



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

**“PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS
NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA
CANTÓN SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR

METIGA PIGUAVE ABRAHAM DAVID

TUTOR

ING. MONTENEGRO CARVAJAL JOHN ENRIQUE, MGTR

La Libertad, Ecuador

2025

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

TEMA:

“PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO
NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA
ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

METIGA PIGUAVE ABRAHAM DAVID

TUTOR

ING. MONTENEGRO CARVAJAL JOHN ENRIQUE, MGTR

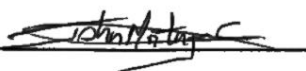
La Libertad, Ecuador

2025

CERTIFICACIÓN

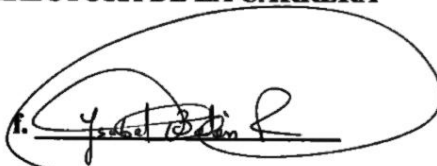
Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Abraham David Metiga Piguave**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR

f. 

Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, Mgtr

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

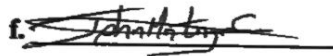
Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío, MSc

La Libertad, a los 08 del mes de diciembre del año 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación **“PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA”** elaborado por **ABRAHAM DAVID METIGA PIGUAVE**, estudiante 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



Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, Mgtr

La Libertad, a los 08 del mes de diciembre del año 2025

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, "PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA", 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 mi total autoría.

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

La Libertad, a los 08 del mes de diciembre del año 2025

AUTOR



f. _____

Metiga Piguave Abraham David

AUTORIZACIÓN

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **"PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 08 del mes de diciembre del año 2025

AUTOR



f. _____

Metiga Piguave Abraham David

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA**” elaborado por **METIGA PIGUAVE ABRAHAM DAVID**, egresado de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 2% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.



ABRAHAM DAVID METIGA PIGUAVE

2%
Textos sospechosos

- 1% Similitudes
- 1% Idiomas no reconocidos
- 1% Textos potencialmente generados por IA

Nombre del documento: ABRAHAM DAVID METIGA PIGUAVE.docx
ID del documento: Bca276504e61672f893c42d194760329ad34127b
Tamaño del documento original: 1.73 MB

Deposante: JOHN ENRIQUE MONTENEGRO CARVAJAL
Fecha de depósito: 5/12/2025
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 5/12/2025

Numero de palabras: 7599
Numero de caracteres: 49221

Ubicación de las similitudes en el documento



Atentamente,

FIRMA DEL TUTOR

f. 

Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, Mgtr

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

VALIDACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

La Libertad, 05 de diciembre del 2025.

CERTIFICO

Que, he realizado la revisión y corrección del Trabajo de Integración Curricular para la obtención del título de Ingeniero Industrial, con el tema: **“PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA”**. Ha sido desarrollado por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial: **ABRAHAM DAVID METIGA PIGUAVE** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Que, el trabajo presenta un dominio formal del lenguaje, con expresión clara, coherencia discursiva y solidez interpretativa. Asimismo, garantizando su adecuación a los estándares académicos y formales requeridos.

Por lo expuesto, se expide el presente certificado para que los interesados lo utilicen ante las instancias que correspondan.

Atentamente,



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.
Magister en Educación Básica
Correo: misabelp1017@gmail.com
C.C: 0605353143
Celular: 0969917044

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, guía y fortaleza, quien ha iluminado mi camino y nos ha brindado la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar este proyecto. Como señala Salmos 32:8, "Te haré entender y te enseñaré el camino en que debes andar; sobre ti fijaré mis ojos", y en Él he encontrado la inspiración para seguir adelante.

Agradezco sinceramente a mis padres, cuyo apoyo incondicional y amor constante han sido fundamentales en mi desarrollo personal y académico. Su confianza y sacrificio me han motivado a superar cada desafío.

También extiendo mi reconocimiento a los docentes, quienes con su dedicación y enseñanza han contribuido significativamente a mi crecimiento intelectual y humano, ayudándome a formar una base sólida para mi futuro profesional.

Finalmente, agradezco a mis amigos, quienes me han acompañado durante este recorrido, brindándome ánimo, comprensión y compañía en los momentos más difíciles y celebrando con cada logro alcanzado.

Metiga Piguave Abraham David

DEDICATORIA

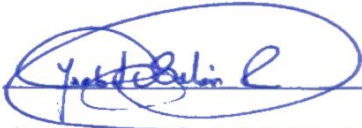
En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, por su orientación, paciencia y compromiso durante todo este proceso. Su experiencia, sus consejos y su disposición para acompañarme en cada etapa fueron fundamentales para dar forma y sentido a este trabajo investigativo. Gracias por guiarme con profesionalismo y por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí.

A mis padres, Joffre Flavio Metiga Pita y Narcisa Maricela Piguave Tigrero, quienes han sido mi más grande motor y la razón por la que he podido llegar hasta aquí. Gracias por su amor incondicional, por su apoyo en cada momento difícil y por creer en mí aun cuando yo misma dudaba. Cada logro alcanzado es también de ustedes, porque han estado firmes a mi lado en cada paso de este camino. A mis amigos, por cada conversación, trabajo en equipo y momento compartido que hicieron esta etapa inolvidable.

Y, por último, a mí, por no rendirme y siempre encontrar la manera de seguir adelante pese a las dificultades.

Metiga Piguave Abraham David

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío, MSc

DIRECTORA DE CARRERA



Ing. Villao Borbor Evelyn Narcisa, Mgtr

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, Mgtr

DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Marco Vinicio Bermeo García, Mgtr.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	III
APROBACIÓN DEL TUTOR	IV
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	V
AUTORIZACIÓN.....	VI
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	VII
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	VIII
AGRADECIMIENTOS.....	IX
DEDICATORIA	X
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	XI
ÍNDICE GENERAL.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLAS DE SÍMBOLO	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO I	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1. Revisión literaria	5
1.2. Estado conceptual.....	12
1.3. Descripción del sistema productivo actual.....	14
CAPÍTULO II	19
MARCO METODOLÓGICO	19
2.1. Método de la investigación	19
2.2. Tipo de investigación	19
2.3. Población y muestra	20
2.4. Método, técnica e instrumento de recolección de los datos.	22
2.5. Diagnóstico de la situación problemática.....	27

CAPÍTULO III	36
MARCO DE RESULTADOS	36
3.1. Alternativas de soluciones.....	36
3.2. Implementación de la propuesta.....	36
3.3. Justificación económica	55
3.4. Justificación ambiental.....	57
3.5. Análisis comparativo.....	58
3.6. Planning de control.....	59
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.	7
Tabla 2. Matriz de artículos relacionados.....	12
Tabla 3. Población de la planta Aguapen EP.	21
Tabla 4. Datos para el cálculo de la muestra.	21
Tabla 5. Muestra de la planta Aguapen EP.	22
Tabla 6. Técnicas de recolección de datos.....	23
Tabla 7. Instrumentos de recolección de datos.	24
Tabla 8. Fiabilidad del instrumento.	27
Tabla 9. Fiabilidad del instrumento.	27
Tabla 10. Matriz de factores internos (MEFI).	28
Tabla 11. Matriz de factores externos (MEFE).	30
Tabla 12. Lista de verificación actual.....	31
Tabla 13. Resultados del método MESERI actual.....	33
Tabla 14. Comparación del sistema actual vs meta.	35
Tabla 15. Elementos generadores de posibles incendios.....	36
Tabla 16. Intervalos de medición de riesgos.	38
Tabla 17. Clasificación de riesgo.....	39
Tabla 18. Tipo de riesgo NFPA 13.....	40
Tabla 19. Cálculo de extintores en base a la NFPA 10.	46
Tabla 20. Cronograma de simulacros contra incendios.....	49
Tabla 21. Lista de verificación propuesto.....	50
Tabla 22. Resultados del método MESERI propuesto.	52
Tabla 23. Presupuesto del proyecto.	55
Tabla 24. Flujo neto de caja.....	56

Tabla 25. Indicadores financieros.....	56
Tabla 26. Comparación del sistema actual vs propuesto.....	58
Tabla 27. Balanced Scorecard.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secuencias del análisis bibliométrico.....	6
Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA.....	8
Figura 3. Palabras claves para el trabajo de investigación.....	9
Figura 4. Países con más aportaciones científicas al estudio.....	10
Figura 5. Relación entre referencia, autor y tema de investigación.....	11
Figura 6. Logo de la empresa Aguapen EP.....	14
Figura 7. Ubicación de la planta potabilizadora.....	15
Figura 8. Organigrama Aguapen EP.....	16
Figura 9. Respuestas a factores de riesgo.....	17
Figura 10. Tipo de investigación.....	19
Figura 11. Etapas de la investigación.....	20
Figura 12. Organización para la recolección de datos.....	23
Figura 13. Variable dependiente.....	25
Figura 14. Variable independiente.....	26
Figura 15. Diagrama FODA.....	28
Figura 16. Cronograma de mantenimiento de rociadores.....	47
Figura 17. Cronograma de mantenimiento de extintores.....	48
Figura 18. Mapa de evacuación de emergencias.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Revisión de la literatura.....	67
Anexo 2. Matriz de validación de expertos.....	70
Anexo 3. Resultados de la encuesta.....	77
Anexo 3. Criterios de fiabilidad.....	85
Anexo 4. Clasificación de fuegos.....	85
Anexo 5. Elaboración de checklist.....	86
Anexo 6. Tabla de resultados MESERI.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLAS DE SÍMBOLO

MESERI:	Método simplificado de evaluación de riesgos de incendio.
OHSAS:	Occupational health and safety assessment series.
SGSST:	Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
NFPA:	National Fire Protection Association.
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana.
PRISMA:	Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses.
SCP:	Publicaciones de un solo país.
MCP:	Colaboraciones entre países.
FODA:	Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
MEFI:	Matriz factores internos.
MEFE:	Matriz factores externos.
VAN:	Valor actual neto.
TIR:	Tasa interna de retorno.
B/C:	Costo beneficio.
PB:	Periodo de recuperación.
SPSS:	Statistical package for the social sciences.
EP:	Empresa pública.
BSC:	Balanced Scorecard.

“PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA”

Autor: Metiga Piguave Abraham David

Tutor: Ing. Montenegro Carvajal John Enrique

RESUMEN

Los sistemas de gestión de salud y seguridad en el trabajo han consolidado su posición a nivel mundial como la base de mejora en las condiciones laborales, la productividad y la rentabilidad de las organizaciones, por ende, un sistema contra incendios de acuerdo con las normativas NFPA tiene la finalidad de mejorar la seguridad de la empresa Aguapen EP. En el primer capítulo se efectuó una revisión sistemática de la literatura que mostró la posibilidad de analizar los principales fundamentos técnicos y normativos internacionales necesarios y aplicables a la protección contra incendios. Se verificó que fue necesaria la implementación de sistemas de detección, control e implementar capacitaciones ajustadas a las condiciones de la empresa. El segundo capítulo tuvo el objetivo de construir una metodología mixta, de enfoque cualitativo y cuantitativo, de tipo no experimental y transversal, y para ello se implementaron encuestas, MESERI y checklist para el diagnóstico de la situación del sistema actual. Los resultados permitieron verificar deficiencias relacionadas a la capacitación del personal, el mantenimiento y la cobertura del sistema. Por último, se presentó la propuesta a partir de lo cual se realizó la identificación de riesgos por áreas, el diseño de un sistema de rociadores, la determinación del número de extintores por zonas, y la construcción de cronogramas de mantenimiento y de capacitación. La propuesta está dirigida a promover la cultura preventiva y adecuar a Aguapen EP a los estándares internacionales de seguridad propuestos por la NFPA.

Palabras claves: *sistema de gestión, NFPA, sistema contra incendios, prevención, capacitación, MESERI, checklist*

“FIRE SYSTEM PROPOSAL APPLYING NFPA STANDARDS AT AGUAPEN. EP.,
ATAHUALPA PLANT, SANTA ELENA CANTON”

Author: Metiga Piguave Abraham David

Tutor: Ing. Montenegro Carvajal John Enrique

ABSTRACT

Occupational health and safety management systems have consolidated their position worldwide as the basis for improving working conditions, productivity, and profitability of organizations. Therefore, a fire protection system in accordance with NFPA standards aims to improve the safety of Aguapen EP. In the first chapter, a systematic literature review was conducted, demonstrating the possibility of analyzing the main technical foundations and international regulations necessary and applicable to fire protection. It was verified that the implementation of detection and control systems is necessary, as well as implementing training tailored to the company's conditions. The second chapter aimed to construct a mixed methodology, with a qualitative and quantitative approach, of a non-experimental and cross-sectional nature. To this end, surveys, monitoring, and checklists were implemented to diagnose the current system status. The results allowed us to verify deficiencies related to staff training, maintenance, and system coverage. Finally, the proposal was presented, based on which risks were identified by area, a sprinkler system was designed, the number of fire extinguishers per area was determined, and maintenance and training schedules were developed. The proposal aims to promote a culture of prevention and align Aguapen EP with the international safety standards proposed by the NFPA.

Keywords: *management system, NFPA, fire system, prevention, training, MESERI, checklist.*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST) han consolidado su posición a nivel mundial como la base de mejora en las condiciones laborales, la productividad y la rentabilidad de las organizaciones. Numerosas entidades públicas y no gubernamentales han elaborado y adoptado metodologías con líneas de acción comunes para la gestión de la salud y seguridad en el trabajo, con la coherencia de una acción preventiva y proactiva (Rodríguez-Rincón et al., 2023).

La norma OHSAS 18001 es flexible para ser incorporada con otras normas y se centra en el establecimiento sistemático de un procedimiento para la identificación de peligros, la evaluación y el control de riesgos, y su posterior gestión. En este enfoque, la participación de todos los integrantes de la organización, especialmente de la alta dirección, es fundamental y constituye una condición indispensable para su éxito. Esta perspectiva, de alcance internacional, destaca la necesidad de un pensamiento de seguridad adecuado y coherente, el cual sienta las bases para el desarrollo de normativas de seguridad a nivel internacional, regional y nacional.

En base a estos parámetros internacionales Ecuador ha experimentado un progreso de manera positiva fortaleciendo su legislación en seguridad y salud en el trabajo; desde el 2005 el país ha adoptado varios tratados internacionales los cuales han permitido modificar la legislación nacional para proteger el derecho de los empleados. La Constitución del año 2008 en el artículo 326, numeral 5 reconoce el derecho de una persona a desarrollar actividades laborales en un entorno que sea propio para su integridad, seguridad y salud. Como resultado, se obtuvo la aprobación de normativas tales como la resolución 333 de 2010, la cual crea el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo (SART), y la resolución 390 de 2011, que modula la obligación de la puesta en marcha del SGSST bajo la dirección de la autoridad competente (Rodríguez-Rincón et al., 2023). Parte de dicho marco regulatorio se consolida con el “modelo Ecuador” del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), referente a la prevención de riesgos laborales, dicho modelo ha sido referencia en la normativa andina a la seguridad y salud.

Por ende, la situación en base a las normas no indica una aplicación totalmente eficaz en los sistemas de seguridad en las instituciones públicas del país, representando retos y vacíos en investigaciones del sector como prevención de incendios. Un caso de estos fue el centro de salud del parque industrial (CSPI) en Riobamba el cual no poseía un estudio técnico de seguridad ni un plan de contingencia ante cualquier emergencia que se presentara; la ausencia

dejo al personal sin los recursos ni la preparación para enfrentar cualquier evento. Un análisis preliminar demostró que el 33 % de los riesgos laborales en esta unidad generaban inseguridad entre los trabajadores. Esta situación ha dejado al personal sin los medios y la capacitación necesaria frente a circunstancias adversas. Recientes estudios también ponen de manifiesto el escaso avance en la producción investigativa (Ávila-Coello, 2024).

La actividad industrial ha comenzado a adoptar con mayor conciencia prácticas orientadas a la seguridad y la prevención de riesgos, aunque aún persisten desafíos importantes, especialmente en regiones con desarrollo intermedio (Quezada et al., 2024). La provincia de Santa Elena, por ejemplo, ha experimentado un crecimiento significativo en su infraestructura de servicios públicos, pero muchas de sus instalaciones aún operan con condiciones técnicas limitadas frente a eventos como incendios (Jacqueline & Antonio, 2024), como en el caso de la estación de bombeo de aguas residuales ubicada en el sector de La Libertad, operada por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad, no cuenta con un sistema fijo de detección ni supresión automática de fuego, a pesar de trabajar con equipos eléctricos de alta potencia y ambientes cerrados con riesgo de acumulación de gases. La falta de protección integral y escasos parámetros de modernidad en los equipos y edificaciones podrían representar riesgos que afectan no únicamente la operatividad de los sistemas, sino la integridad de los colaboradores, así como la protección y bienestar de las comunidades que dependen de la continuidad de esos servicios.

Aguapen EP es responsable por la provisión y tratamiento de agua en la provincia. En instalaciones como la planta de la parroquia Atahualpa, se han detectado y documentado casos en que la falta de sistemas de protección contra incendios se ha convertido en problemas críticos que demandan atención urgente. El personal se encuentra comprometido y la planta se opera de forma continua, no obstante, a la falta de un sistema vigente, normado y de prevención de incendios se expone a riesgos graves el equipo y el personal que asegura el acceso al agua potable todos los días.

La seguridad contra incendios dentro de la industria sigue siendo un problema preocupante, incluso en países con los marcos legales más avanzados en materia de seguridad (Planas et al., 2023). Por ejemplo, en América Latina, los desafíos se agravan por la limitada aplicabilidad de las normas internacionales, la falta de inversión en medidas preventivas y la ausencia de capacitación del personal, factores que amplifican la vulnerabilidad de la región. (Lara et al., 2022). En Ecuador, y de manera particular en la provincia de Santa Elena, varias

instalaciones aún dependen únicamente de medidas básicas como extintores portátiles, sin contar con sistemas fijos que garanticen una protección integral (Yazir, 2022). Esta situación también se refleja en la planta de tratamiento de agua de Aguapen EP, donde, pese al compromiso operativo del personal, la ausencia de un sistema adecuado de protección contra incendios mantiene expuestos a los trabajadores, a la infraestructura y al servicio esencial que se brinda a la comunidad.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo afecta la ausencia de un sistema contra incendios conforme a normas NFPA en la Empresa Aguapen EP en la seguridad operativa?

JUSTIFICACIÓN

Implementar un sistema contra incendios bajo estándares internacionales es fundamental para garantizar la integridad de las personas, la continuidad operativa y la protección del entorno en instalaciones de alto valor público. En el aspecto teórico, se fundamenta en la aplicación de normativas internacionales como las de la National Fire Protection Association (NFPA), que proporcionan lineamientos sólidos en cuanto al diseño, operación y mantenimiento de sistemas contra incendios. Para ello es indispensable que se entregue la metodología MESERI como herramienta de diagnóstico, proporcionando un marco conceptual y técnico que profundizó en la comprensión de los riesgos asociados con las instalaciones industriales. Desde el punto de vista práctico, la aplicación de un sistema de protección contra incendios basado en estas normas asegura: la funcionalidad de la infraestructura, la protección activa y segura de recursos críticos como el agua potable y la continuidad operativa. Además, la parte social de la investigación busca la preservación de la vida de los trabajadores, la protección de los ciudadanos que dependen del servicio, la confianza social en la gestión responsable de los recursos públicos, y el servicio público del sistema de protección contra incendios y el propio sistema de protección del servicio de bomberos. También aborda el Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 9: Industria, Innovación e Infraestructura al promover instalaciones seguras, resilientes y sostenibles. Por último, en el aspecto metodológico, el estudio adquiere una importancia considerable al utilizar un enfoque de evaluación objetiva, empleando la metodología MESERI que no se basa en decisiones arbitrarias o improvisadas para identificar, analizar y priorizar riesgos cualitativamente.

En conjunto, estas dimensiones demuestran que la investigación no solo aporta conocimiento académico, sino también soluciones prácticas, humanas y responsables para garantizar la seguridad y sostenibilidad de la planta de tratamiento de agua de Aguapen EP.

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar una propuesta de sistema contra incendios adecuado aplicando normativas NFPA en la empresa Aguapen EP, planta Atahualpa cantón Santa Elena.

Objetivos específicos

OE1. Analizar los aportes teóricos, normativos y metodológicos sobre seguridad contra incendios en instalaciones industriales mediante la revisión de estudios previos y herramientas de evaluación, estableciendo una base conceptual sólida que sustente las variables de estudio.

OE2. Evaluar el sistema de detección y protección contra incendios mediante inspecciones técnicas, la comparación con los lineamientos de las normas NFPA y la aplicación del método MESERI, garantizando la seguridad operativa y la protección de los recursos esenciales.

