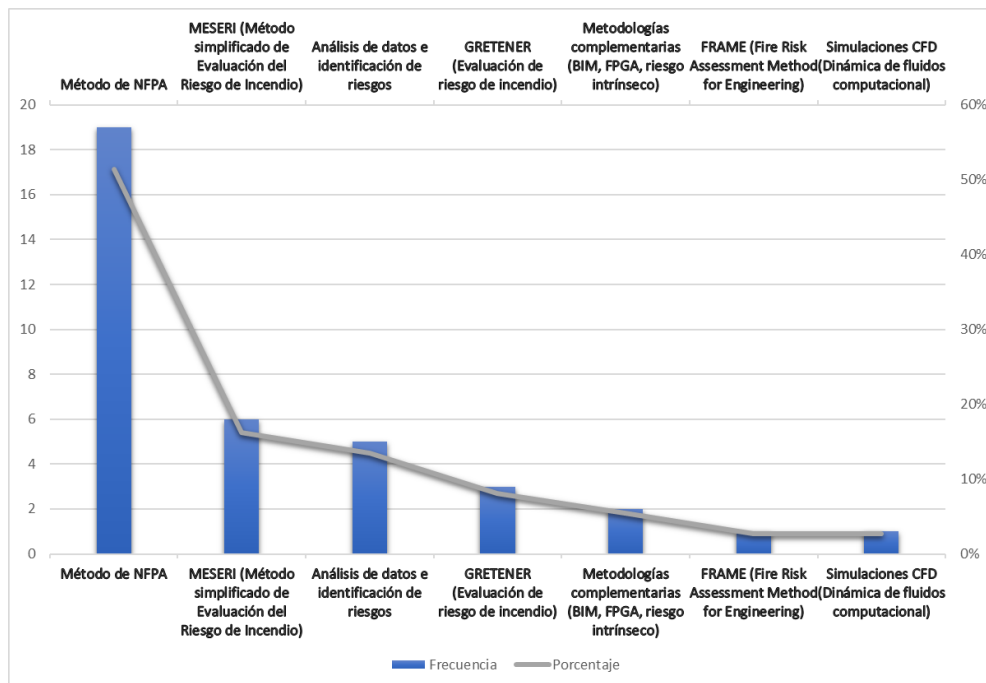
Nota: Elaborado por el autor desde el software Rstudio

Anexo H. Palabras frecuentes



Nota: Elaborado por el autor desde el software Rstudio

Anexo I. Resultado de la revisión Literaria



Nota: Elaborado por el autor

Anexo J. Jerarquización de herramientas

Herramienta / Metodología	Frecuencia	Porcentaje
Método de NFPA	19	51%
MESERI (Método simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio)	6	16%
Análisis de datos e identificación de riesgos	5	14%
GRETENER (Evaluación de riesgo de incendio)	3	8%
Metodologías complementarias (BIM, FPGA, riesgo intrínseco)	2	5%
FRAME (Fire Risk Assessment Method for Engineering)	1	3%
Simulaciones CFD (Dinámica de fluidos computacional)	1	3%



Nota: Elaborado por el autor

Anexo K. Recolección de datos en la empresa ZONAFRÍA S.A.S.



Nota: Recolección de datos por los autores en empresa ZONAFRIA S.A.S.

Anexo L. Cuestionario “Modelo de gestión de seguridad contra incendios”