OE3. Proponer un diseño integral de sistema contra incendio por medio de cálculos, dimensionamientos y distribución estratégica de equipos con base a las normas NFPA, asegurando la protección efectiva de las instalaciones.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Antecedentes investigativos

En los últimos años, la seguridad industrial ha adquirido una importancia creciente a nivel global, especialmente a los riesgos asociados a incendios a infraestructuras expuestas a situaciones críticas (Quezada et al., 2024). En España, se ha desarrollado e implementado sistemas avanzados de protección contra incendios, basándose en normativas técnicas rigurosas como las establecidas por la National Fire Protection Association (NFPA). Esta regulación no solo permite orientar el diseño e instalación de sistemas eficientes, sino que también fomenta una cultura preventiva direccionada en salvaguardar la vida humana, proteger los recursos y garantizar la continuidad de los servicios esenciales.

Sin embargo, pese a los avances tecnológicos, aún persisten brechas en varias regiones de Europa, donde ciertos sectores industriales operan con instalaciones desactualizadas o sin las adaptaciones necesarias (Zaccarelli, 2021). En Rumania, se han registrado incidentes en plantas fabriles y centros de procesamiento en los que la falta de mantenimiento o el incumplimiento normativo ha derivado en emergencias de alto impacto (Chirileasa, 2021). Estos casos demuestran que fortalecer los sistemas contra incendios no es únicamente un aspecto técnico, sino una necesidad estratégica para garantizar la seguridad operativa y la sostenibilidad industrial.

La industria en América Latina ha experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años. Países como Colombia prevén mejoras significativas en sectores como alimentos y bebidas, tratamiento de agua, manufactura o minería. Sin embargo, este desarrollo no ha estado siempre acompañado por avances equivalentes en infraestructura o seguridad operacional (Carrillo et al., 2022). Un incendio ocurrido en 2021 en una planta procesadora de alimentos del Perú ejemplifica lo anterior, ya que la falta de un sistema automático de detección y control permitió que el fuego se propagara (Moreno et al., 2024). Situaciones como esta resaltan la urgencia de adoptar normativas técnicas internacionales, como las propuestas por la NFPA, que permitan diseñar sistemas de protección ajustados a las características y riesgos específicos de cada instalación.

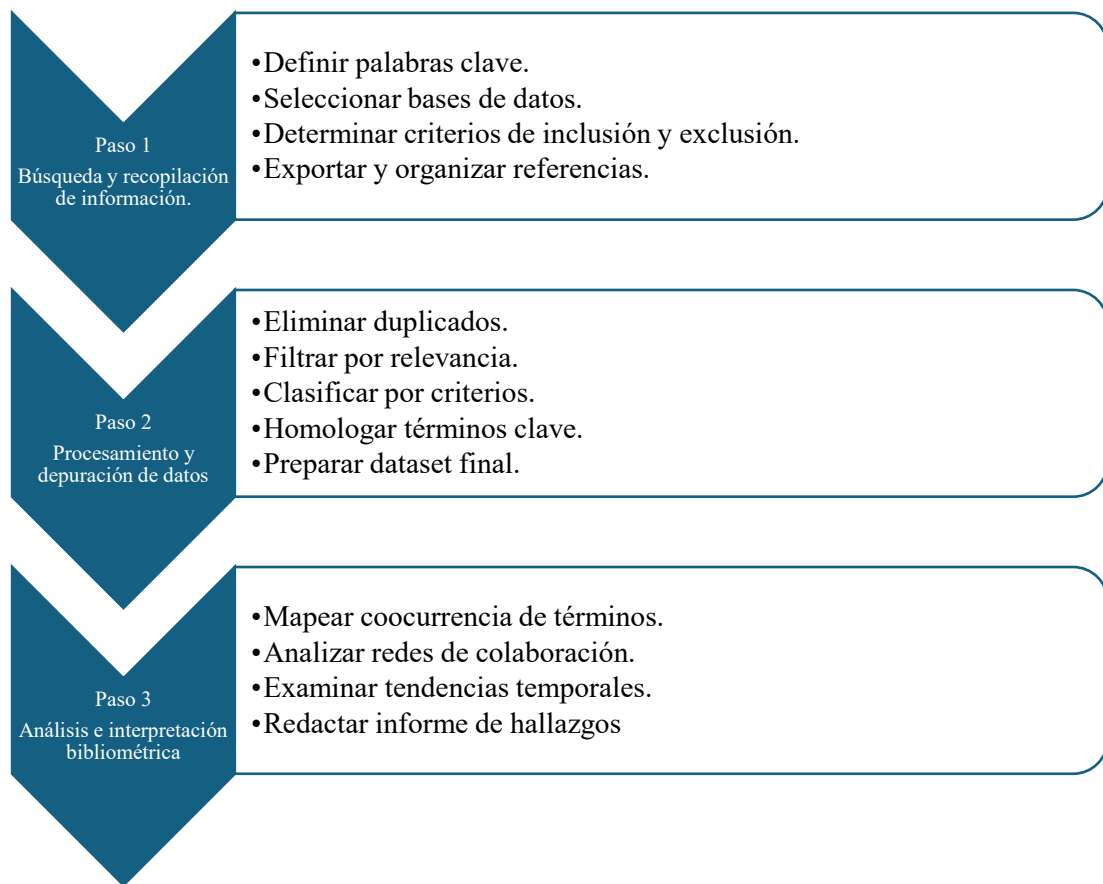
1.1.Revisión literaria

Este enfoque metodológico facilita el análisis y la comprensión del estado actual del conocimiento sobre la temática, al combinar un estudio bibliométrico con una revisión

sistemática. Por lo que, permite identificar tendencias, publicaciones relevantes y relaciones conceptuales mediante el análisis de coocurrencia de palabras clave con Bibliometrix, además de reconocer las principales conexiones y desafíos presentes en la investigación sobre sistemas contra incendios.

Tal como se describe en la Figura 1, las secuencias adaptadas al análisis bibliométrico detallado con anterioridad.

Figura 1.
Secuencias del análisis bibliométrico.



Nota. Elaborado por el autor en base a (Garcés & Bastías, 2024).

1.1.1. Paso I: Búsqueda y recopilación de información

A. Definir palabras clave

La información que se recopiló se realizó en base a los siguientes términos principales: fire protection systems, fire prevention, NFPA standards, industrial safety, fire risk assessment, MESERI method, industrial facilities, water treatment plants, junto con sus respectivas traducciones y sinónimos: sistemas contra incendios, prevención de incendios, normas NFPA, seguridad industrial, evaluación de riesgo de incendio, método MESERI, plantas industriales,

planta de tratamiento de agua. Los términos mencionados en el texto conforman la base conceptual imprescindible para analizar y estudiar los sistemas de protección y prevención de incendios, sobre todo dentro de instalaciones industriales o de planta de tratamiento de agua. La aplicación de normas de la NFPA junto con el método MESERI sirven para evaluar el riesgo de incendio, ya que es indispensable para asegurar la protección industrial, el cual permite manejar los riesgos de este tipo de ambientes.

B. Selección de las bases de datos

La selección de las bases de datos para esta investigación se fundamentó en la pertinencia temática del estudio, por lo que se optó por las siguientes: Scopus, una base de datos multidisciplinaria que incorpora diversos ámbitos de conocimiento, y Dimensions, que es una base de datos que proporciona acceso a los artículos más importantes en materia de ingeniería y prevención de riesgos.

C. Determinar criterios de inclusión y exclusión

En la Tabla 1 se muestran los criterios de inclusión y exclusión que se aplicaron en la selección de las publicaciones en el marco del análisis bibliométrico.

Tabla 1.
Criterios de inclusión y exclusión.

Incluir	Excluir
Publicaciones desde 2020 en adelante.	Publicaciones previo al 2020
Idiomas: inglés y español.	Publicaciones sin texto completo disponible.
Artículos revisados por pares o reportes técnicos con validez científica.	Documentos sin respaldo científico o no revisados por pares.
Estudios que aborden sistemas contra incendios en entornos industriales o plantas de tratamiento.	Estudios relacionados con otras áreas no vinculadas directamente a sistemas contra incendios industriales.

Nota. Elaborado por el autor.

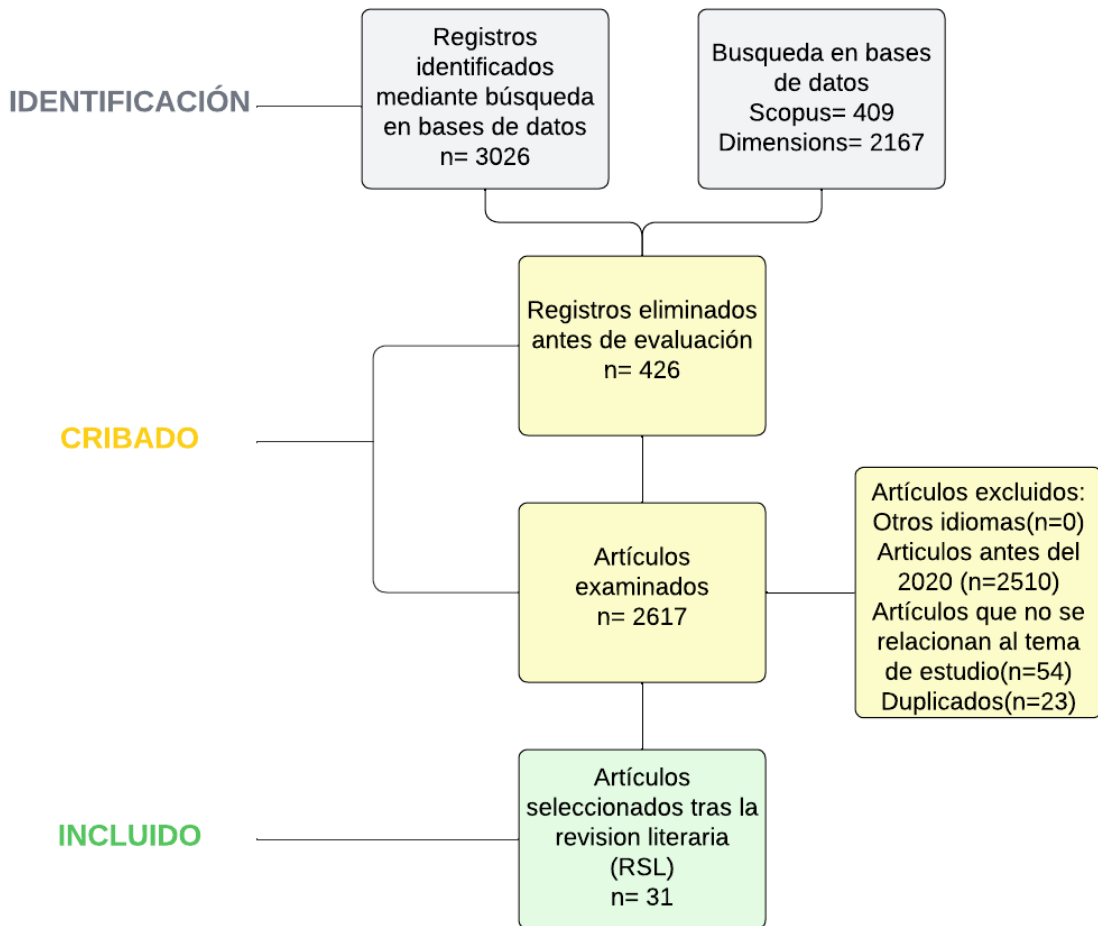
D. Exportar y organizar referencias.

Para esta etapa se utilizó el gestor bibliográfico Mendeley, las referencias se exportaron desde las bases de datos Scopus, y Dimensions, posteriormente se organizaron en carpetas clasificadas por año de publicación, facilitando así el manejo y análisis sistemático de la información recopilada.

1.1.2. Paso II: Procesamiento y depuración de datos

Se procede a utilizar el método PRISMA, para el procesamiento de la información obtenida en las bases de datos, donde mediante criterios de inclusión y exclusión se selecciona los artículos con los que se va a trabajar en la investigación.

Figura 2.
Diagrama de flujo PRISMA.



Nota. Elaborado por el autor

a. Homologar términos clave

En esta etapa se unificaron y estandarizaron los términos clave utilizados en la búsqueda bibliográfica para mantener coherencia a lo largo de toda la información recopilada. Se establecieron equivalencias entre palabras en inglés y español, así como entre sinónimos y variaciones frecuentes, con el fin de evitar duplicidades y asegurar una correcta indexación de

los documentos. Como el Fire Protection Systems que se equiparó a sistemas contra incendios, y Fire Prevention a prevención de incendios.

b. Preparar dataset final

Con los artículos depurados y los términos claves homologados, se procedió a conformar el dataset final, compuesto por 30 publicaciones seleccionadas. Cada registro incluyó metadatos esenciales como título, autores, año de publicación, país, palabras clave y fuente. Se organizó en un formato compatible con herramientas de análisis bibliométrico, asegurando su trazabilidad y facilidad de uso para la siguiente etapa del estudio.

Paso III: Análisis e interpretación bibliométrica

a.- Mapear coocurrencia de términos.

En esta etapa se analizó la frecuencia y relación entre los términos clave presentes en el dataset final, mediante un mapeo de coocurrencia. Se emplearon herramientas de análisis bibliométrico, como Bibliometrix, para generar redes visuales, a continuación, en la Figura 3 se detalla las palabras claves del análisis bibliométrico.

Figura 3.

Palabras claves para el trabajo de investigación.



Nota. Elaborado por el autor, basado en el software Bibliometrix.

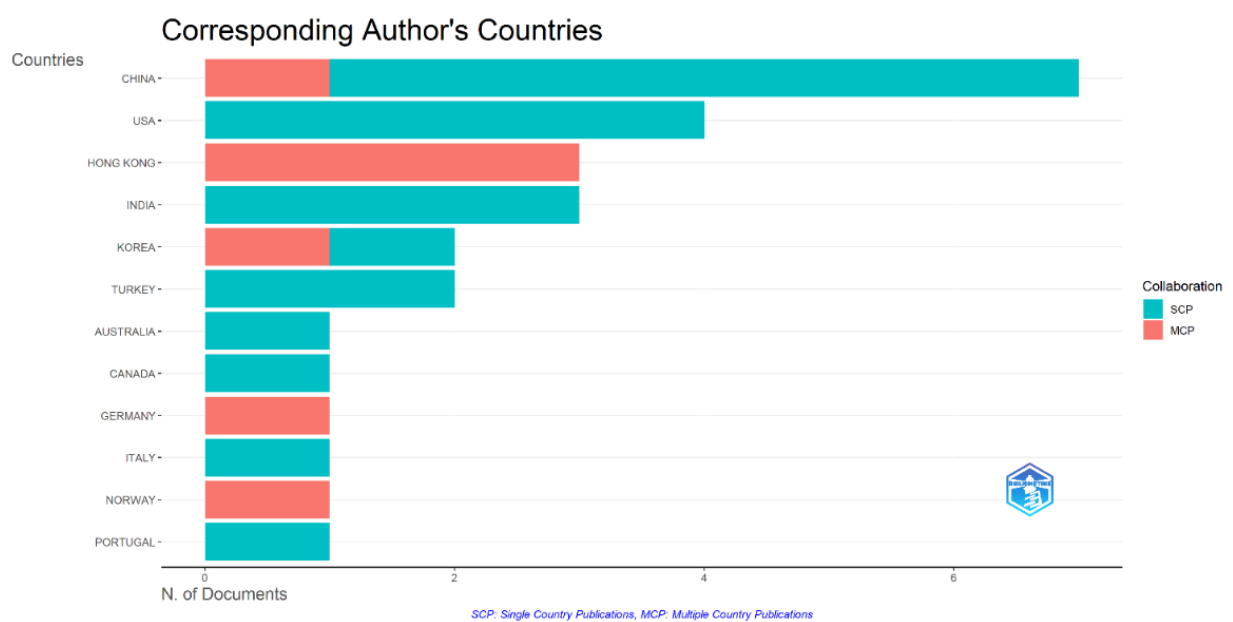
A partir de la información procesada se configuraron tres clústeres principales (azul, rojo y verde), cada uno de ellos representando uno de los enfoques en que se divide la investigación: comportamiento del fuego, las tecnologías de extinción y las estrategias para la gestión del riesgo. Este enfoque establece la relación entre la investigación técnico-normativa y la operativo-técnica, revelando sinergias temáticas clave. Sirve, así como una herramienta

para guiar revisiones sistemáticas, fundamentar decisiones en políticas de seguridad contra incendios y garantizar la correcta interpretación y contextualización de la información.

b.- Analizar redes de colaboración

Se examinó la estructura de colaboración entre naciones a partir de las publicaciones del dataset final por medio de Bibliometrix y el análisis de metadatos, para medir intensidad de las conexiones internacionales en el estudio de sistemas contra incendios en entornos industriales.

Figura 4.
Países con más aportaciones científicas al estudio.



Nota. Elaborado por el autor en base al software Bibliometrix.

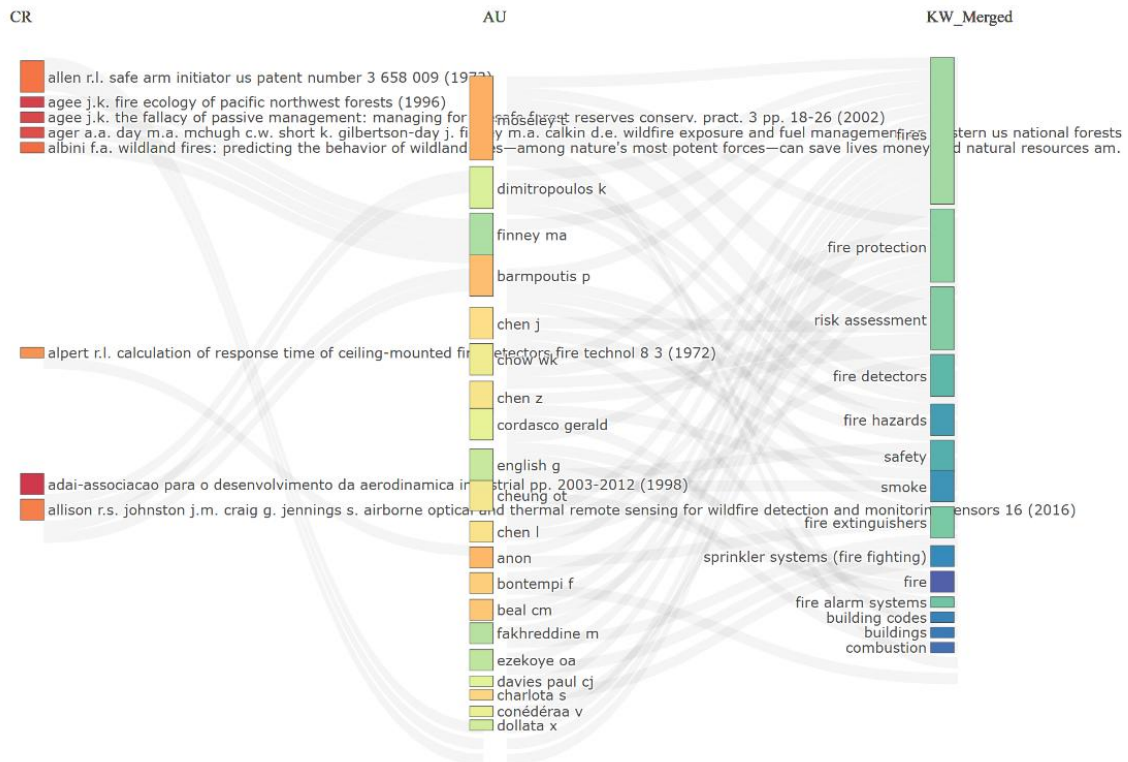
El número de documentos publicados por autores de correspondencia de diferentes países, diferenciando entre publicaciones de un solo país (SCP) y colaboraciones internacionales (MCP). China lidera el ranking de mayor producción científica, seguida por Estados Unidos y Hong Kong, lo que muestra su dominio en investigación. La relación entre SCP y MCP indica el nivel de internacionalización: naciones como China e India presentan una sólida producción interna, mientras que otras como Canadá, Alemania y Australia muestran una mayor disposición hacia colaboraciones globales.

c.- Examinar relaciones entre referencias, autores y tema de investigación

Se procedió a evaluar la relación entre tres elementos fundamentales en un conjunto de datos bibliométrico: citas, referencias y autores, con la finalidad de mostrar que las

publicaciones citadas se vinculen y sean asociadas con el tema de estudio, por ende, se elaboró un diagrama Sankey como se puede observar en la Figura 5.

Figura 5.
Relación entre referencia, autor y tema de investigación.



Nota. Elaborado por el autor, basado en el software Bibliometrix.

Los resultados también pudieron visualizarse mediante diferentes módulos como la coocurrencia de palabras claves, el mapa temático y un análisis de tipo factorial. Estas opciones ofrecen la posibilidad de explorar cómo conectan los distintos componentes del corpus bibliográfico y permiten identificar cuáles son las líneas de investigación más fuertes o predominantes.

d.- Redactar informe de hallazgos

Para presentar los hallazgos se elaboró una matriz de análisis que resume la información más relevante de los artículos seleccionados. Su propósito fue facilitar la comparación y el análisis cruzado entre estudios, permitiendo detectar patrones en las metodologías, las técnicas más empleadas y el enfoque general de las investigaciones, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.
Matriz de artículos relacionados.

Título	Autor	Metodología	Técnica
Evaluación de riesgo de incendio en plantas industriales.	Martínez, Pérez & Rodríguez (2020)	Cuantitativa descriptiva.	Analítica.
Implementación de sistemas contra incendios NFPA.	Gutiérrez & Herrera (2021)	Cualitativa descriptiva.	Observación directa.
Fire prevention in industrial facilities.	National Fire Protection Association (2022)	Documental.	Descriptiva.
Aplicación del método MESERI en plantas de tratamiento.	López, Andrade & Torres (2019)	Mixta.	Analítica y observación directa.
Tendencias en seguridad industrial 2010–2022.	Ramírez & Salazar (2022)	Bibliométrica.	Descriptiva.

Nota. Elaborado por el autor.

1.2.Estado conceptual

Sistemas contra incendios

Es un conjunto integrado de dispositivos, equipos y procedimientos diseñados para detectar, controlar y extinguir incendios en instalaciones industriales, garantizando la protección de personas y bienes (Bilson et al., 2025).

Prevención de incendios

Son acciones y medidas preventivas orientadas a evitar la ocurrencia de incendios mediante la reducción de factores de riesgo, el mantenimiento preventivo y la capacitación del personal (Medina Pérez & Medina Gavidia, 2024).

Normas NFPA:

Son reglamentos técnicos emitidos por la National Fire Protection Association que establecen criterios de diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios (Ho et al., 2025).

Evaluación de riesgo de incendio

Es un proceso sistemático de identificación, análisis y priorización de los riesgos de incendio, utilizado para planificar e implementar medidas preventivas y correctivas (Papazoglou et al., 2026).

Método MESERI:

Herramienta de evaluación cuantitativa del riesgo de incendio en instalaciones industriales, que pondera factores constructivos, de operación y de protección para asignar un índice de riesgo (Alulema et al., 2020).

Seguridad industrial

Conjunto de políticas, normas y prácticas que buscan prevenir accidentes, daños y pérdidas en entornos productivos, incluyendo la gestión de riesgos de incendio (Kaniewski, 2025).

Plantas industriales

Instalaciones dedicadas a procesos de producción o transformación de bienes, que requieren sistemas especializados de protección contra incendios debido a los materiales y operaciones que manejan (Nazir et al., 2015).

Plantas de tratamiento de agua

Infraestructuras destinadas a purificar o potabilizar agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos, que deben incorporar medidas de prevención y control de incendios (Kombo-Mpindou et al., 2020).

Protección activa contra incendios

Conjunto de sistemas y equipos que requieren acción para funcionar, como rociadores automáticos, extintores y sistemas de alarma (CEJ, 2014).

Protección pasiva contra incendios

Medidas constructivas y materiales resistentes al fuego que buscan retrasar la propagación del incendio y proteger la estructura del edificio (González-Sáenz et al., 2023).

1.3. Descripción del sistema productivo actual

1.3.1. Generalidades

Aguapen EP comenzó como una empresa privada establecida legalmente el 14 de diciembre de 1999, con la finalidad de proporcionar servicios públicos de drenaje pluvial, drenaje sanitario, tratamiento de aguas para consumo y agua potable. Actualmente cuenta con el respaldo de los gobiernos autónomos descentralizados municipales de las provincias de Santa Elena, La Libertad y Salinas, cuyos alcaldes apoyan la administración del gerente general.

Figura 6.

Logo de la empresa Aguapen EP.



Nota. Aguapen EP.

1.3.2. Ubicación de la planta

La planta tiene un diseño tipo convencional, constando con alta flexibilidad operativa que le permite ajustar los caudales según la variación horaria, las condiciones climáticas y la demanda temporal generada por la afluencia de turistas en la provincia de Santa Elena. En ella se llevan a cabo las siguientes operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración, postcloración y almacenamiento.

Figura 7.
Ubicación de la planta potabilizadora.

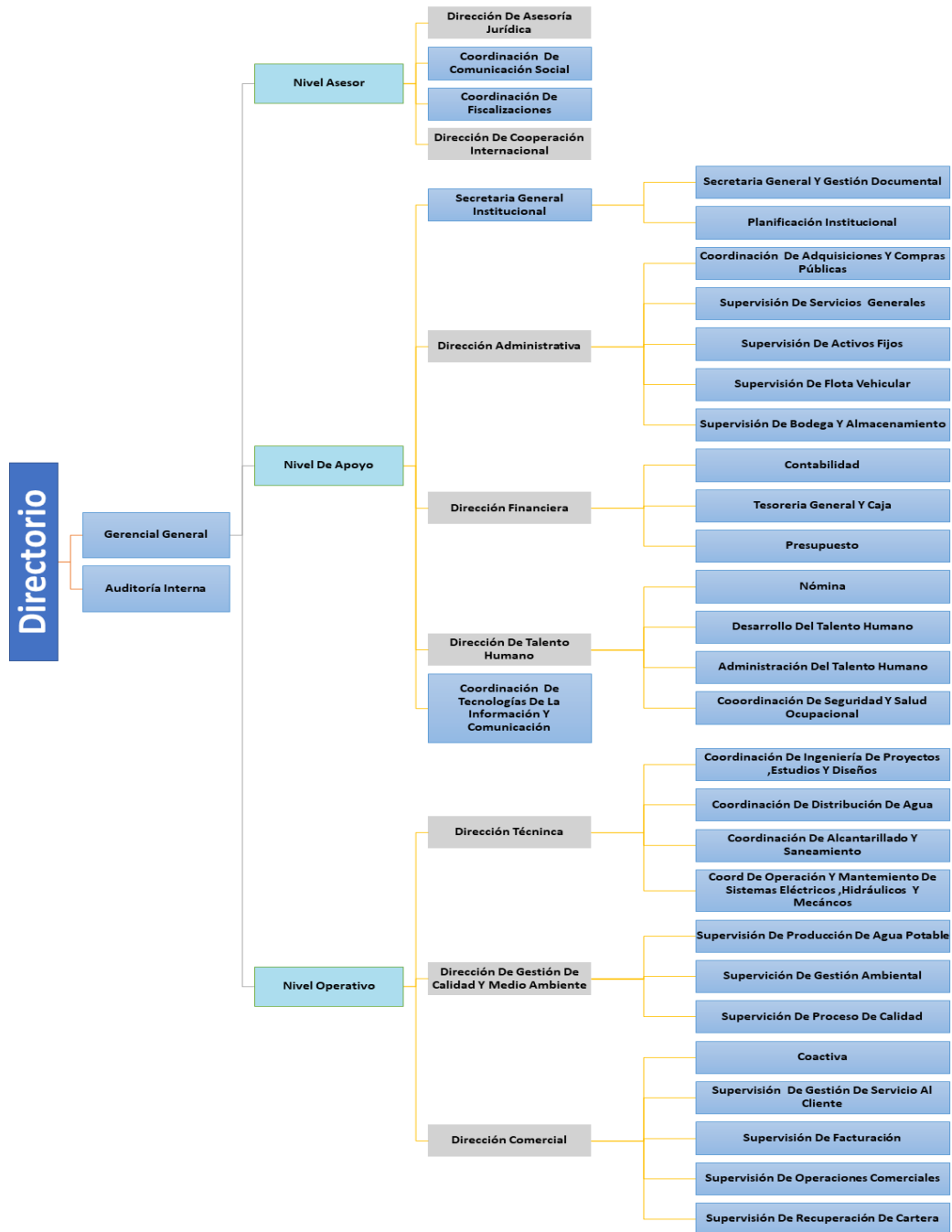


Nota. Google Earth.

1.3.3. Organigrama de la empresa

La entidad se encuentra organizada en tres niveles principales, estratégico, operativo y apoyo, encontrándose en la parte superior la gerencia general y la auditoría interna, siendo seguida por las direcciones y coordinaciones que gestionan diferentes áreas en la planta. Cada dirección consta con unidades supervisadas para garantizar el cumplimiento de los roles operativos.

Figura 8.
Organigrama Aguapen EP.



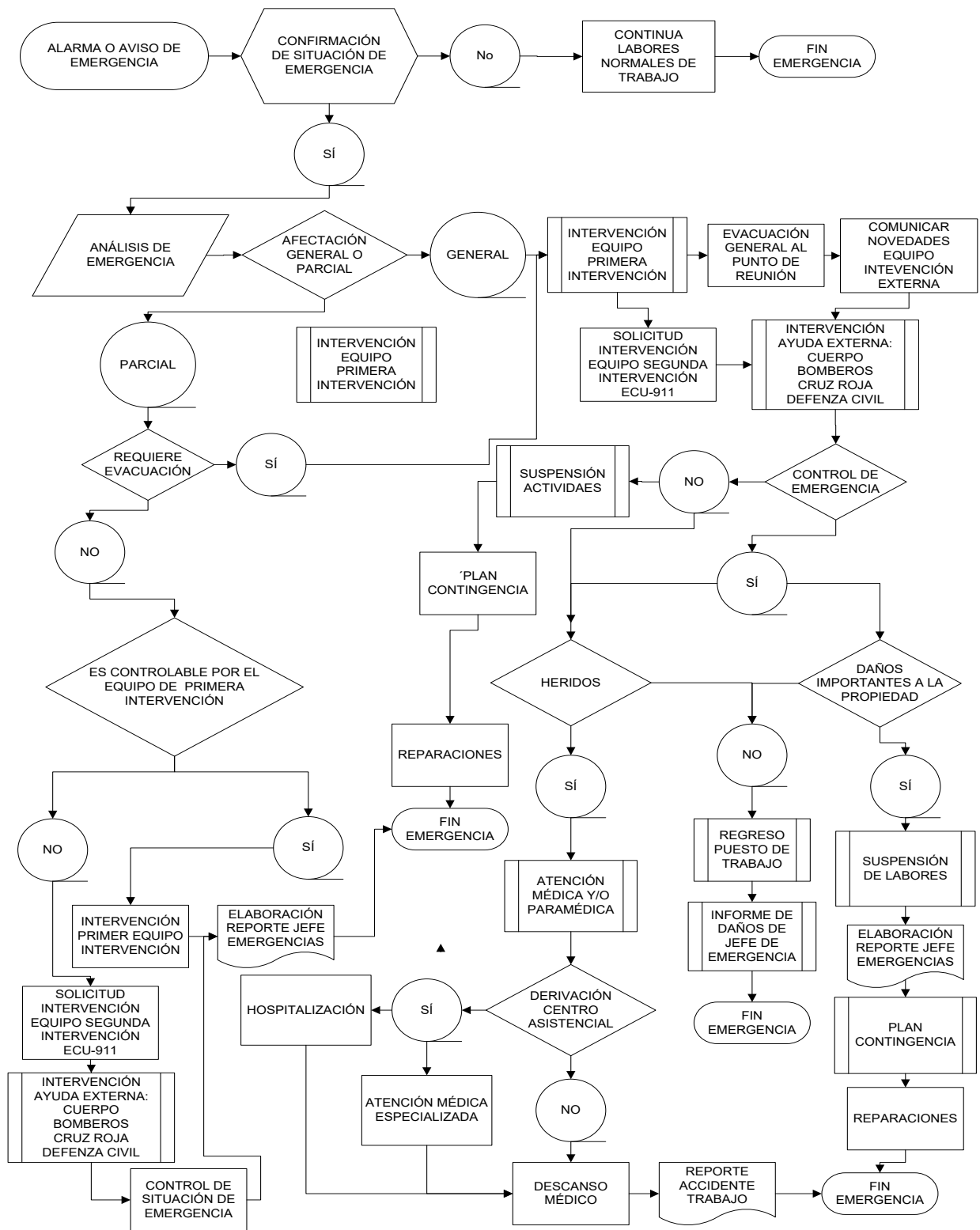
Nota. Aguapen EP.

1.3.4. Base legal de la empresa Aguapen EP

- Decreto Ejecutivo 2393. Art. 160-161.
- Resolución 741. Art. 50, literal g, del IESS.
- Acuerdo ministerial del 17 de agosto del 2005 (guía para la elaboración de reglamentos internos de seguridad y salud) N 8.

- Resolución 957, reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. Art. 1, literal d, inciso 4.
- Resolución 390.
- Resolución administrativa No 036 – CG- CBDMQ – 2009 del 15 de junio del 2009. Literales b y c del Art. 12 de la ordenanza No 114, sustitutivo del Art. 20 de la ordenanza No 039 y en el Art. 35 de la Ley de Modernización del Estado.
- Ley de Defensa Contra Incendios.
- Reglamento de Prevención contra Incendios.
- Norma NTE INEN-ISO 3864-1:2013 símbolos gráficos. Colores de seguridad y señales de seguridad. Parte 1 principio de diseño para señales de seguridad e indicaciones de seguridad.
- Normas INEN 439 (señales y símbolos de seguridad) y 440 (Colores de identificación de tuberías).
- NTE ISO 13943:2006 = Protección contra incendios – Vocabulario.
- RTE 006:2005 = Extintores portátiles para la protección contra incendios.
- NFPA, Norma 101 = Código de Seguridad Humana.
- NFPA, Norma 600 = Normas sobre brigadas privadas contra incendios.

Figura 9.
Respuestas a factores de riesgo.



Nota. Elaborado por el autor.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

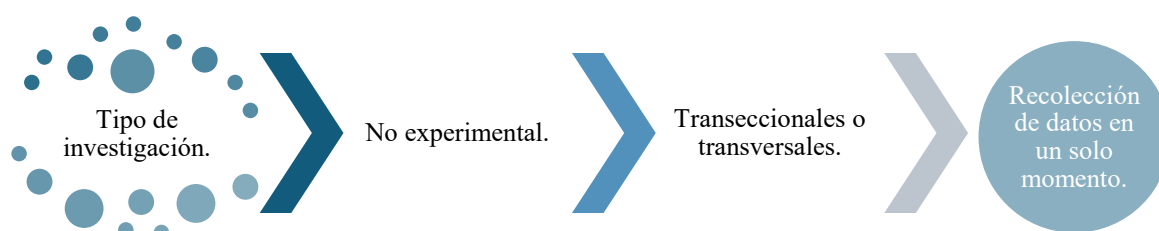
2.1. Método de la investigación

El método a emplear en la investigación es mixto debido a que se basa en la recolección de datos cualitativos y cuantitativos, con el propósito de identificar los puntos de convergencia y divergencia o complementariedad que permitan a la interpretación más completa, dándonos una visión integral que combina la profundidad contextual con la objetividad y la capacidad de generalización, para integrar los resultados de manera efectiva (Muñoz, 2013). Este proceso implica varias fases donde se incluye la definición del problema, selección del método a emplear, la recolección de datos y su interpretación, permitiendo obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno a estudiar (Cueva et al., 2023).

2.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental debido a que no implica manipulación y experimentos en base a las variables de estudio, siendo de tipo transversal ya que los datos que se van a obtener son en un único momento (Arias-Gonzales, 2021). Como se puede observar en la Figura 10 se elabora el diseño conforme al enfoque que se planteó en el estudio para su desarrollo.

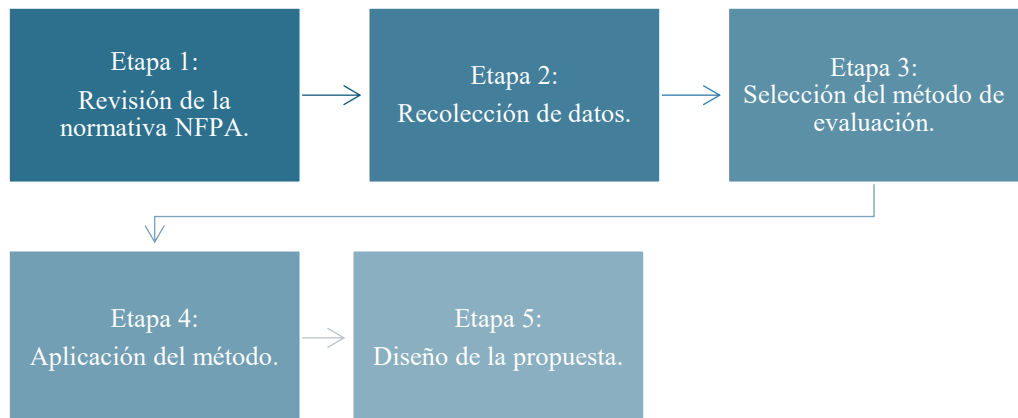
Figura 10.
Tipo de investigación.



Nota. . Elaborado por el autor, en base a (Hernández et al., 2014).

Para el cumplimiento de los objetivos se elaboró un diagrama aplicando distintas etapas de acción distribuido en cinco etapas revisión de las normativas NFPA, selección del método de evaluación, aplicación del método y diseño de la propuesta.

Figura 11.
Etapas de la investigación.



Nota. Elaborado por el autor, en base a (Astete & Cárcamo, 2015).

Etapa 1: se realiza una revisión acerca de las normativas NFPA para identificar los requisitos obligatorios y las mejores prácticas que se aplican al diseño de sistemas contra incendios en la planta potabilizadora.

Etapa 2: se recopila información sobre la situación actual de la planta sobre los protocolos actuales, uso y manejo de productos químicos, instalaciones eléctricas, ocupación del personal y la distribución de áreas.

Etapa 3: se establece un método para evaluar el riesgo de incendio que permite determinar de manera objetiva el nivel de amenaza que existe en la instalación

Etapa 4: se propone un sistema de protección contra incendios de acuerdo con las normativas NFPA, incluyendo equipos de detección, alarmas, equipos de extinción y apoyo a la evacuación

Etapa 5: se elabora una guía técnica orientada a la implementación, operación y mantenimiento de los sistemas contra incendios asegurando que sean efectivos en la planta.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población es todo conjunto de personas, objetos, lugares, etc., que comparten una característica específica que se está indagando, se puede dar sobre un grupo definido y delimitado en la que se busca obtener hallazgos (Shukla, 2020). En la empresa Aguapen EP se seleccionó el total de trabajadores en la planta los cuales se encuentran distribuidos en tres niveles: estratégico, operativo y de apoyo.

Tabla 3.
Población de la planta Aguapen EP.

Área	Empleados	%
Estratégica	5	12%
Operativa	28	68%
Apoyo	8	20%
Total	41	100%

Nota. Elaborado por el autor.

2.3.2. Muestra

Es un subconjunto representativo que se selecciona sistemáticamente y de forma deliberada a partir de una población, donde su propósito es permitir el estudio, análisis y uso de las propiedades, características o comportamientos de esta para hacer inferencias o generalizaciones (Shukla, 2020). De este modo se asegura la validez y confiabilidad de los resultados sin tener que examinar cada uno de los elementos que la constituyen. Para su cálculo, se seleccionó la fórmula de acuerdo con el tipo de población (Mucha-Hospinal et al., 2021).

Tabla 4.
Datos para el cálculo de la muestra.

Universo finito		
Población		41
Confianza (Z)	95%	1,96
Margen de error (e)	5%	0,05
Probabilidad de éxito (p)	50%	0,5
Probabilidad de fracaso (q)	50%	0,5

Nota. Elaborado por el autor.

Conforme a los datos obtenidos se procede a elaborar el cálculo de la muestra:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(41) * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (41 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 35.63 \cong 36 \text{ trabajadores}$$

Se obtuvo una muestra de – trabajadores de las diferentes áreas de la planta potabilizadora de agua potable a partir de la elaboración de la ecuación. Esto se hizo con el objetivo de realizar la recolección de datos para entender el estado actual de los protocolos de acción en casos de incendios.

Muestra estratificada

Al implementar un muestreo probabilístico se divide la población de interés en subgrupos (estratégica, operativa y apoyo) conocido también como estratos, para ello se determinó el cálculo el número de elementos Ksh , donde se obtuvo un valor de – y posteriormente se realiza la multiplicación para cada una de las áreas establecidas (Segoviano & Tamez, 2014).

$$ksh = \frac{n}{N}$$

$$ksh = \frac{36}{41} = 0.87$$

Tabla 5.
Muestra de la planta Aguapen EP.