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL 						
ASUNTO: CONOCER LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA ACTUALMENTE						
Por favor marcar la respuesta que considere pertinente en escala del 1 al 5 conforme a la pregunta realizada.						
TEMA: MODELO DE GESTIÓN DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS BASADO EN NORMAS NFPA PARA MINIMIZAR EL RIESGO PARA LA EMPRESA ZONAFRÍA S.A.S						
No.	PREGUNTAS	RESPUESTA DECLARADA POR ESCALA DE LIKERT				
1	La alarma de incendio suena claramente y en todos los lugares de la planta	1	2	3	4	5
2	Los extintores están en buen estado y al alcance en caso de necesitarse	1	2	3	4	5
3	El sistema de rociadores de agua cubre bien las áreas de trabajo	1	2	3	4	5
4	Se hacen revisiones o pruebas a los equipos contra incendios con regularidad	1	2	3	4	5
5	Las salidas de emergencia están libres y fáciles de usar	1	2	3	4	5
6	Los letreros y señales de emergencia se ven a simple vista y se entienden	1	2	3	4	5
7	Usted conoce usted la probabilidad de incendio en todas las áreas de trabajo	1	2	3	4	5
8	Se da mantenimiento a los equipos eléctricos de manera periódica	1	2	3	4	5
9	Las capacitaciones y simulacros ayudan a saber qué hacer ante situación de incendio	1	2	3	4	5
10	La mayoría de los trabajadores participa en los simulacros	1	2	3	4	5
11	La construcción del lugar (paredes, techos, divisiones) ayuda a que el fuego no se extienda rápido	1	2	3	4	5
12	El camino de acceso a la planta está libre y permite que los bomberos lleguen rápido	1	2	3	4	5
13	Existen hidrantes o puntos de agua cercanos que puedan usar los bomberos	1	2	3	4	5
14	Se controla bien el uso de chispas, cables eléctricos o fuentes de calor en el trabajo	1	2	3	4	5
15	Su área de trabajo se mantiene limpia y sin acumulación de materiales que puedan prenderse fuego	1	2	3	4	5
16	Las máquinas y materiales más importantes están ubicados en zonas seguras	1	2	3	4	5
17	Las medidas actuales protegen bien a los trabajadores contra humo y calor	1	2	3	4	5
18	El humo puede salir de la planta con ventilación o extractores	1	2	3	4	5
19	Usted conoce cómo actuar rápido si se inicia un incendio	1	2	3	4	5
20	Con el tema propuesto (modelo de gestión de seguridad contra incendios), usted considera que el riesgo de incendio sería menor.	1	2	3	4	5

Anexo M. Validación de instrumento de juicio por expertos

Validación de instrumento por experto 1

Nombre del instrumento: Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA para minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Objetivo: Conocer la escala valorativa acerca la gestión de seguridad contra incendios basado en normativa NFPA.

Dirigido a: Trabajadores de la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Apellido y nombre del evaluador: Marco Vinicio Bermeo García.

Profesión: INGENIERO INDUSTRIAL

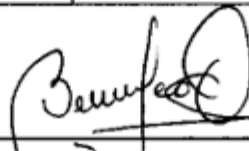
Área de experiencia profesional: Profesional (x) Educativa (x)

Institución donde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena

Tiempo de experiencia profesional: 15 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
✓		



Ing. Marco Vinicio Bermeo García
C.I: 1707326813

Validación de instrumento por experto 2

Nombre del instrumento: Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA para minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Objetivo: Conocer la escala valorativa acerca la gestión de seguridad contra incendios basado en normativa NFPA.

Dirigido a: Trabajadores de la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Apellido y nombre del evaluador: Alejandro Crisostomo Véliz Aguayo.

Profesión: INGENIERO INDUSTRIAL

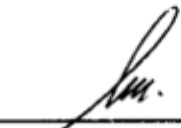
Área de experiencia profesional: Profesional (x) Educativa (x)

Institución donde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena

Tiempo de experiencia profesional: 30 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
✓		



Ing. Alejandro Crisostomo Veliz Aguayo
C.I: 0908182280
Experto 2

Validación de instrumento por experto 3

Nombre del instrumento: Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA para minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Objetivo: Conocer la escala valorativa acerca la gestión de seguridad contra incendios basado en normativa NFPA.

Dirigido a: Trabajadores de la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Apellido y nombre del evaluador: John Enrique Montenegro Carvajal.

Profesión: INGENIERO QUÍMICO.

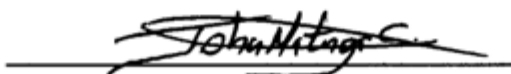
Área de experiencia profesional: Profesional (x) Educativa (x)

Institución donde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena

Tiempo de experiencia profesional: 10 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
✓		



Ing. John Enrique Montenegro Carvajal
C.I: 0969529678

Validación de instrumento por experto 4

Nombre del instrumento: Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA para minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Objetivo: Conocer la escala valorativa acerca la gestión de seguridad contra incendios basado en normativa NFPA.

Dirigido a: Trabajadores de la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Apellido y nombre del evaluador: Víctor Manuel Matías Pillasagua.