Área	Empleados	Exclusión	Muestra seleccionada	%
Estratégica	4		2	10%
Operativa	25	Por ocupaciones y horarios rotativos.	16	76%
Apoyo	7		3	14%
Total	36		21	100%

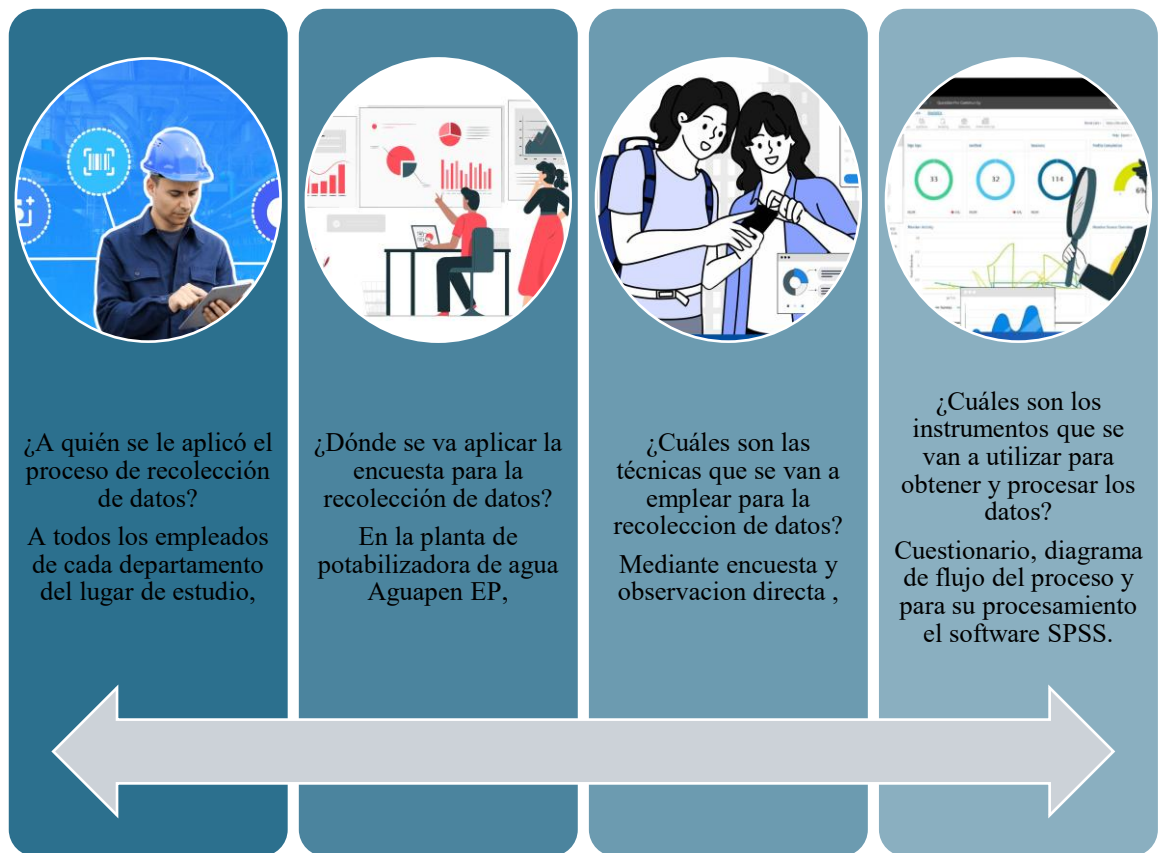
Nota. Elaborado por el autor.

2.4. Método, técnica e instrumento de recolección de los datos.

La recolección de información es fundamental para observar la realidad de donde se esta ejecutando el estudio, siendo indispensable para observar los fenómenos de manera sistemática y realizar análisis en base a la situación actual, para plantear propuestas de mejora (Hernández & Duana, 2020).

En la Figura 11 se muestra la organización en la recopilación de información dentro de la empresa, teniendo en cuenta la ruta mas accesible y detallada en el análisis de los procesos con el propósito de que garanticen la calidad y eficiencia.

Figura 12.
Organización para la recolección de datos.



Nota. Elaborado por el autor.

Técnica de recolección de datos

Para diagnosticar el sistema contra incendios en la empresa Aguapen EP, se llevaron a cabo varias técnicas de recolección de datos que permitieron evaluar su funcionamiento actual. Según Hernández & Duana, (2020) este proceso implica obtener y medir información a través de métodos específicos, como la observación de las instalaciones, encuestas al personal y la revisión de registros técnicos, todo aquello seleccionado de acuerdo con los objetivos de seguridad industrial. La aplicación sistemática de estas técnicas tiene como objetivo generar un conocimiento sólido que permita proponer mejoras en los protocolos, equipos y capacitaciones del sistema contra incendios, optimizando así su eficacia en la protección de personas e instalaciones.

Tabla 6.
Técnicas de recolección de datos.

Técnicas	Justificación
Encuesta.	Se llevaron a cabo encuestas en Aguapen EP, porque es esencial entender cómo perciben, qué saben y cuáles son las experiencias de los colaboradores en relación con los protocolos, equipos y capacitaciones sobre sistemas contra incendios.
Observación directa.	Se llevó a cabo una observación directa en Aguapen EP, para visualizar su situación real de los equipos contra incendios, extintores, hidrantes y alarmas. Asimismo, se observaría la señalización, la accesibilidad de las rutas de evacuación y el cumplimiento de los protocolos de seguridad.
Análisis de datos.	Se realizó un análisis de los datos internos de Aguapen EP, que abarca los registros de mantenimiento de equipos, informes de incidentes pasados y simulacros. El objetivo es entender el comportamiento histórico del sistema contra incendios, para poder identificar patrones de fallas, la frecuencia de mantenimiento, la efectividad de las capacitaciones y los puntos críticos que se repiten.

Nota. Elaborado por el autor.

Instrumentos de recolección de datos

Para evaluar y mejorar la efectividad del sistema contra incendios en la empresa Aguapen, se utilizaron diferentes herramientas de recolección de datos, elegidas cuidadosamente por su capacidad de proporcionar información precisa y bien estructurada, alineada con los objetivos de seguridad industrial (Yasinski et al., 2024) Estas herramientas ayudaron a identificar debilidades en los protocolos, equipos y capacitaciones del sistema actual, creando una base empírica sólida para diseñar una propuesta de mejora.

Tabla 7.
Instrumentos de recolección de datos.

Instrumentos	Justificación
Cuestionario.	Este cuestionario consta de 21 preguntas y está diseñado en función de la matriz de operacionalización de variables, tiene como objetivo

Diagrama de flujo.	recopilar información clave sobre el nivel de conocimiento, las percepciones y las prácticas del personal de Aguapen EP, en relación con el sistema de contraincendios.
Software SPSS.	Se elaboró un diagrama de flujo que ayuda a mapear de forma clara y secuencial los protocolos de actuación ante incendios en Aguapen EP, incluyendo la activación de alarmas, la evacuación y el uso de equipos. Se utilizó el software SPSS para procesar y analizar de manera estadística los datos cuantitativos que se obtengan de las encuestas y los registros internos. Esto permitió cruzar, calcular la frecuencia de fallas en los equipos y validar la confiabilidad de los resultados.

Nota. Elaborado por el autor.

Operacionalización de variables

El procedimiento se aplicó en relación con el tema de estudio, implicando dimensiones orientadas a la seguridad industrial, cumplimiento normativo, mantenimiento preventivo o preparación del personal, además de observar la existencia de protocolos de inspección, para asegurar la seguridad de la planta (Arias González, 2021).

A continuación, en la Figura 12 se evidencia la matriz de operacionalización en base a las dos variables, donde se definió 5 dimensiones y por cada dimensión se establecieron 2 indicadores, donde posteriormente se describió las preguntas para el cuestionario.

Figura 13.
Variable dependiente.

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de variables.

TÍTULO DEL PROYECTO							
"PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AG UAPEN, EP, PLANTA ATAHUALPA CANTON SANTA ELENA"							
Variable dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Item	Técnica	
Aplicando normativas NFPA	La seguridad contra incendios, conceptualmente, es el estado de protección integral de las personas, los bienes y el ambiente frente a los riesgos de incendio, logrado mediante la aplicación sistemática de principios científicos, de ingeniería y de gestión del riesgo (Y. Zhang et al., 2024).	Se materializa a través de un conjunto de medidas prescriptivas y de desempeño que incluyen la prevención (control de fuentes de ignición y combustibles), la protección activa (sistemas de detección, alarma y extinción como rociadores), la protección pasiva (compartimentación con materiales resistentes al fuego), y la planificación de la respuesta (señalización, iluminación de emergencia, planes de evacuación y capacitación), todo ello regido por los estándares, códigos y normas NFPA para mitigar la probabilidad de ocurrencia, limitar el desarrollo y los efectos de un incendio, y facilitar la evacuación y la intervención de los cuerpos de bomberos. (Rani et al., 2023).	D1 Cumplimiento normativo: Grado en el que el sistema contra incendios se ajusta a las disposiciones legales, reglamentarias y normas técnicas internacionales, garantizando seguridad, confiabilidad y aceptación por parte de las autoridades competentes Martínez, Pérez & Rodríguez (2020).	I1 % de requisitos NFPA cumplidos en la instalación.	1,1	¿El sistema cumple con las normas internacionales de seguridad?	Encuesta-instrumento cuestionario estructurado-revisión documental-instrumento ficha de análisis documental
				I2 Número de no conformidades detectadas en auditorías.	1,2	¿Se encontraron problemas cuando se revisó el sistema?	
			D2 Clasificación de riesgos: Proceso técnico que identifica, analiza y categoriza los peligros de incendio según la naturaleza de las actividades, materiales y ocupación del espacio, con el fin de establecer las medidas de protección y los sistemas adecuados Gutiérrez & Herrera (2021).	I3 Identificación correcta del tipo de riesgo según NFPA.	2,1	¿Se identificaron los lugares con mayor riesgo de incendio?	
				I4 % de áreas clasificadas según criterios normativos.	2,2	¿Todas las áreas fueron evaluadas para saber qué riesgo tienen?	
			D3 Selección de sistemas y equipos: Determinación y elección de dispositivos, equipos y tecnologías contra incendios (rociadores, detectores, bombas, extintores, alarmas, etc.) que cumplen con normas NFPA, en función de los riesgos identificados y las condiciones del entorno López, Andrade & Torres (2019).	I5 % de equipos que cumplen con certificaciones NFPA.	3,1	¿Los equipos instalados son reconocidos como seguros a nivel internacional?	
				I6 Grado de adecuación del sistema instalado al riesgo identificado	3,2	¿El sistema instalado es el adecuado para los riesgos que existen?	
			D4 Protocolos de inspección y pruebas: Conjunto de procedimientos sistemáticos establecidos para verificar la operatividad, desempeño y cumplimiento de los sistemas contra incendios mediante pruebas funcionales y revisiones periódicas según estándares técnicos Ramírez & Salazar (2022).	I7 Número de pruebas de funcionamiento ejecutadas frente al exigido (%).	4,1	¿Se han probado los equipos para asegurarse de que funcionen?	
				I8 Porcentaje del cumplimiento del presupuesto anual (%).	4,2	¿Se revisan los equipos con la frecuencia recomendada?	
			D5 Documentación y registro: Mecanismos formales de generación, conservación y control de informes, planos, certificados, bitácoras y registros que evidencien el diseño, instalación, operación, mantenimiento y cumplimiento normativo de los sistemas contra incendios (Yazir, 2022).	I9 % de reportes técnicos registrados conforme a la normativa.	5,1	¿Se llevan registros de todas las revisiones y pruebas?	
				I10 Existencia de manuales y planos actualizados en base a NFPA.	5,2	¿Se cuenta con manuales y planos actualizados del sistema?	

Nota. Elaborado por el autor.

Figura 14.
Variable independiente.

Variable independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Nº	Item	Técnica
Propuesta de sistemas contra incendios	Una propuesta de sistemas contra incendios es un documento técnico-legal que constituye la materialización conceptual de una estrategia integral de protección, cuyo objetivo fundamental es garantizar la seguridad de la vida humana, preservar los bienes materiales, asegurar la continuidad operacional de una edificación o instalación y facilitar la intervención de los cuerpos de bomberos (Hao et al., 2022).	Se define como la materialización concreta y técnica de la estrategia de protección, que se traduce en la especificación detallada de equipos, componentes y protocolos interconectados como sistemas de detección y alarma, redes de rociadores automáticos, hidrantes, elementos de protección pasiva y planes de emergencia, todos integrados bajo un diseño de ingeniería basado en cálculos hidráulicos, análisis de riesgos y planos ejecutivos que garantizan el cumplimiento normativo (Tai, 2023).	D6 Diseño del sistema: Proceso de planificación e ingeniería que define la estructura, componentes, ubicación y funcionalidad de los sistemas contra incendios, garantizando eficiencia operativa y cumplimiento de los parámetros de seguridad (Lara et al., 2022).	I11 % de áreas con planos de protección contra incendios aprobados.	11,1	¿Todas las áreas del lugar tienen un plan de protección contra incendios?	Encuesta-instrumento cuestionario estructurado-revisión documental instrumento ficha de análisis documental
				I12 Cumplimiento del dimensionamiento de redes y equipos según estándares técnicos. Checklist (%)	12,1	¿El sistema está pensado para proteger a toda la instalación?	
			D7 Equipamiento: Conjunto de dispositivos, accesorios y herramientas certificados (extintores, hidrantes, alarmas, rociadores, bombas, tuberías, detectores, etc.) que integran el sistema contra incendios y que deben ser seleccionados según normas de desempeño y resistencia (Planas et al., 2023).	I13 Número de equipos instalados versus número de equipos planificados.	13,1	¿Se colocaron todos los equipos contra incendios que estaban previstos?	
				I14 % de equipos con certificación vigente.	14,1	¿Los equipos instalados son seguros y confiables?	
			D8 Cobertura y alcance: Extensión espacial y funcional que determina qué áreas, instalaciones y procesos estarán protegidos por los sistemas contra incendios, considerando la densidad de riesgo, ocupación y criticidad operativa (Quezada et al., 2024).	I15 % de zonas críticas con protección instalada.	15,1	¿Las áreas más peligrosas cuentan con equipos contra incendios?	
				I16 Nivel de cobertura respecto a la totalidad de la planta/edificación.	16,1	¿El sistema protege la mayor parte de la planta o edificio?	
			D9 Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades planificadas, periódicas y sistemáticas destinadas a conservar los sistemas contra incendios en condiciones óptimas de funcionamiento, reduciendo fallos y garantizando confiabilidad durante emergencias (Ávila-Coello, 2024).	I17 Frecuencia de inspecciones realizadas frente al plan establecido.	17,1	¿Se revisan los equipos contra incendios con regularidad?	
				I18 % de equipos en óptimas condiciones operativas.	18,1	¿La mayoría de los equipos funciona correctamente?	
			D10 Capacitación y preparación del personal: Proceso de formación técnica, teórica y práctica, dirigido a los ocupantes y brigadistas, para desarrollar competencias en el uso, respuesta y manejo adecuado de los sistemas contra incendios, conforme a protocolos NFPA y planes de emergencia (Rodríguez-Rincón et al., 2023).	I19 Número de brigadistas entrenados en uso de los sistemas(%).	19,1	¿El personal sabe cómo usar los equipos en caso de incendio?	
				I20 % de simulacros realizados en comparación con lo planificado.	20,1	¿Se han hecho simulacros de incendio en la planta o edificio?	

Nota. Elaborado por el autor.

Confiabilidad del instrumento

Para la determinación del alfa de Cronbach se utilizó el software Excel, por medio de un análisis estadístico fundamental para evaluar la consistencia de los datos, lo cual garantiza la confiabilidad y precisión de las mediciones dándole soporte a las conclusiones del estudio.

Tabla 8.

Fiabilidad del instrumento.

	N	%
Válido	20	100
Excluido	0	0
Total	20	100

Nota. Elaborado por el autor.

Los 20 datos considerados válidos son las respuestas que los participantes proporcionaron en el cuestionario. Durante el cálculo del alfa de Cronbach no se eliminó ninguna información, lo que indica que los resultados significativos no tienen la necesidad de ser descartados en el proceso. A continuación, en la Tabla 9 se visualiza el coeficiente de Cronbach

Tabla 9.

Fiabilidad del instrumento.

Estadística de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,81	20

Nota. Elaborado por el autor.

El análisis mediante el software Excel indicó un alfa de Cronbach de 0,81 que al encontrarse en el rango $0.8 \leq \alpha \leq 0.9$, se considera como “moderado” indicando que los datos son auténticos y presentan una alta consistencia interna en la escala, así como una confiabilidad del instrumento para llevar a cabo la evaluación de correlación.

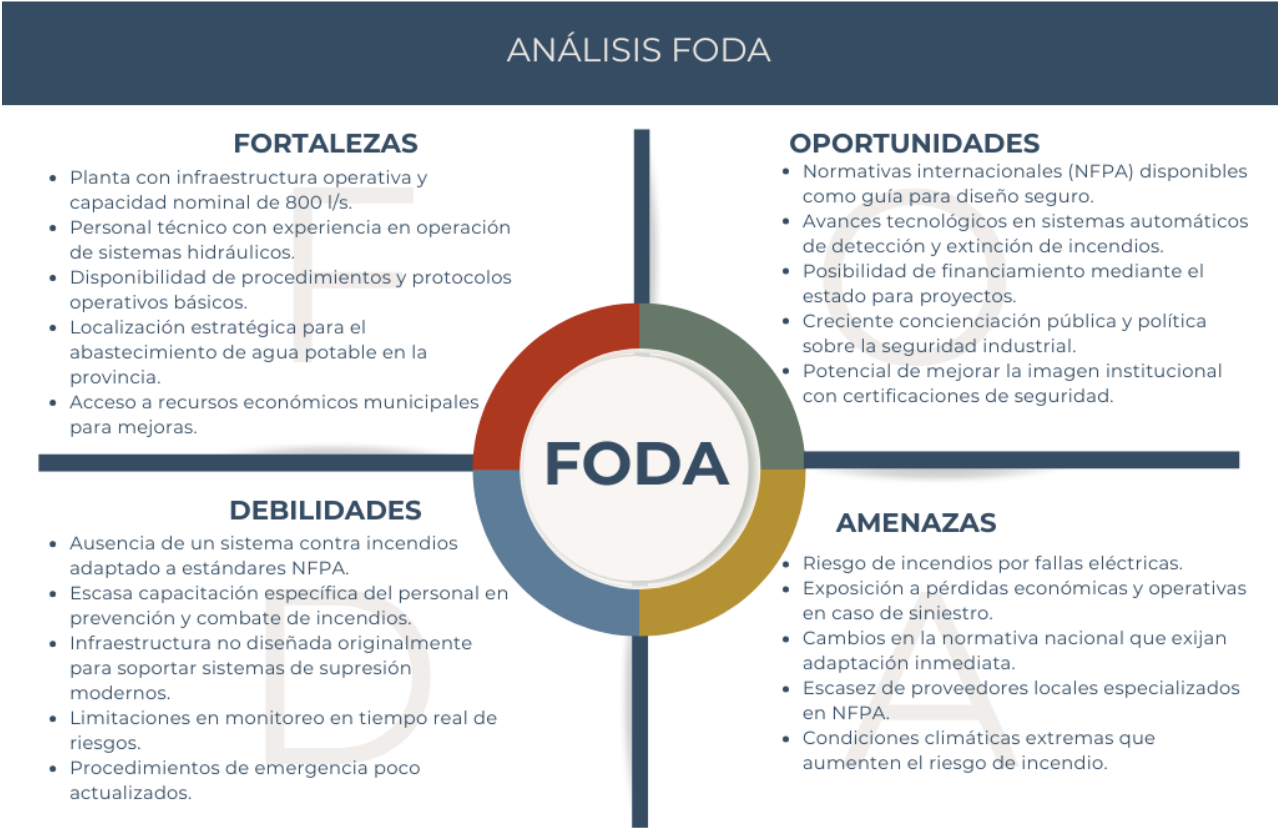
2.5. Diagnóstico de la situación problemática

2.5.1. Análisis FODA

Esta herramienta ayuda a comprender la situación actual de Aguapén EP. Para llevar a cabo este análisis, se elaboró una matriz que recoge los factores más relevantes identificados

durante la investigación. La identificación de los elementos internos y externos se basa en un estudio previo, que luego se evaluó a través de las matrices EFI y EFE, con el fin de realizar el análisis correspondiente y desarrollar las estrategias más adecuadas.

Figura 15.
Diagrama FODA.



Nota. Elaborado por el autor en la plataforma Canva.

A través del FODA se puede ver que hay una base técnica y estructural para realizar el proceso de mejoras. Además, se tiene una situación de ubicación geográfica y una experiencia operativa con la que conseguir implementar un sistema de extinción de incendios que cumpla con la normativa NFPA. Sin embargo, hay una falta de capacitación y un sistema antiguo de protección que suponen importantes riesgos internos.

Tabla 10.
Matriz de factores internos (MEFI).

Factores Internos	Peso	Calificación	Puntuación Ponderada
Fortalezas			
Infraestructura operativa y capacidad 800 l/s	0.12	4	0.48
Personal técnico capacitado	0.10	3	0.30
Protocolos básicos existentes	0.08	3	0.24
Localización estratégica	0.07	4	0.28
Acceso a recursos municipales	0.08	3	0.24
Debilidades			
Falta de sistema NFPA	0.15	1	0.15
Escasa capacitación en incendios	0.10	2	0.20
Infraestructura no diseñada para supresión moderna	0.10	2	0.20
Monitoreo de riesgos insuficiente	0.10	2	0.20
Procedimientos de emergencia desactualizados	0.10	2	0.20
TOTAL	1.00		2.49

Nota. Elaborado por el autor.

La matriz MEFI se evaluó en una ponderación de 2.49 lo que supone que la planta tiene unas fortalezas moderadas y también se encuentra con debilidades importantes. Las fortalezas de la planta son la capacidad de 800 l/s, la experiencia del personal y el acceso a recursos que le proporcionan un soporte fuerte, pero la falta de sistema NFPA y la escasa formación en incendios limitan su capacidad de reacción.

Tabla 11.
Matriz de factores externos (MEFE).

Factores externos	Peso	Calificación	Puntuación ponderada
Oportunidades			
Normativas NFPA disponibles.	0.15	4	0.60
Avances tecnológicos en sistemas.	0.12	4	0.48
Financiamiento posible.	0.10	3	0.30
Conciencia sobre seguridad industrial.	0.08	3	0.24
Mejora de imagen institucional.	0.05	3	0.15
Amenazas			
Riesgo de incendios por fallas eléctricas.	0.15	2	0.30
Pérdidas económicas y operativas.	0.12	2	0.24
Cambios normativos exigentes.	0.10	2	0.20
Escasez de proveedores locales NFPA.	0.08	2	0.16
Condiciones climáticas extremas.	0.05	2	0.10
TOTAL	1.00		2.77

Nota. Elaborado por el autor.

La matriz MEFE obtuvo un puntaje ponderado de 2.77, lo que indica que la planta está aprovechando de manera aceptable las oportunidades que ofrece el entorno, aunque aún hay espacio para mejorar.

Para el cumplimiento de las normativas NFPA se procedió a elaborar una lista de verificación permitiendo evaluar el grado de cumplimiento de las normativas y estándares específicos en la planta con la finalidad de permitir diagnosticar su estado actual.

Tabla 12.
Lista de verificación actual.

CHECKLIST DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS AGUAPEN EP			
Aguapen	Cumple		Fecha: 27/09/2025
Responsable: David Metiga	Si	No	Observaciones
NFPA 1 (Condiciones generales)			
Existen rutas de evacuación claramente señalizadas y libres de obstáculos .	X		
Se cuenta con planos de emergencia visibles en las áreas claves.	X		
Las puertas de emergencia son de fácil apertura y están libres de candados.	X		
NFPA 10 (Extintores portátiles)			
Los extintores están ubicados en áreas visibles.	X		Los extintores se encuentran en áreas claves, pero hay ciertos extintores que cumplieron con su tiempo de vida útil.
Los extintores han sido inspeccionados mensualmente.		X	
Son adecuados al tipo de riesgo presente en cada área.	X		
NFPA 13 y 25 (Sistema de protección activa)			
La planta dispone de un sistema fijo de rociadores automáticos.		X	La planta no consta con un sistema de rociadores para la prevención de futuros conatos.
Se realizan pruebas periódicas de flujo y presión.		X	
Se lleva un registro de inspecciones y mantenimientos de los sistemas.		X	
NFPA 70 (Instalaciones eléctricas)			
Las instalaciones eléctricas cumplen con el código eléctrico de instalación.	X		
Se dispone de sistemas de puesta a tierra.	X		

NFPA 30 y 400 (Almacenamiento de químicos y combustibles)

Los productos químicos están almacenados en áreas ventiladas y señalizadas. X

Los contenedores cuentan con etiquetas de riesgo químico. X

Se dispone de sistemas de contención de derrames. X

El almacenamiento de combustible esta separado de las áreas de proceso y oficina. X

NFPA 72 (Detección y alarma de incendios)

Existen detectores de humo o calor instalados en áreas críticas. X No hay existencia en la planta de sistemas de detección.

Se realizan pruebas de funcionamiento periódicas. X

El sistema esta interconectado con brigadas internas o cuerpo de bomberos. X

NFPA 101 (Seguridad humana y capacitación)

Se realizan simulacros de evacuación periódicos. X No se realizan simulacros y tampoco hay brigadas internas en la planta.

La planta cuenta con brigada internas contra incendios. X

Existen procedimientos escritos de emergencia y repuesta contra incendios. X

Nota. Elaborado por el autor.

Adicionalmente, se aplicó el método de evaluación de seguridad en riesgo de incendio (MESERI) ayudando a valorar de forma mixta el nivel de riesgo de incendio en la instalación teniendo puntos importantes como las características constructivas, equipos, almacenamiento y organización interna, teniendo como objetivo principal reflejar el nivel de seguridad que existe y orientar esos resultados a una mejor toma de decisiones.

Tabla 13.
Resultados del método MESERI actual.

Concepto	Coeficiente	Puntos		
CONSTRUCCIÓN				
N° de pisos		Altura		
1 o 2		menor de 6m	3	3
3,4, o 5		entre 6 y 15m	2	
6,7,8 o 9		entre 15 y 28m	1	
10 o más		más de 28m	0	
Superficie mayor sector incendios				
de 0 a 500 m ²	5	3		
de 501 a 1500 m ²	4			
de 1501 a 2500 m ²	3			
de 2501 a 3500 m ²	2			
de 3501 a 4500 m ²	1			
más de 4500 m ²	0			
Resistencia al fuego				
Resistente al fuego (hormigón)	10	10		
No combustible (metálica)	5			
Combustible (madera)	0			
Falsos techos				
Sin falsos techos.			5	3
Con falsos techos incombustibles.			3	
Con falsos techos combustibles.			0	
FACTORES DE SITUACIÓN				
Distancia de los bomberos				
menor de 5 km		5 min.	10	2
entre 5 y 10 km		5 y 10 min.	8	
entre 10 y 15 km		10 y 15 min.	6	
entre 15 y 25 km		15 y 25 min.	2	
más de 25 km		25 min.	0	
Accesibilidad de edificios				
Buena	5	5		
Media	3			
Mala	1			
Muy mala	0			
PROCESOS				
Peligro de activación				
Bajo	10	5		
Medio	5			
Alto	0			
Carga térmica				
Bajo	10	5		
Medio	5			
Alto	0			

Combustibilidad			
Bajo	5	3	
Medio	3		
Alto	0		
Orden y Limpieza			
Alto	10	10	
Medio	5		
Bajo	0		
Almacenamiento en altura			
menor de 2 m.	3	3	
entre 2 y 4 m.	2		
más de 6 m.	0		
FACTOR DE CONCENTRACIÓN			
Factor de concentración \$/m²			
menor de 500	3	2	
entre 500 y 1500	2		
más de 1500	0		
Concepto	Coefficiente	Puntos	
DESTRUCTIBILIDAD			
Por calor			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
Por humo			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
Por corrosión			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
Por agua			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
PROPAGABILIDAD			
Vertical			
Baja	5	5	
Media	3		
Alta	0		
Horizontal			
Baja	5	3	
Media	3		
Alta	0		
SUBTOTAL (X)			82
FACTORES DE PROTECCIÓN			
Concepto	SV	CV	Puntos
Extintores portátiles (EXT)	1	2	1
Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4	0
Columnas hidratantes exteriores (CHE)	2	4	0

DetECCIÓN automática (DTE)	0	4	0
Rociadores automáticos (ROC)	5	8	0
Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4	0
SUBTOTAL (Y)			1
$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{26} + 1(BCI)$			
Brigada contra incendios (BCI)		Si(x)	No(x)
			x
Valor de riesgo			3.37
Calificación de riesgo			Grave

Nota. Elaborado por el autor.

El riesgo actual de P mediante el método de MESERI, actualmente es de 3.36 (riesgo grave) ya que no poseen conformada una Brigada de Emergencia de Seguridad y de Salud en el Trabajo, cuando se conforme, capacite y adiestre las brigadas de emergencia y se coloquen los detectores o sensores de humo el riesgo disminuirá.

En base al análisis de la situación actual se ha propuesto una meta en el trabajo de investigación para lograr una mejora significativa y disminuir el riesgo de respuesta contra incendios en la planta potabilizadora Aguapen EP.

Tabla 14.

Comparación del sistema actual vs meta.

	Actual	Meta	Margen
Puntos cumplidos	11	17	
Puntos incumplidos	10	4	
Total	21	21	29%
	52%	81%	
MESERI	3,37	7	
	33,7%	70%	36,3 %

Nota. Elaborado por el autor.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS

3.1. Alternativas de soluciones

En base a la lista de verificación y el MESERI se identificó la situación actual por lo cual las soluciones se basan en los extintores y rociadores. Como primera solución es rediseñar la cantidad de extintores con respecto a cada dimensión, permitiendo garantizar la cobertura efectiva ante posibles conatos de incendio; la cantidad y tipo de extintor se determinó bajo los criterios de la NFPA 10, teniendo en consideración los materiales presentes en cada área de trabajo, además de las posibles rutas de evacuación ante una emergencia.

La segunda alternativa se da en la propuesta de un sistema de rociadores, permitiendo disminuir los riesgos ante cualquier conato de incendio, se lo realiza en base a la NFPA 13, donde se considera el caudal, densidad de descarga y la separación óptima entre rociadores según su tipo de riesgo.

La tercera alternativa está orientada a la gestión del mantenimiento preventivo, mediante la ejecución de un cronograma de mantenimiento diseñado de manera anual, integrando actividades de inspección y prueba, alineadas a la NFPA 25, buscando asegurar la óptima operatividad de los equipos y la detección inmediata de cualquier riesgo inminente.

3.2. Implementación de la propuesta

La seguridad industrial es primordial en las industrias, por ende, la planta potabilizadora de agua Aguapen EP en la provincia de Santa Elena, debe garantizar no solo la calidad del agua que distribuye, sino que también asegurar la integridad de los trabajadores en cada una de sus instalaciones de sus equipos de trabajo y del personal.

Una de las amenazas más latentes en toda empresa industrial es el riesgo de incendio que puede producirse por múltiples causas en función de las condiciones operativas, la existencia de materias combustibles, la utilización de medios eléctricos, la realización de tareas de mantenimiento y la variable del factor humano, por lo que es esencial identificar los elementos generadores de posibles incendios en la planta como se indica en la Tabla 15.

Tabla 15.
Elementos generadores de posibles incendios.

ÁREAS	EQUIPOS	INSTALACIONES	OBSERVACIONES
CASA DE BOMBA.	8 motores de 25 HP.	Cableado y toma de energía. Sistemas de bombeo.	Posibilidad de generar corto circuito.

			Control eléctrico y tableros de mando.	Posibilidad de presentar una explosión (entrada 13800 voltios). El sistema permanece Activo 24 horas.
CASA GENERADOR.	DE	1 generador.	Cableado y toma de energía	Posibilidad de generar corto circuito.
CONTROL CALIDAD.	DE	1 estufa, 2 balanzas, 1 reverbero, 1 reactor digestor, 1 espectrofotómetro, 1 nevera, 3 auto clave, 1 microscopio, 1 extractor, 1 aire acondicionado, 1 incubadora, 1 bomba al vacío, 1 destilador, 1 tanque de gas.	Cableado y toma de energía	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión. Permanece activo en jornada 8:00 a 16:00.
SALA OPERADORES.	DE	1 computadora de escritorio. 1 aire acondicionado. 1 escritorio. 1 radio base. 1 teléfono convencional	Paneles de control cableado y toma de energía	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión. El sistema permanece activo.
CASA DE CLORO GAS.		Almacena cilindros de gas cloro de 907 kg.	Cableado y toma de energía. Sistemas de dosificación.	Posibilidad de generar corto circuito. Posibles fugas de cloro gas. El sistema permanece activo.
CASA DE SULFATO DE ALUMINIO		Almacena sacos de sulfato de aluminio.	Cableado y toma de energía. Tolvas de preparación y mezcla.	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión. El sistema permanece activo.
MANTENIMIENTO		1 computadora de escritorio. 1 compresor. 1 taladro, herramientas manuales, etc.	Cableado y toma de energía.	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión. Permanece activo en jornada 8:00 a 16:00
BODEGA GENERAL		Almacena: hipoclorito de calcio, sulfato de cobre, equipos, herramientas manuales, tanques de aceites, aerosoles, tuberías, accesorios, materiales de aseo y papelería en general.	Cableado y toma de energía.	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión Permanece activo en jornada de 8:00 a 16:00
ARCHIVO		Almacena documentación en estantería.	Cableado y toma de energía.	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión Permanece activo en jornada de 8:00 a 16:00
UNIDAD GESTIÓN	DE	2 escritorios. 1 laptop. 1 archivador.	Cableado y toma de energía.	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión. Permanece activo en jornada de 8:00 a 16:00

SEGURIDAD INDUSTRIAL		2 escritorios. 2 computadoras de escritorio. 1 cámara digital. 1 archivador con documentación	Cableado y toma de energía.	posibilidad de generar corto circuito. material de fácil combustión permanece activo en jornada de 8:00 a 16:00
SALUD CALIDAD VIDA	Y DE	2 escritorios. 1 computadora de escritorio. 1 impresora. 2 archivadores aéreos 1 archivador que almacena medicinas y documentación	Cableado y toma de energía.	Posibilidad de generar corto circuito. Material de fácil combustión Permanece activo en jornada de 8:00 a 16:00.

Nota. Elaborado por el autor.

Como se puede observar existen distintas áreas operativas donde se puede presenciar la exposición a incendios, derivada de tres factores convergentes: Presencia de materiales combustible, su almacenamiento y las instalaciones eléctricas. Para ello hay que tomar medidas preventivas para una detección temprana y protocolos de respuesta rápida para mitigar cualquier tipo de posibilidad de incendios.

En base a la identificación de los posibles generadores de incendio se procede a calcular su nivel de riesgo en base a la fórmula:

$$R = P + C$$

P= probabilidades.

C= consecuencias.

Su cálculo determina un valor en un rango entre 1-25 donde conforme a ello se va a determinar su nivel de riesgo. A continuación, se presentará en la Tabla 16 los intervalos.

Tabla 16.
Intervalos de medición de riesgos.

Intervalos	Riesgo
1-6	Bajo
7-12	Medio
13-18	Alto
19-25	Muy Alto

Nota. Elaborado por el autor.

Esta escala de medición de riesgo va a permitir clasificar el nivel de riesgo en las distintas instalaciones de la planta donde se va obtener puntajes 1-6 riesgo bajo, 7-12 riesgo

medio en el cual se recomienda vigilancia y medidas de prevención, 13-10 riesgo alto en el cual se van a exigir medidas correctivas inmediatas y 19-25 un riesgo muy alto implicando una amenaza inminente y se necesita intervención urgente.

Tabla 17.
Clasificación de riesgo.

UBICACIÓN	P	C	$R = P + C$	NIVEL DE RIESGO	CONSECUENCIAS	OBSERVACIONES
Casa de bomba.	5	5	25	Muy alto.	Heridos. Daños materiales.	Por fallas de válvulas de seguridad, avería o falla en control de manómetros. Falta de mantenimiento y control.
Bodega.	4	5	20	Alto.	Heridos. Daños materiales. Daños al medio ambiente.	Por almacenamiento de tubos plásticos, cajas de cartón, rollos de papel, fundas plásticas, tanque de aceite, aerosoles y material de fácil combustión.
Laboratorio.	4	4	16	Alto.	Heridos. Daños materiales.	Por cortocircuitos. Falta de mantenimiento y control.
Oficinas de planta.	3	3	9	Medio.	Daños al medio ambiente.	Material de fácil combustión (muebles y papelería en general).
Sala de operadores.	3	3	9	Medio.		
Mantenimiento.	4	3	12	Medio.		
Casa de generador.	4	4	16	Medio.	Heridos. Daños materiales.	Falta de mantenimiento y control.
Transformadores.	5	5	25	Medio.	Heridos. Daños materiales.	Falta de mantenimiento y control.
Seguridad industrial.	2	2	4	Bajo.	Heridos. Daños materiales.	Falta de mantenimiento y control.
Salud y calidad de vida.	2	3	6	Bajo.	Heridos. Daños materiales.	Por cortocircuitos. Falta de mantenimiento y control.
Unidad de gestión ambiental.	2	2	4	Bajo.	Daños al medio ambiente.	Material de fácil combustión (muebles y papelería en general).
Archivo.	2	3	6	Bajo.		

Nota. Elaborado por el autor.

La matriz permite evidenciar que las áreas de almacenamiento y sistema eléctrico presentan niveles elevados con puntuaciones de 16 y 20 correspondientemente, conforme a la combinación de la consecuencia con su alta frecuencia, mientras que los niveles en áreas administrativas presentan una baja exposición a incendios.

Cálculo de rociadores por áreas

Para su diseño se va a tomar en cuenta el nivel de riesgo por cada área, para garantizar una descarga oportuna y suficiente, con el propósito de tener una respuesta rápida y mitigar de manera eficiente un incendio, para ello se utilizan criterios de la normativa NFPA 13.

Tabla 18.
Tipo de riesgo NFPA 13.

Tipo de riesgo	Áreas	Área Max. Por rociador	Separación aprox.
Riesgo leve.	Oficinas y comedor.	21	4,6 m
Riesgo ordinario.	Laboratorio.	12	3,5 m
Riesgo extra.	Casa de bombas, cloro y bodega química.	9	3 m

Nota. Elaborado por el autor.