Profesión: INGENIERO INDUSTRIAL

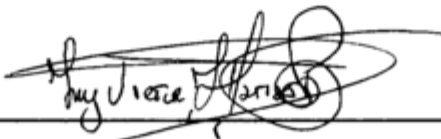
Área de experiencia profesional: Profesional (x) Educativa (x)

Institución donde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena

Tiempo de experiencia profesional: 22 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
✓		



Ing. Víctor Manuel Matías Pillasagua
C.I: 0912164043

Validación de instrumento por experto 5

Nombre del instrumento: Modelo de gestión de seguridad contra incendios basado en normas NFPA para minimizar el riesgo para la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Objetivo: Conocer la escala valorativa acerca la gestión de seguridad contra incendios basado en normativa NFPA.

Dirigido a: Trabajadores de la empresa ZONAFRÍA S.A.S.

Apellido y nombre del evaluador: Richard Edinson Muñoz Bravo.

Profesión: INGENIERO INDUSTRIAL


Área de experiencia profesional: Profesional (x) Educativa (x)

Institución donde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena

Tiempo de experiencia profesional: 15 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		


 Ing. Richard Edinson Muñoz Bravo
 Experto 5

Anexo N. Tabulación de información en software IBM SPSS

ALFA DE CRONBACH.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Pregunta_1	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	13	Derecha	Ordinal	Entrada
2	Pregunta_2	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
3	Pregunta_3	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
4	Pregunta_4	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
5	Pregunta_5	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
6	Pregunta_6	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
7	Pregunta_7	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
8	Pregunta_8	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
9	Pregunta_9	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
10	Pregunta_10	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
11	Pregunta_11	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
12	Pregunta_12	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
13	Pregunta_13	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
14	Pregunta_14	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
15	Pregunta_15	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
16	Pregunta_16	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
17	Pregunta_17	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
18	Pregunta_18	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
19	Pregunta_19	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
20	Pregunta_20	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
21											

ALFA DE CRONBACH.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Pregunta_1	Pregunta_2	Pregunta_3	Pregunta_4	Pregunta_5	Pregunta_6	Pregunta_7	Pregunta_8	Pregunta_9	Pregunta_10	Pregunta_11	Pregunta_12	Pregunta_13	Pregunta_14	Pregunta_15	Pregunta_16	Pregunta_17	Pregunta_18	Pregunta_19	Pregunta_20
1	1	4	2	4	4	1	4	4	1	4	1	4	1	3	4	4	2	1	2	4
2	1	5	1	3	3	3	1	2	1	5	1	1	1	1	4	5	2	1	1	2
3	3	2	4	4	4	3	2	5	4	5	5	1	1	2	2	5	4	5	4	4
4	3	5	4	5	4	3	3	5	5	4	5	1	4	4	3	5	4	3	4	1
5	1	3	1	1	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	1	2	
6	2	2	3	3	2	2	1	1	1	1	3	4	1	2	1	2	1	3	1	
7	5	3	2	1	4	5	4	5	5	3	3	4	2	5	4	4	4	5	4	3
8	5	5	2	3	3	4	1	1	2	1	2	4	3	3	1	2	4	4	2	3
9	5	3	2	3	3	3	3	1	2	3	3	2	3	3	5	3	4	2	4	4
10	4	4	3	2	3	4	1	1	3	3	1	2	2	1	2	2	5	1	1	
11	1	3	3	3	5	5	4	3	5	4	2	1	3	5	5	4	2	2	5	1
12	5	5	5	3	5	4	3	5	3	5	1	5	5	4	5	5	3	5	2	3
13	5	5	2	2	2	4	2	4	3	5	3	3	2	5	2	4	3	2	2	2
14	5	4	2	5	4	5	5	4	5	1	4	5	4	1	4	5	5	3	3	3
15	4	5	5	4	2	1	4	2	3	4	2	2	3	4	5	5	4	2	2	2
16	3	3	1	1	4	2	1	5	2	3	3	2	1	4	4	4	3	1	5	1
17																				
18																				

Nota: Elaborado por el autor desde el software IBM SPSS

Anexo O. Resultado de Alfa de Cronbach en software IBM SPSS

*Resultado1 [Documento1] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Fiabilidad
 - Título
 - Notas
 - Conjunto de datos
 - Escala: ALL VARIABLES
 - Título
 - Resumen de estadísticas de fiabilidad
 - Estadísticas de fiabilidad

Fiabilidad

[ConjuntoDatos1] C:\Users\LUCHO\Documents\UNIVERSIDAD\ANTEPROYECTO Y TESIS\TESIS DOCUMENTOS\TESIS\

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

	N	%
Casos Válidos	16	100,0
Excluido ^a	0	,0
Total	16	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,849	20

Nota: Elaborado por el autor desde el software IBM SPSS