A partir de estos parámetros se aplican fórmulas para el diseño hidráulico del sistema y para su caudal adicionalmente.

$$Q = \rho \times A_{diseñada}$$

$$N = \frac{A_{Total}}{A_{Rociador}}$$

En base a ello se procede a realizar el cálculo de rociadores, separación y caudal requeridos para el sistema propuesto para la planta.

$$\text{Casa de cloro} = 100 \text{ m}^2$$

Numero de cabezales (N)

$$N = \frac{100}{9} = 11.11 \cong 12 \text{ rociadores}$$

Separación entre cabezales(s)

$$S = \sqrt{9} = 3 \text{ m}$$

Densidad de $0,3 \text{ gpm/ft}^2$

$$\frac{1 \text{ galón}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{0,0929 \text{ m}^2} = 40,77 \text{ L/min}$$

$$0,3 \times 40,77 = 12,23 \text{ L/min}$$

Área diseñada

$$2500 \text{ ft}^2 \approx 232,26 \text{ m}^2$$

Caudal diseñado

$$Q = \rho \times A_{\text{diseñada}}$$

$$Q = 12,23 \times 232,26$$

$$Q = 2840,8 \text{ L/min}$$

$$Q = 170,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

Casa de química = 80 m²

Numero de cabezales (N)

$$N = \frac{80}{9} = 8,88 \cong 9 \text{ rociadores}$$

Separación entre cabezales(s)

$$S = \sqrt{9} = 3\text{m}$$

Densidad de 0,3 gpm/ft²

$$\frac{1 \text{ galón}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{0,0929 \text{ m}^2} = 40,77 \text{ L/min}$$

$$0,3 \times 40,77 = 12,23 \text{ L/min}$$

Área diseñada

$$2500 \text{ ft}^2 \approx 232,26 \text{ m}^2$$

Caudal diseñado

$$Q = \rho \times A_{\text{diseñada}}$$

$$Q = 12,23 \times 232,26$$

$$Q = 2840,8 \text{ L/min}$$

$$Q = 170,44 \text{ m}^3/h$$

Estación de bombeo = 120 m²

Numero de cabezales (N)

$$N = \frac{120}{9} = 13.33 \cong 14 \text{ rociadores}$$

Separación entre cabezales(s)

$$S = \sqrt{9} = 3m$$

Densidad de 0,3 gpm/ft²

$$\frac{1 \text{ galón}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{0,0929 \text{ m}^2} = 40,77 \text{ L/min}$$

$$0,3 \times 40,77 = 12,23 \text{ L/min}$$

Área diseñada

$$2500 \text{ ft}^2 \approx 232,26 \text{ m}^2$$

Caudal diseñado

$$Q = \rho \times A_{\text{diseñada}}$$

$$Q = 12,23 \times 232,26$$

$$Q = 2840,8 \text{ L/min}$$

$$Q = 170,44 \text{ m}^3/h$$

Bodega = 200 m²

Numero de cabezales (N)

$$N = \frac{200}{9} = 22.22 \cong 23 \text{ rociadores}$$

Separación entre cabezales(s)

$$S = \sqrt{9} = 3m$$

Densidad de 0,3 gpm/ft²

$$\frac{1 \text{ galón}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{0,0929 \text{ m}^2} = 40,77 \text{ L/min}$$

$$0,3 \times 40,77 = 12,23 \text{ L/min}$$

Área diseñada

$$2500 \text{ ft}^2 \approx 232,26 \text{ m}^2$$

Caudal diseñado

$$Q = \rho \times A_{\text{diseñada}}$$

$$Q = 12,23 \times 232,26$$

$$Q = 2840,8 \text{ L/min}$$

$$Q = 170,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

Laboratorio = 150 m²

Numero de cabezales (N)

$$N = \frac{150}{12} = 12,5 \cong 13 \text{ rociadores}$$

Separación entre cabezales(s)

$$S = \sqrt{12} = 3,46 \text{ m}$$

Densidad de 0,15 gpm/ft²

$$\frac{1 \text{ galón}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{0,0929 \text{ m}^2} = 40,77 \text{ L/min}$$

$$0,15 \times 40,77 = 12,23 \text{ L/min}$$

Área diseñada

$$139,35 \text{ m}^2$$

Caudal diseñado

$$Q = \rho \times A_{\text{diseñada}}$$

$$Q = 6,116 \times 139,35$$

$$Q = 14,20 \text{ L/min}$$

$$Q = 51,12 \text{ m}^3/\text{h}$$

Oficinas = 200 m²

Numero de cabezales (N)

$$N = \frac{200}{21} = 9.52 \cong 10 \text{ rociadores}$$

Separación entre cabezales(s)

$$S = \sqrt{21} = 4,58 \text{ m}$$

Densidad de **0,10 gpm/ft²**

$$\frac{1 \text{ galón}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{0,0929 \text{ m}^2} = 40,77 \text{ L/min}$$

$$0,10 \times 40,77 = 4,07 \text{ L/min}$$

Área diseñada

$$139,35 \text{ m}^2$$

Caudal diseñado

$$Q = \rho \times A_{\text{diseñada}}$$

$$Q = 4,07 \times 139,35$$

$$Q = 9,46 \text{ L/min}$$

$$Q = 34,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Comedor = 180 m²

Numero de cabezales (N)

$$N = \frac{180}{21} = 8.571 \cong 9 \text{ rociadores}$$

Separación entre cabezales(s)

$$S = \sqrt{21} = 4,58 \text{ m}$$

Densidad de **0,10 gpm/ft²**

$$\frac{1 \text{ galón}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{0,0929 \text{ m}^2} = 40,77 \text{ L/min}$$

$$0,10 \times 40,77 = 4,07 \text{ L/min}$$

Área diseñada

$$139,35 \text{ m}^2$$

Caudal diseñado

$$Q = \rho \times A_{\text{diseñada}}$$

$$Q = 4,07 \times 139,35$$

$$Q = 9,46 \text{ L/min}$$

$$Q = 34,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

El cálculo elaborado ha permitido la determinación de las condiciones mínimas para el diseño de un sistema de rociadores automáticos siguiendo la norma técnica de la NFPA 13, valorando la clasificación de riesgo por cada área de la planta; los parámetros básicos de densidad, diseño del área y el espaciado entre dispositivos a partir del cálculo propio de cada uno. Estas se definieron en base al riesgo leve, ordinario y extra, lo cual permitió determinar la cantidad mínima de descarga de agua.

Cálculo de extintores por área

Para el cálculo de los extintores, es importante basarse en la normativa NFPA 10 usando los niveles de riesgos previamente establecidos donde para el riesgo extra se utilizó la cobertura de un extintor cada 100 m², riesgo ordinario un extintor cada 150 m² y para el riesgo leve un extintor cada 200 m² como se mostrará en la Tabla 19.

Tabla 19.*Cálculo de extintores en base a la NFPA 10.*

Área	Riesgo	Área (m ²)	Regla aplicada	Nº extintores	Tipo sugerido / observaciones
Casa de Bomba	Extra	200	1 / 100 m ²	2	2 × PQS 4A:40BC + 1 × CO ₂ cerca panel eléctrico. Colocar en accesos y junto al tablero.
Casa de Generador	Extra	200	1 / 100 m ²	2	1 × CO ₂ (riesgo eléctrico) + 1 × PQS 4A:40BC si espacio mayor.
Casa de Cloro	Extra	100	1 / 100 m ²	2	2 × PQS 4A:40BC; además señalización, equipo para fugas (kits) y extintor CO ₂ si hay riesgo eléctrico.
Bodega General	Extra	200	1 / 100 m ²	2	2 × PQS 4A:40BC distribuidos (entrada, centro, esquina opuesta). Añadir extintores cerca de tanques de aceite.
Casa de Sulfato Aluminio	Extra	80	1 / 100 m ²	1	1 × PQS 4A:40BC y extintor ABC cercano.
Control de Calidad (Lab)	Ordinario	150	1 / 150 m ²	1	1 × ABC 2A:10BC cerca de salida y 1 × CO ₂ para riesgo eléctrico / equipos sensibles.
Mantenimiento	Ordinario	100	1 / 150 m ²	1	1 × ABC 4A:40BC (o 2A:10BC según área) y señalar equipo de trabajo en caliente.
Sala de Operadores	Leve	50	1 / 200 m ²	1	1 × ABC 2A:10BC junto a la salida; mantener alejado de fuentes de calor.
Archivo	Leve	60	1 / 200 m ²	1	1 × ABC 2A:10BC; proteger salida y estanterías.
Unidad de Gestión	Leve	40	1 / 200 m ²	1	1 × ABC 2A:10BC.
Seguridad Industrial	Leve	40	1 / 200 m ²	1	1 × ABC 2A:10BC en lugar visible.
Salud y Calidad de Vida	Leve	40	1 / 200 m ²	1	1 × ABC 2A:10BC; si hay medicinas inflamables, añadir PQS.

Nota. Elaborado por el autor.

El cálculo de extintores resultó ser una herramienta útil para la organización de la adecuada disposición, en función del nivel de riesgo y las dimensiones de cada área de planta, con el fin de garantizar la cobertura necesaria ante cualquier eventualidad de incendio. La

cantidad y tipo de extintor que se les asignaron, conforme a las especificaciones de la NFPA 10, considerando la naturaleza de los residuos, el riesgo eléctrico y las rutas de evacuación. Las zonas con mayor riesgo, por ejemplo, Casa de Cloro, Casa de Bomba y la Bodega, requirieron el uso de un mayor número y capacidad de extintores. Por su parte, las áreas administrativas y las de bajo riesgo, precisan extintores de menor capacidad. Este dimensionado garantiza la atención en caso de emergencias, fortaleciendo de esta forma la seguridad global de las instalaciones.

Cronograma de mantenimiento de rociadores

El cronograma anual para el mantenimiento de los rociadores está pensado para asegurar que tanto la funcionalidad hidráulica como la mecánica del sistema se mantengan en óptimas condiciones, siguiendo las pautas de la NFPA 13 y NFPA 25. Mediante inspecciones mensuales, pruebas trimestrales de válvulas y alarmas, limpiezas semestrales y pruebas hidráulicas anuales, asegura que cada componente funcione dentro de los rangos de presión y caudal que se establecieron en el diseño.

Figura 16.
Cronograma de mantenimiento de rociadores.

Nº	Actividad	Frecuencia	Duración	Responsable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Inspección visual válvulas y fugas	Mensual	1	Seguridad Industrial	✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1
2	Verificación de presión en red	Mensual	1	Operador de Planta	✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1
3	Prueba funcional de alarmas (flow test)	Trimestral	1	Técnico / Mantenimiento	✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0
4	Limpieza de cabezales	Semestral	1	Mantenimiento	✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0
5	Prueba hidráulica (Main Drain Test)	Anual	2	Técnico certificado	✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0
6	Inspección bomba contra incendio	Anual	1	Técnico especializado	✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0
7	Revisión de señalización y pintura	Anual	1	Seguridad Industrial	✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0
8	Evaluación general y bitácora	Anual	1	Coordinador Planta	✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1

Nota. Elaborado por el autor.

Esta planificación meticulosa ayuda a minimizar el riesgo de obstrucciones, corrosión o fallos en la respuesta de los rociadores, manteniendo la red en condiciones ideales y garantizando una descarga rápida de agua en caso de incendio.

Cronograma de mantenimiento de extintores

El cronograma anual para el mantenimiento de los rociadores está pensado para asegurar que tanto la funcionalidad hidráulica como la mecánica del sistema se mantengan en óptimas condiciones, siguiendo las pautas de la NFPA 13 y NFPA 25. Mediante inspecciones mensuales, pruebas trimestrales de válvulas y alarmas, limpiezas semestrales y pruebas hidráulicas anuales, se asegura que cada componente funcione dentro de los rangos de presión y caudal que se establecieron en el diseño.

Figura 17.
Cronograma de mantenimiento de extintores.

Nº	Actividad	Frecuencia	Duración	Responsable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Inspección visual general	Mensual	1	Seguridad Industrial	✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1
2	Limpieza exterior y señalización	Trimestral	1	Mantenimiento	✗	0	1 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0
3	Verificación de peso y presión	Semestral	1	Técnico interno	✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1 ✗	0 ✗	0
4	Mantenimiento anual completo	Anual	3	Técnico certificado	✓	1 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0
5	Prueba hidrostática (CO ₂ /PQS)	Cada 5 años	—	Empresa certificada	✓	1 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0
6	Revisión general de registros	Anual	1	Seguridad Industrial	✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✗	0 ✓	1

Nota. Elaborado por el autor.

Esta planificación meticulosa ayuda a minimizar el riesgo de obstrucciones, corrosión o fallos en la respuesta de los rociadores, manteniendo la red en condiciones ideales y garantizando una descarga rápida de agua en caso de incendio.

Sistema de simulacros de evacuación contra incendios

La prevención y respuesta ante incendios forma parte esencial en los programas de seguridad industrial y ocupacional, por lo que una práctica organizada permite preparar al personal para que actúe de manera rápida y segura ante cualquier emergencia real, para ello es importante tener las rutas de evacuación de manera clara como en la Figura 18.

Figura 18.
Mapa de evacuación de emergencias.



Nota. Proporcionado por Aguapen EP.

Una vez teniendo identificado las rutas de evacuación se procedió a elaborar un cronograma anual para garantizar la cultura preventiva, fomentar una consciencia de riesgo y permitir identificar cualquier falla en la estructura, para el cumplimiento de la NFPA 101 y la NFPA 600 garantizando los procedimientos, frecuencia y responsabilidad del personal. A continuación, se detalla el cronograma de manera anual para los simulacros contra incendios 2026 en la Tabla 20.

Tabla 20.
Cronograma de simulacros contra incendios.

Mes	Actividad	Objetivo	Responsable	Recursos
Enero	Planificación general del programa de simulacros.	Establecer fechas, del responsables y zonas prácticas.	Comité de seguridad.	de Plan de emergencia y croquis de rutas.
Febrero	Capacitación personal sobre uso de extintores y puntos de reunión.	al Reforzar conocimientos básicos contra incendios.	RRHH.	Extintores, material audiovisual.
Marzo	Primer simulacro general de evacuación.	Evaluar tiempos de respuestas.	Supervisores de planta.	de Silbatos, cronómetros y fichas de control.

		identificar rutas de salidas.			
Mayo	Simulacro parcial por áreas.	Corregir fallas observadas en el primer simulacro.	Bomberos locales.	Kit de primeros auxilios y equipos contra incendios.	
Julio	Capacitaciones avanzadas: Control de conatos y primeros auxilios.	Medir mejoras respecto a los simulacros anteriores.	Comité de seguridad.	de Alarmas y hojas de evaluación.	
Septiembre	Segundo simulacro general de evaluación.	Medir mejoras respecto al primer simulacro.	Comité de seguridad.	de Alarmas y hojas de evaluación.	
Noviembre	Evaluación final y retroalimentación.	Analizar resultados y proponer mejoras.	Dirección.	Informes y estadísticas.	

Nota. Elaborado por el autor.

La planificación del cronograma de evacuación busca garantizar la seguridad del personal de planta ante cualquier emergencia en la organización, por ende, su aplicación mejorara de forma eficiente la respuesta ante siniestros.

Una vez desarrollada la propuesta contra incendios en base a las normas NFPA, se aplica un checklist para constatar el cumplimiento de los puntos técnicos y de seguridad establecidos. Este instrumento va a permitir evaluar las medidas que se propusieron como protección contra incendios, además garantiza si son eficaces y coherentes con los requisitos normativos como respuesta ante posibles siniestros.

Tabla 21.
Lista de verificación propuesto.

CHECKLIST DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS AGUAPEN EP			
Aguapen	Cumple		Fecha: 27/09/2025
Responsable: David Metiga	Si	No	Observaciones
NFPA 1 (Condiciones generales)			
Existen rutas de evacuación claramente señalizadas y libres de obstáculos .	X		

Se cuenta con planos de emergencia visibles en las áreas claves.	X
Las puertas de emergencia son de fácil apertura y están libres de candados.	X
NFPA 10 (Extintores portátiles)	
Los extintores están ubicados en áreas visibles.	X
Los extintores han sido inspeccionados mensualmente.	X
Son adecuados al tipo de riesgo presente en cada área.	X
NFPA 13 y 25 (Sistema de protección activa)	
La planta dispone de un sistema fijo de rociadores automáticos.	X
Se realizan pruebas periódicas de flujo y presión.	X
Se lleva un registro de inspecciones y mantenimientos de los sistemas.	X
NFPA 70 (Instalaciones eléctricas)	
Las instalaciones eléctricas cumplen con el código eléctrico de instalación.	X
Se dispone de sistemas de puesta a tierra.	X
NFPA 30 y 400 (Almacenamiento de químicos y combustibles)	
Los productos químicos están almacenados en áreas ventiladas y señalizadas.	X
Los contenedores cuentan con etiquetas de riesgo químico.	X
Se dispone de sistemas de contención de derrames.	X

El almacenamiento de combustible esta separado de las áreas de proceso y oficina.	X	
NFPA 72 (Detección y alarma de incendios)		
Existen detectores de humo o calor instalados en áreas críticas.	X	
Se realizan pruebas de funcionamiento periódicas.	X	
El sistema esta interconectado con brigadas internas o cuerpo de bomberos.		X
NFPA 101 (Seguridad humana y capacitación)		
Se realizan simulacros de evacuación periódicos.	X	
La planta cuenta con brigada internas contra incendios.		X
Existen procedimientos escritos de emergencia y repuesta contra incendios.		X

Nota. Elaborado por el autor.

Se puede comprobar la mejora significativa de algunos puntos de la normativa mediante el checklist a comparación de la situación actual que solo se habían cumplido 11 puntos de 21.

De igual manera, se aplicó MESERI para medir el nivel de riesgo en base a la propuesta, su aplicación va a permitir verificar la efectividad del plan de prevención y control contra incendios, así como la detección de oportunidades de mejora, para garantizar la seguridad integral de las instalaciones.

Tabla 22.
Resultados del método MESERI propuesto.

Concepto	Coeficiente	Puntos	
CONSTRUCCIÓN			
N° de pisos		Altura	
1 o 2		menor de 6 m	3 3
3,4, o 5		entre 6 y 15 m	2

6,7,8 o 9		entre 15 y 28 m	1	
10 o más		más de 28 m	0	
Superficie mayor sector incendios				
de 0 a 500 m ²	5		3	
de 501 a 1500 m ²	4			
de 1501 a 2500 m ²	3			
de 2501 a 3500 m ²	2			
de 3501 a 4500 m ²	1			
más de 4500 m ²	0			
Resistencia al fuego				
Resistente al fuego (hormigón)	10		10	
No combustible (metálica)	5			
Combustible (madera)	0			
Falsos techos				
Sin falsos techos			5	3
Con falsos techos incombustibles			3	
Con falsos techos combustibles			0	
FACTORES DE SITUACIÓN				
Distancia de los bomberos				
menor de 5 km		5 min.	10	2
entre 5 y 10 km		5 y 10 min.	8	
entre 10 y 15 km		10 y 15 min.	6	
entre 15 y 25 km		15 y 25 min.	2	
más de 25 km		25 min.	0	
Accesibilidad de edificios				
Buena	5		5	
Media	3			
Mala	1			
Muy mala	0			
PROCESOS				
Peligro de activación				
Bajo	10		10	
Medio	5			
Alto	0			
Carga térmica				
Bajo	10		10	
Medio	5			
Alto	0			
Combustibilidad				
Bajo	5		3	
Medio	3			
Alto	0			
Orden y limpieza				
Alto	10		10	
Medio	5			
Bajo	0			
Almacenamiento en altura				

menor de 2 m.	3	3	
entre 2 y 4 m.	2		
más de 6 m.	0		
FACTOR DE CONCENTRACIÓN			
Factor de concentración \$/m²			
menor de 500	3	2	
entre 500 y 1500	2		
más de 1500	0		
Concepto	Coficiente	Puntos	
DESTRUCTIBILIDAD			
Por calor			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
Por humo			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
Por corrosión			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
Por agua			
Baja	10	5	
Media	5		
Alta	0		
PROPAGABILIDAD			
Vertical			
Baja	5	5	
Media	3		
Alta	0		
Horizontal			
Baja	5	5	
Media	3		
Alta	0		
SUBTOTAL (X)		97	
FACTORES DE PROTECCIÓN			
Concepto	SV	CV	Puntos
Extintores portátiles (EXT)	1	2	1
Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4	0
Columnas hidratantes exteriores (CHE)	2	4	0
Detección automática (DTE)	0	4	4
Rociadores automáticos (ROC)	5	8	5
Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4	0
SUBTOTAL (Y)			10
$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{26} + 1(BCI)$			
Brigada contra incendios (BCI)		Si(x)	No(x)

		x
Valor de riesgo		6.67
Calificación de riesgo		Leve

Nota. Elaborado por el autor.

Mediante la aplicación de MESERI se evidencia la mejora de las condiciones de seguridad contra incendio, ya que su evaluación inicial era grave y tras la propuesta basa la normativa NFPA su riesgo es leve, este cambio demuestra que las medidas aplicadas fueron las adecuadas.

3.3. Justificación económica

Para la implementación del sistema contra incendio aplicando la NFPA en la planta potabilizadora de agua Aguapen EP, se plantearon diferentes rubros indispensables para el desarrollo de la propuesta teniendo en cuenta una serie de actividades, teniendo un costo total de \$4.979,10 incluyendo los gastos imprevistos durante su elaboración, como se detallan en la Tabla 23.

Tabla 23.
Presupuesto del proyecto.

Item	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1. Recursos humanos			
Honorarios al investigador	1	\$ 1.750,00	\$ 1.750,00
Asistente técnico (Diseño AutoCAD)	1	\$ 780,00	\$ 780,00
2. Tecnología y software			
Licencia Microsoft 365	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Licencia AutoCAD	1	\$ 190,00	\$ 190,00
Software estadístico IBM SPSS	1	\$ 99,00	\$ 99,00
3. Insumos y materiales			
Impresiones de encuesta	20	\$ 0,25	\$ 5,00
Carpetas y útiles	5	\$ 2,25	\$ 11,25
Resma de hojas A4	1	\$ 5,90	\$ 5,90
Impresión de tesis	3	\$ 30,00	\$ 90,00
4. Infraestructura y energía			
Alquiler de área de trabajo	3	\$ 250,00	\$ 750,00
Energía eléctrica	3	\$ 25,00	\$ 75,00
Mantenimiento	3	\$ 15,00	\$ 45,00
5. capacitación, transporte y otros			
Movilización a la planta	5	\$ 2,40	\$ 12,00
Movilización a la universidad	19	\$ 0,70	\$ 13,30

Curso de diseño en AutoCAD	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Espacio en la nube	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Subtotal			\$4.526,45
Gatos imprevistos (10% de variación)			\$ 452,65
Total de inversión			\$4.979,10

Nota. Elaborado por el autor.

Con la inversión total se proyecta el flujo neto de la caja respecto a la propuesta de sistemas contra incendios aplicando normativas NFPA, en la empresa Aguapen. EP, para poder constar la viabilidad del proyecto como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24.
Flujo neto de caja.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión del proyecto	\$ -4.979,10					
Flujo neto de caja	\$ -4.979,10	\$ 2.972,33	\$ 3.224,65	\$ 3.412,45	\$ 3.523,73	\$ 3.650,54
Flujo acumulado		\$ -2.006,77	\$ 1.217,89	\$ 4.630,34	\$ 8.154,07	\$ 11.804,61

Nota. Elaborado por el autor.

El análisis financiero indica una recuperación progresiva y sostenible de la inversión inicial, permitiendo evidenciar la viabilidad económica a mediano plazo. En el año 0 refleja una pérdida de capital de la inversión inicial de \$4.979,10, lo que implica una salida de capital con destino a ejecutar el proyecto. A partir del año 1, empiezan a generarse flujos netos de caja positivos, con retornos crecientes: \$2.972,33 durante el primer año, aumentando progresivamente hasta alcanzar los \$3.650,54 durante el año cinco, lo que denota una mejora continua sobre la rentabilidad y la eficiencia del proyecto. En el caso del flujo acumulado, se puede observar que en el flujo acumulado el proyecto alcanza su punto de equilibrio entre el año 1 y el año 2, ya que pasa de un flujo acumulado negativo (\$2.006,77) a un flujo positivo (\$1.217,89), lo que implica que la inversión inicial se recupera en menos de dos años. Por último, el flujo acumulado a finales del año 5 muestra un flujo por \$11.804,61, consecuencia de una ganancia neta, lo que quiere decir que el proyecto no resulta rentabilidad, sino que genera expectativas de ser un proyecto viable a largo plazo.

Tabla 25.
Indicadores financieros.

Indicadores financieros	Fórmulas
Costo Ke	15%
Tasa de oportunidad	15%

Valor actual neto (VAN)	$\sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$	\$7.635,43
Tasa interna de retorno (TIR)	$0 = Inversion + \sum_{t=1}^5 \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$	56,8%
VNA	$VAN + Inversion$	\$12.614,53
B/C	$\frac{Valor\ actual\ de\ los\ beneficios}{Valor\ actual\ de\ los\ costos}$	2,53
PB	$1 + \frac{F_t}{(1+r)^t}$	1,62 años

Nota. Elaborado por el autor.

Los indicadores muestran que el proyecto resulta ser muy rentable y financieramente factible. El valor actual neto (VAN) se sitúa en \$7.635,43, de manera que descontando la tasa de oportunidad (TO) del 15 % el proyecto modifica los ingresos potenciales que deberían generarse gracias a la inversión, aumentando el valor económico de la inversión. La tasa interna de rentabilidad (TIR) se sitúa en el 56,8%, cifra suponiendo que es muy superior a la tasa de oportunidad y que marca una buena rentabilidad del capital invertido. El valor neto actual (VNA) es de \$12.614,53, muy superior a cero y que apoya el flujo de ingresos estimados, por su parte, la relación beneficio/costo resulta ser de 2,53 es decir que por cada \$1 invertido genera un retorno de \$2,53, lo cual supone nuevamente una alta eficiencia económica. Además, el periodo de recuperación (PR) es de 1,62 años, es decir que se recupera la inversión en un plazo inferior a dos años y, en consecuencia, un indicador muy positivo para la toma de decisiones.

3.4. Justificación ambiental

La adopción de sistemas de prevención de incendios bajo normativa NFPA en Aguapén EP, es una medida estratégica para aminorar los efectos ambientales de los siniestros industriales, que, según el informe CTIF, (2025), llegan a representar entre el 8 % y el 10 % de todos los incendios (principalmente debido a fallas eléctricas, errores humanos y deficiencias en los sistemas de seguridad). Esta cifra reafirma la necesidad urgente de implementar estrategias de prevención, tanto para reducir el riesgo ante una calamidad humano, como para

mitigar sus efectos adversos sobre el medio ambiente, especialmente en lo referente a los recursos naturales del cantón Santa Elena.

Por otra parte, la aplicación de esta normativa permite la disminución de hasta el 60 % de la probabilidad de incendios industriales (lo que equivale a evitar aproximadamente 148.800 siniestros al año a nivel mundial), contribuyendo directamente a la reducción del cambio climático (ODS 13) al disminuir las emisiones de dióxido de carbono y de gases de combustión; del mismo modo, fomenta la protección de los ecosistemas (ODS 15) al restringir la degradación del suelo y la pérdida de diversidad biológica así como el riesgo de la contaminación de aguas por la escorrentía posterior a un incendio.

El hecho de estandarizar los procedimientos de prevención, respuesta y simulacros también refuerza la resiliencia de la infraestructura (ODS 9), y al mismo tiempo, permite crear comunidades más seguras y sostenibles (ODS 11), pues asegura que Aguapen EP tenga rutas de evacuación operativas, personal capacitado, un sistema de control óptimo y una cultura organizativa enfocada en la gestión responsable del riesgo.

En este sentido, la propuesta no sólo permite cumplir con los lineamientos técnicos internacionales, sino que contribuye con la protección de la naturaleza, con el uso óptimo de los recursos, y con el desarrollo responsable del territorio y de su entorno, pues su implementación en la planta Atahualpa permite reducir los impactos ambientales ocasionados por incendios, proteger las fuentes hídricas de abastecimiento de la población, y reforzar el compromiso institucional de Aguapen EP con los principios de la sostenibilidad propuestos por la Agenda 2030.

3.5. Análisis comparativo

El trabajo ha permitido, de una manera ordenada y clara, valorar los resultados de la aplicación de la propuesta contra incendios, mediante un cuadro comparativo que permite ir apreciando las modificaciones respecto a la situación inicial. De este modo, en la Tabla 26 se realizará una buena práctica de la valorización de los resultados, del análisis indicativo de la eficacia de las medidas adoptadas que pueda servir para ir orientando la toma de decisiones que se adopten como necesarias para potenciar la seguridad y la prevención de siniestros.

Tabla 26.

Comparación del sistema actual vs propuesto.

	Actual	Propuesta	Mejora
Puntos cumplidos	11	18	
Puntos incumplidos	10	3	
Total	21	21	33,7%
	52%	85,7%	
MESERI	3,37	6,67	
	33,7%	66,7%	33 %

Nota. Elaborado por el autor.

Los datos ofrecidos por la tabla exponen cambios importantes tras la activación de la propuesta de medidas contra incendios: en lo que respecta a los puntos cumplidos, estos pasan de 11 a 18, lo que se traduce en la mejora de los puntos cumplidos en el 33,70 %, mientras que los puntos incumplidos descienden de 10 a 3, lo que implica un mejor cumplir con las medidas normativas. En términos de porcentaje, el porcentaje de puntos cumplidos pasa del 52 % al 85,7 %. La arriba expuesta pone de manifiesto que las acciones fueron efectivas, por otra parte, el MESERI presenta también unas cifras que van de 3,37 a 6,67 que se identifican como una mejora del 33 %. El anterior cambio se puede asociar a la disminución de un riesgo de incendio grave a uno leve y como tentativa de confirmación de que la propuesta generó un aumento de la seguridad estructural y de los procedimientos internos de prevención de incendios que se establecen por la normativa contra incendios vigente, y de la cual, en su redacción propone una serie de acciones pretéritas que se ofrecen a sus usuarios.

3.6. Planning de control

Para la planificación ordenada y sistemática de los procesos de seguridad y prevención dentro de una organización se elaboró un planning para programar, coordinar y dar seguimiento a todas las actividades relacionadas con el control de riesgos, asegurando que se cumplan las normas y reglamentos correspondientes, como es el caso de los lineamientos de la NFPA en cuanto a la protección en caso de presentación. Igualmente permite identificar responsabilidades, asignación de recursos y calendarizar las actuaciones preventivas, contribuyendo a mejorar la eficiencia operativa y mantener entorno seguro y controlado.

Tabla 27.
Balanced Scorecard.

Perspectiva	Objetivo estratégico	Indicador	Responsable	Meta	Frecuencia	Presupuesto
Financiera.	Optimizar la inversión en sistemas de prevención de incendios.	Reducción de costos por siniestros.	Gerente financiero.	≥85 %	Anual.	\$5.000
	Garantizar la sostenibilidad económica del plan de seguridad.	Retorno sobre la inversión (ROI).	Gerente financiero.	≥85 %	Anual.	\$5.000
Clientes.	Garantizar la seguridad de los ocupantes y usuarios.	Nivel de satisfacción y percepción de seguridad.	Jefe de seguridad.	≥80 %	Semestral.	\$2.000
	Incrementar la confianza de clientes y visitantes en las instalaciones.	Encuestas de percepción de seguridad.	Jefe de seguridad.	≥80 %	Semestral.	\$1.500
Procesos internos.	Implementar y mantener sistemas de control contra incendios efectivos.	Número de puntos de control cumplidos.	Coordinador de prevención de riesgos.	≥80 %	Trimestral.	\$3.500
	Mejorar la capacidad de respuesta ante emergencias.	Tiempo de respuesta ante simulacros.	Coordinador de prevención de riesgos.	≥80 %	Trimestral.	\$1.500
Aprendizaje y crecimiento.	Capacitar al personal en prevención y respuesta ante incendios.	Número de capacitaciones realizadas.	Jefe de capacitación.	≥70 %	Semestral.	\$1.500
	Fomentar la cultura de prevención y seguridad.	Nivel de conocimiento post-capacitación.	Jefe de capacitación.	≥70 %	Semestral.	\$1.500

Nota. Elaborado por el autor.

La tabla representa un plan completo y equilibrado de la propuesta de protección contra incendios, encabezando el proceso de planificación que recoge los elementos financieros, la perspectiva de los clientes, los procesos internos y el aprendizaje. En el ámbito financiero se pretende ser eficiente en términos de la inversión y foco en la sostenibilidad de la propuesta, haciendo hincapié en la rentabilidad razonable y la minimización de las pérdidas materiales por siniestros. Por la parte de los clientes, se busca la seguridad y la confianza de los ocupantes midiendo la percepción de seguridad y el grado de satisfacción de tal forma de proveer un ambiente protegido y fiable. En los procesos internos se hace énfasis en la implementación/mantenimiento de los sistemas de control y en la mejora del proceso de respuesta ante emergencias, verificando el cumplimiento de los puntos del checklist y la eficacia en las operaciones. Por último, en aprendizaje y crecimiento, se promueven las capacidades del personal y la cultura de prevención mediante el entrenamiento y el seguimiento del aprendizaje.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura donde se seleccionaron 30 artículos de 3026 mediante el método PRISMA, mediante el cual se permitió sentar las bases teóricas y técnicas sobre la aplicación de normativas NFPA en sistemas de protección contra incendios, llegándose a determinar la importancia de la prevención, detección y control de incendios en las instalaciones industriales y la necesidad de cumplir ciertos estándares internacionales para garantizar la seguridad de las personas, instalaciones y bienes materiales. Igualmente, se identificaron los principales componentes de un sistema que pueda ser eficiente, tales como la detección automática, los equipos de extinción, señalamientos y capacitación del personal, factores que fueron la base conceptual para el diagnóstico de la empresa Aguapen EP.

Se estableció la metodología de investigación con un enfoque mixto, donde la recogida de datos cualitativos y cuantitativos se combinaba, con la finalidad de acometer un diseño transversal al objeto de estudio, porque la recolección de la información fue llevada a cabo en un único momento y conseguir un diagnóstico completo del estado real del sistema contra incendios de la empresa. Se trató de un estudio no experimental, puesto que no se manipuló en ningún caso la variable, sino que se observó la realidad del contexto. Se recurrió a herramientas como MESERI y checklist con el objetivo de evaluar la situación de la empresa en seguridad contra incendios, detectando debilidades en lo relacionado con, entre otras, la cobertura del sistema contra incendios, el mantenimiento de los equipos y la formación del personal.

La propuesta, se elaboró mediante un plan integral que se dio por medio de la identificación de riesgos por áreas como base, lo cual permitió el desarrollo de un sistema de rociadores automáticos que se ajustó a las características de todas las zonas de la planta. También fue determinada la cantidad de extintores óptima por zonas, asegurando la adopción de una disposición que se ajusta a la normativa NFPA 10 y NFPA 13. Por añadidura se desarrollaron cronogramas de mantenimiento preventivos para el equipo de extinción (extintores y rociadores), así como un plan anual de formación de los operarios y simulacros para el personal orientado a fomentar la preparación ante emergencias. Así las cosas, la propuesta busca el aumento del nivel de seguridad industrial de Aguapen EP, alineándose a los estándares internacionales y fomentando la cultura preventiva en la organización.

RECOMENDACIONES

Se aconseja seguir afianzando la base teórica y técnica sobre la norma NFPA con consultas periódicas de nuevas actualizaciones, artículos científicos y manuales técnicos específicos y, a la estricta condición de que la empresa Aguapen EP mantenga una biblioteca normativa adecuadamente actualizada como referencia necesaria para auditorías internas y futuras actualizaciones del sistema. También se sugiere que el personal técnico y de mantenimiento participe en cursos de capacitación sobre la interpretación y aplicación de las normas NFPA como garantía de que la gestión del riesgo de incendio quede fundamentada sobre el conocimiento.

Se sugiere continuar con la metodología mixta como instrumento de evaluación continua, ya que puede establecer una herramienta de contraposición entre la percepción que tienen los trabajadores y los datos técnicos del sistema. Cabe destacar que es recomendable realizar cada cierto tiempo este tipo de diagnósticos utilizando los instrumentos MESERI y checklist, dados que no solo permiten conocer la evolución producida, sino que también habilitan el diagnóstico, la detección de nuevas necesidades. También se recomienda que haya un sistema de seguimiento de registros existente en formato digital que permita tener documentadas las intervenciones, los mantenimientos y los resultados de las auditorías permitiendo realizar un seguimiento histórico de la seguridad frente a los incendios y en cuanto a la aplicación de las normativas internacionales.

En este sentido, sería factible continuar con la propuesta, pues los elementos afectados se han de adecuar a aquella área con mayor nivel de riesgo detectado. Es necesario controlar que la instalación de rociadores y extintores sea supervisada por personas más que certificadamente competentes y de acuerdo con lo establecido en las NFPA 10, 13 y 25 que estipulan lo concerniente al diseño, instalación y mantenimiento del sistema mencionado. La supervisión de los cronogramas de mantenimiento y de los programas de formación ha de realizarse según lo estipulado previamente y haciéndose de la participación del personal en simulacros y programas de formación; de esta manera Aguapen EP no únicamente reforzará su infraestructura en seguridad sino también la cultura organizacional con orientaciones a la prevención y la reacción ante los incendios.

BIBLIOGRAFÍA

- Alulema Julio, M., Chulli Juan, L., Lozano Ángel, G., Flores Alcides, G., & Miño, G. (2020). Metodologías MESERI, 64roble de incendio y explosión, ALOHA, para determinar zonas de seguridad en estaciones de servicios de combustibles/Methodologies MESERI, fire and 64roblema64 index, ALOHA, to determine safety zones in gas service stations. *KnE Engineering*. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6251>
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). Guía para elaborar la operacionalización de variables. *Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo*, X(28), 42–56. <https://doi.org/10.31644/IMASD.28.2021.a02>
- Arias-Gonzales, J. (2021). *DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. <https://www.researchgate.net/publication/352157132>
- Astete, & Cárcamo. (2015). Comparative review of fire risk evaluation applied to a residential building. In *ORP journal* | (Vol. 3). <https://doi.org/ISSN-e2385-3832>
- Bilson, M., Raza, H., & Connell, W. (2025). Fixed Fire Fighting and Emergency Ventilation Systems for Highway Tunnels. *Transportation Research Record*, 2679(9), 139–151. <https://doi.org/10.1177/03611981251333723>
- CEJ. (2014). *Convocatoria 2014 Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales*.
- Cueva Luza, T., Jara Córdova, O., Arias Gonzáles, J. L., Flores Limo, F. A., & Balmaceda Flores, C. A. (2023). Métodos mixtos de investigación para principiantes. In *Métodos mixtos de investigación para principiantes*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.106>
- Garcés, G., & Bastías, E. (2024). *Competencies model for online learning in higher education: a bibliometric 64roblema and systematic review*. <https://orcid.org/0000-0002-1359-4835>
- González-Sáenz, D. M., Volpi-León, V., Serralde-Lealba, J. R., Bigurra-Alzati, C. A., Juárez-Sedano, A. D., & Sánchez-Roldán, M. E. (2023). Revisión del estado actual de los sistemas de protección pasiva contra incendios (PPCI) y su impacto en la alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, II, 174–181. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11iespecial3.11522>
- Hernández, Fernández, María del Pilar Baptista Lucio, D., & Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (2014). *Metodología de la investigación*.
- Hernández, S., & Duana, D. (2020). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>
- Ho, H. H., Chen, C., Sung, M. H., Shen, T., & Chen, Y. (2025). Experimental investigation of in-rack sprinkler parameters for ASRS warehouse protection. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2025.105760>

- Jacqueline, S., & Antonio, H. (2024). Propuesta de medidas preventivas contra incendios para las instalaciones donde se realiza trabajos de soldadura eléctrica. *Polo Del Conocimiento*, 100, 1–21.
- Kaniewski, M. (2025). Recommendations and guidelines for the safety evaluation of ammonium nitrate systems with the use of 65roble 65roblema. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2025.105740>
- Kombo-Mpindou, G. O. M., Chordà Ramón, E. C., & Garcia, E. (2020). Microbiological risk assessment in 65robl treatment plants 65roblema a combination of 65roble 65roblema, failure 65rob and predictive modelling. *World 65roblema6565n Civil, Structural, and Environmental Engineering*, 142-142–2. <https://doi.org/10.11159/iceptp20.142>
- Lara, R. D. la H., Vergara, K. A. F., Arrieta, J. C., Mariano, L. E. M., & Ahumada, K. C. (2022). Fire Regulations in Industrial Companies and the 65roblema Impact and Risk: The Case of the Municipality of Soledad, Atlántico. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 12(2), 179–183. <https://doi.org/10.18280/ijss.120205>
- Medina Pérez, V. H., & Medina Gavidia, E. P. (2024). Herramientas y técnicas modernas de protección contra incendios. Una Revisión Bibliográfica actualizada. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 1131–1146. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11324
- Mucha-Hospinal, L. F., Chamorro-Mejía, R., Oseda-Lazo, M. E., & Alania-Contreras, R. D. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos*, 12(1), 50–57. <https://doi.org/10.37711/65roblema.2021.12.1.253>
- Muñoz Poblete, C. (2013). Métodos mixtos: una aproximación a sus ventajas y limitaciones en la investigación de sistemas y servicios de salud. *Revista Chilena de Salud Pública*, 17(3). <https://doi.org/10.5354/0717-3652.2013.28632>
- Nazir, S., Sorensen, L. J., Øvergård, K. I., & Manca, D. (2015). 65roblema65 training methods on Distributed Situation Awareness of industrial operators. *Safety Science*, 73, 136–145. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2014.11.015>
- Papazoglou, A., Lagarias, A., & Stratigea, A. (2026). Methodologies for Wildland-Urban Interface (WUI) Fire Risk Assessment – Case Study North-Eastern Attica Region. In *Lecture Notes in Computer Science: Vol. 15889 LNCS*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97603-2_6
- Planas, E., Paugam, R., Àgueda, A., Vacca, P., & Pastor, E. (2023). Fires at the wildland-industrial interface. Is there an emerging 65roblema? *Fire Safety Journal*, 141, 103906. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103906>
- Quezada, L., Ipiates, L., Barba, K., & Bustamante, S. (2024). ANÁLISIS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS PARA MINIMIZAR EL RIESGO EN CONSTRUCCIONES CON EL SISTEMA DE STEEL FRAMING. *ALEMA-Pentaciencias*, 288–298.

- Segoviano, & Tamez. (2014). *Muestreo estratificado*. <http://www.tirant.com/mex>
- Shukla, S. (2020). *CONCEPT OF POPULATION AND SAMPLE*.
<https://www.researchgate.net/publication/346426707>
- Sonia, Y., Mario, M., Ab, J., & Juan, M. (2024). *Herramientas y Técnicas Para Recolección y Procesamiento de Datos Aplicables a las Ferias Francas de la provincia de Misiones*.
- Yazir, D. (2022). Application of IF-TOPSIS method on fixed fire fighting systems for cargo hold fires on the dry/bulk cargo ships. *Ocean Engineering*, 260, 111891.
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111891>

ANEXOS

Anexo 1.

Revisión de la literatura.

ARTICULO	AUTOR	PROPUESTA	HALLAZGOS	SINERGIA
A1	Verwoerd M.	Establecer metodologías de evaluación de confiabilidad y riesgo en sistemas técnicos.	Se identifican factores críticos que afectan la confiabilidad y seguridad de los sistemas.	Conecta la ingeniería de confiabilidad con la gestión de riesgos industriales.
A2	Shi H.; Yu Y.-X.; Liu R.; Liu H.-C.	Proponer modelos computacionales inteligentes para el manejo de incertidumbre en los procesos.	Se demuestra la eficacia de modelos probabilísticos en la toma de decisiones.	Combina inteligencia artificial, lógica y modelado de procesos industriales.
A3	Smith Edwin E.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A4	Yan W.-X.; Ma W.-T.; Fu Z.; Zhao Y.-Z.; Zhou X.-Y.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A5	Taylor Robert E.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A6	Li Z.; Zhang Y.; Jiang H.; Tang C.; Luo D.; Chen L.; Lin Y.; Li T.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A7	Barmpoutis P.; Papaioannou P.; Dimitropoulos K.; Grammalidis N.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A8	Pezousa H.; Rossia C.; Sancheza M.; Mathieua F.; Dollata	Desarrollar o evaluar modelos de prevención,	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de
A9	Smith E.E.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A10	Gentili F.; Giuliani L.; Bontempi F.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención,	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de

A11	RUWE V.W.	Desarrollar o analizar un modelo teórico o experimental en el ámbito de la ingeniería.	Se obtienen resultados que contribuyen al entendimiento o mejora del sistema estudiado.	Relaciona la investigación técnica con aplicaciones prácticas en ingeniería o ciencia
A12	Chow W.K.; Cheung O.T.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A13	Ling F.Y.Y.; Soh L.H.	Desarrollar o analizar un modelo teórico o	Se obtienen resultados que contribuyen al	Relaciona la investigación técnica con
A14	Beal C.M.; Fakhreddine M.; Ezekoye O.A.	Optimizar el comportamiento de sistemas energéticos mediante métodos numéricos o	Los resultados permiten mejorar la eficiencia térmica y la precisión de los modelos.	Integra simulación, experimentación y diseño en sistemas energéticos.
A15	Moseley T.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A16	Cordasco Gerald	Desarrollar o analizar un modelo teórico o experimental en el ámbito de la ingeniería.	Se obtienen resultados que contribuyen al entendimiento o mejora del sistema estudiado.	Relaciona la investigación técnica con aplicaciones prácticas en ingeniería o ciencia
A17	Xie Z.K.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A18	Anon	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A19	Ma Q.; Chen Z.; Chen J.; Zhai X.; Liu C.; Guo F.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A20	Ito A.; Saito K.; Inamura T.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.

A21	Paš J.; Klimczak T.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A22	Li K.-Y.; Tsai S.-Y.; Lin C.-P.; Tsai Y.-T.; Shu C.-M.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A23	Moseley T.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A24	James A.	Desarrollar o analizar un modelo teórico o experimental en el ámbito de la ingeniería.	Se obtienen resultados que contribuyen al entendimiento o mejora del sistema estudiado.	Relaciona la investigación técnica con aplicaciones prácticas en ingeniería o ciencia
A25	Finney M.A.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A26	Guo J.; Huang J.; Yan B.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A27		Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A28	Shih G.-R.; Tsai P.-H.; Tsai R.-G.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A29	McNeil J.G.; Lattimer B.Y.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.
A30	Pezousa H.; Rossia C.; Sancheza M.; Mathieu F.; Dollata X.; Charlota S.; Salvagnaca L.; Conédéraa V.	Desarrollar o evaluar modelos de prevención, detección o control de incendios.	Se obtienen conclusiones sobre el comportamiento del fuego y medidas de mitigación.	Integra la ingeniería de incendios con la gestión de seguridad y diseño estructural.

Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 2.

Matriz de validación de expertos.

MATRIZ DE VALIDACIÓN POR CRITERIO DE JUICIO DE EXPERTOS																				
INSTRUMENTO DE VARIABLE DEPENDIENTE: APLICANDO NORMATIVAS NFPA																				
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	Nº	ÍTEMS	ESCALA			CRITERIOS DE EVALUACIÓN								Observación y/o recomendación				
					1. Si	2. Tal vez	3. No	Relación entre la variable y la dimensión		Relación entre la dimensión y el indicador		Relación entre el indicador y el ítem		Relación entre el ítem y la opción de respuesta						
								SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO					
Aplicando normativas NFPA	D1 Cumplimiento normativo: Grado en el que el sistema contra incendios se ajusta a las disposiciones legales, reglamentarias y normas técnicas internacionales, garantizando seguridad, confiabilidad y aceptación por parte de las autoridades competentes Martínez, Pérez & Rodríguez (2020).	11 % de requisitos NFPA cumplidos en la instalación.	1,1	¿El sistema cumple con las normas internacionales de seguridad?																
		12 Número de no conformidades detectadas en auditorías.	1,2	¿Se encontraron problemas cuando se revisó el sistema?																
	D2 Clasificación de riesgos: Proceso técnico que identifica, analiza y categoriza los peligros de incendio según la naturaleza de las actividades, materiales y ocupación del espacio, con el fin de establecer las medidas de protección y los sistemas adecuados Gutiérrez & Herrera (2021).	13 Identificación correcta del tipo de riesgo según NFPA.	2,1	¿Se identificaron los lugares con mayor riesgo de incendio?																
		14 % de áreas clasificadas según criterios normativos.	2,2	¿Todas las áreas fueron evaluadas para saber qué riesgo tienen?																
	D3 Selección de sistemas y equipos: Determinación y elección de dispositivos, equipos y tecnologías contra incendios (rociadores, detectores, bombas, extintores, alarmas, etc.) que cumplen con normas NFPA, en función de los riesgos identificados y las condiciones del entorno López, Andrade & Torres (2019).	15 % de equipos que cumplen con certificaciones NFPA.	3,1	¿Los equipos instalados son reconocidos como seguros a nivel internacional?																
		16 Grado de adecuación del sistema instalado al riesgo identificado	3,2	¿El sistema instalado es el adecuado para los riesgos que existen?																
	D4 Protocolos de inspección y pruebas: Conjunto de procedimientos sistemáticos establecidos para verificar la operatividad, desempeño y cumplimiento de los sistemas contra incendios mediante pruebas funcionales y revisiones periódicas según estándares técnicos Ramírez & Salazar (2022).	17 Número de pruebas de funcionamiento ejecutadas frente a lo exigido (%).	4,1	¿Se han probado los equipos para asegurarse de que funcionen?																
		18 Porcentaje del cumplimiento del presupuesto anual (%)	4,2	¿Se revisan los equipos con la frecuencia recomendada?																
	D5 Documentación y registro: Mecanismos formales de generación, conservación y control de informes, planos, certificados, bitácoras y registros que evidencian el diseño, instalación, operación, mantenimiento y cumplimiento normativo de los sistemas contra incendios (Yazir, 2022).	19 % de reportes técnicos registrados conforme a la normativa.	5,1	¿Se llevan registros de todas las revisiones y pruebas?																
		110 Existencia de manuales y planos actualizados en base a NFPA.	5,2	¿Se cuenta con manuales y planos actualizados del sistema?																

MATRIZ DE VALIDACIÓN POR CRITERIO DE JUICIO DE EXPERTOS																
INSTRUMENTO DE VARIABLE INDEPENDIENTE: PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS																
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	Nº	ÍTEM	ESCALA			CRITERIOS DE EVALUACIÓN								Observación y/o recomendación
					1. Si	2. Tal vez	3. No	Relación entre la variable y la dimensión		Relación entre la dimensión y el indicador		Relación entre el indicador y el ítem		Relación entre el ítem y la opción de respuesta		
								SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Propuesta de sistemas contra incendios	D6 Diseño del sistema: Proceso de planificación e ingeniería que define la estructura, componentes, ubicación y funcionalidad de los sistemas contra incendios, garantizando eficiencia operativa y cumplimiento de los parámetros de seguridad (Lara et al., 2022).	I11 % de áreas con planos de protección contra incendios aprobados.	11,1	¿Todos las áreas del lugar tienen un plan de protección contra incendios?											Cuestionario encuesta	
		I12 Cumplimiento del dimensionamiento de redes y equipos según estándares técnicos. Checklist (%)	12,1	¿El sistema está pensado para proteger a toda la instalación?												
	D7 Equipamiento: Conjunto de dispositivos, accesorios y herramientas certificados (extintores, hidrantes, alarmas, rociadores, bombas, tuberías, detectores, etc.) que integran el sistema contra incendios y que deben ser seleccionados según normas de desempeño y resistencia (Planas et al., 2023).	I13 Número de equipos instalados versus número de equipos planificados.	13,1	¿Se colocaron todos los equipos contra incendios que estaban previstos?												
		I14 % de equipos con certificación vigente.	14,1	¿Los equipos instalados son seguros y confiables?												
	D8 Cobertura y alcance: Extensión espacial y funcional que determina qué áreas, instalaciones y procesos estarán protegidos por los sistemas contra incendios, considerando la densidad de riesgos, ocupación y criticidad operativa (Quezada et al., 2024).	I15 % de zonas críticas con protección instalada.	15,1	¿Las áreas más peligrosas cuentan con equipos contra incendios?												
		I16 Nivel de cobertura respecto a la totalidad de la planta/edificación.	16,1	¿El sistema protege la mayor parte de la planta o edificio?												
	D9 Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades planificadas, periódicas y sistemáticas destinadas a conservar los sistemas contra incendios en condiciones óptimas de funcionamiento, reduciendo fallos y garantizando confiabilidad durante emergencias (Ávila-Cuello, 2024).	I17 Frecuencia de inspecciones realizadas frente al plan establecido.	17,1	¿Se revisan los equipos contra incendios con regularidad?												
		I18 % de equipos en óptimas condiciones operativas.	18,1	¿La mayoría de los equipos funciona correctamente?												
	D10 Capacitación y preparación del personal: Proceso de formación técnica, teórica y práctica, dirigido a los ocupantes y brigadistas, para desarrollar competencias en el uso, respuesta y manejo adecuado de los sistemas contra incendios, conforme a protocolos NFPA y planes de emergencia (Rodríguez-Rincón et al., 2023).	I19 Número de brigadistas entrenados en uso de los sistemas(%).	19,1	¿El personal sabe cómo usar los equipos en caso de incendio?												
		I20 % de simulacros realizados en comparación con lo planificado.	20,1	¿Se han hecho simulacros de incendio en la planta o edificio?												

Nota. Elaborado por el autor.

Validación de instrumento por Experto N° 1

Nombre de instrumento: Cuestionario para la PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN, EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA.

Objetivo: Recolectar información válida y confiable acerca del estado actual de la seguridad contra incendios en la planta potabilizadora Atahualpa de la empresa Aguapen EP, identificando el grado de conocimiento, aplicación y cumplimiento de las normativas NFPA garantizando la protección de la planta, sus trabajadores y el servicio que brinda a la comunidad.

Dirigido a: Trabajadores la planta potabilizadora de agua Aguapen EP.

Apellidos y nombres del evaluador: Ing. Alejandro Crisóstomo Véliz Aguayo

Grado académico del experto evaluador: Doctor en Ciencias Técnicas.

Áreas de experiencia profesional: Técnica (x) Educativa (x)

Institución dónde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)

Tiempo de experiencia profesional en el área: 30 años

Valoración:

Bueno	Regular	Malo
X		

La Libertad, 23 de septiembre del 2025



Ing. Alejandro Crisóstomo Véliz Aguayo, PhD

CI: 0908182280

Experto 1

Validación de instrumento por Experto N° 2

Nombre de instrumento: Cuestionario para la propuesta de sistemas contra incendios aplicando normativas NFPA, en la empresa Aguapen. EP, planta Atahualpa cantón Santa Elena.

Objetivo: Recolectar información válida y confiable acerca del estado actual de la seguridad contra incendios en la planta potabilizadora Atahualpa de la empresa Aguapen EP, identificando el grado de conocimiento, aplicación y cumplimiento de las normativas NFPA garantizando la protección de la planta, sus trabajadores y el servicio que brinda a la comunidad.

Dirigido a: Trabajadores la planta potabilizadora de agua Aguapen EP.

Apellidos y nombres del evaluador: Ing. Matías Pillasagua Victor Manuel Mgtr.

Grado académico del experto evaluador: Máster en Ciencias e Ingeniería

Áreas de experiencia profesional: Técnica (x) Educativa (x)

Institución dónde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)

Tiempo de experiencia profesional en el área: 15 años

Valoración:

Bueno	Regular	Malo
X		

La Libertad, 23 de septiembre del 2025



Ing. Matías Pillasagua Victor Manuel Mgtr.

CI: 0912164043

Experto 2

Validación de instrumento por Experto N° 3

Nombre de instrumento: Cuestionario para la propuesta de sistemas contra incendios aplicando normativas NFPA, en la empresa Aguapen. E.P. planta Atahualpa cantón Santa Elena.

Objetivo: Recolectar información válida y confiable acerca del estado actual de la seguridad contra incendios en la planta potabilizadora Atahualpa de la empresa Aguapen EP, identificando el grado de conocimiento, aplicación y cumplimiento de las normativas NFPA garantizando la protección de la planta, sus trabajadores y el servicio que brinda a la comunidad.

Dirigido a: Trabajadores la planta potabilizadora de agua Aguapen EP

Apellidos y nombres del evaluador: Dr. Gerardo Antonio Herrera Brunett

Grado académico del experto evaluador: PhD en Ciencias Ambientales

Áreas de experiencia profesional: Técnica (x) Educativa (x)

Institución dónde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)

Tiempo de experiencia profesional en el área: 35 años

Valoración:

Bueno	Regular	Malo
X		

La Libertad, 23 de septiembre del 2025



Dr. Gerardo Antonio Herrera Brunett

CI: 0909254260

Experto 3

Validación de instrumento por Experto N° 4

Nombre de instrumento: Cuestionario para la PROPUESTA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS APLICANDO NORMATIVAS NFPA, EN LA EMPRESA AGUAPEN. EP, PLANTA ATAHUALPA CANTÓN SANTA ELENA.

Objetivo: Recolectar información válida y confiable acerca del estado actual de la seguridad contra incendios en la planta potabilizadora Atahualpa de la empresa Aguapen EP, identificando el grado de conocimiento, aplicación y cumplimiento de las normativas NFPA garantizando la protección de la planta, sus trabajadores y el servicio que brinda a la comunidad.

Dirigido a: Trabajadores la planta potabilizadora de agua Aguapen EP.

Apellidos y nombres del evaluador: Ing. Marco Bermeo Garcia, MSc.

Grado académico del experto evaluador: Master en gerencia educativa.

Áreas de experiencia profesional: Técnica (x) Educativa (x)

Institución dónde labora: Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)

Tiempo de experiencia profesional en el área: 20 años

Valoración:

Bueno	Regular	Malo
X		

La Libertad, 23 de septiembre del 2025



Ing. Marco Bermeo Garcia, MSc.

CI: 1706326813

Experto 4

Validación de instrumento por Experto N° 5

Nombre de instrumento: Cuestionario para la propuesta de sistemas contra incendios aplicando normativas NFPA, en la empresa Aguapen. EP, planta Atahualpa cantón Santa Elena.

Objetivo: Recolectar información válida y confiable acerca del estado actual de la seguridad contra incendios en la planta potabilizadora Atahualpa de la empresa Aguapen EP, identificando el grado de conocimiento, aplicación y cumplimiento de las normativas NFPA garantizando la protección de la planta, sus trabajadores y el servicio que brinda a la comunidad.

Dirigido a: Trabajadores la planta potabilizadora de agua Aguapen EP.

Apellidos y nombres del evaluador: M.Sc. Vicente Darwin Gonzabay Mejillones

Grado académico del experto evaluador: Magister en Gerencia de Seguridad y Salud.

Áreas de experiencia profesional: Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional.

Institución dónde labora: Aguapen EP.

Tiempo de experiencia profesional en el área: 15 años

Valoración:

Bueno	Regular	Malo
X		

La Libertad, septiembre del 2025



M.Sc. Vicente Darwin Gonzabay Mejillones

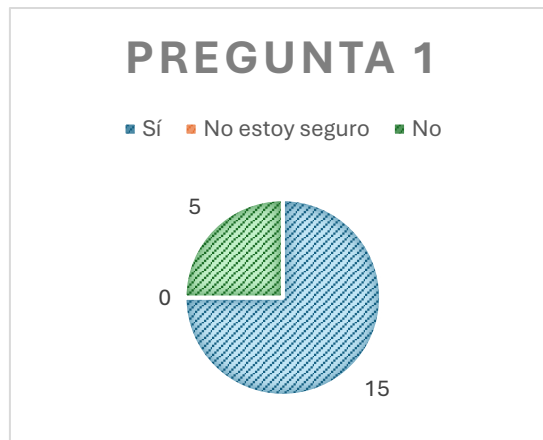
CI: 0917797219

Experto 5

Anexo 3.

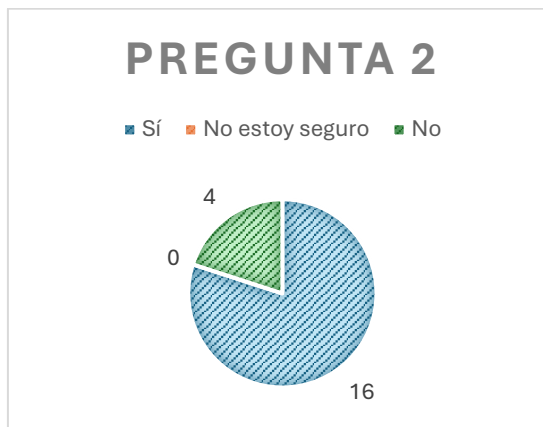
Resultados de la encuesta.

1. ¿El sistema cumple con las normas internacionales de seguridad?



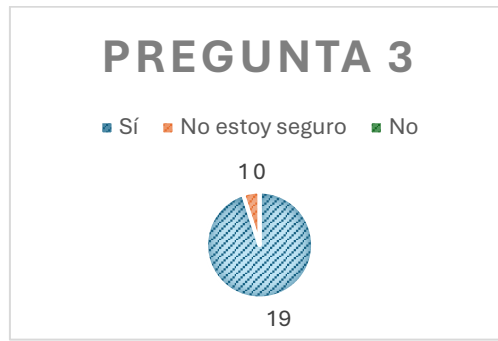
El 75 % de los encuestados responde que sí, lo que significa que existe un cumplimiento general aceptable de las normas internacionales, pero un 25 % de los encuestados considera que no existen normas, lo que refleja una parte y sirve para mejorar certificaciones o condiciones de mantenimiento o alteraciones.

2. ¿Se encontraron problemas cuando se revisó el sistema?



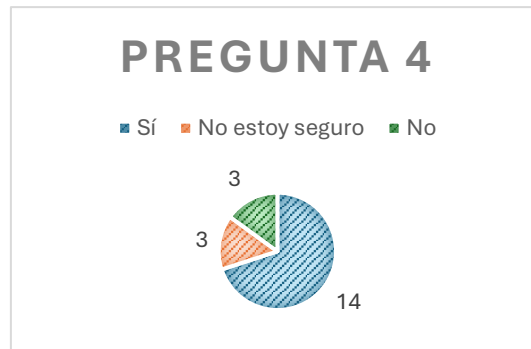
El 80 % expresa que sí, lo que implica que existen deficiencias o fallos detectados que vale la pena terminar de inmediato si queremos que el sistema funcione.

3. ¿Se identificaron los lugares con mayor riesgo de incendio?



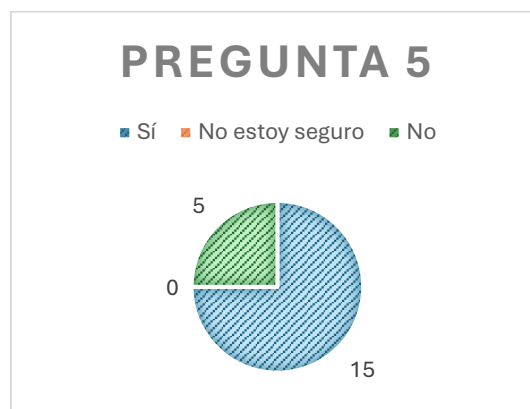
El 95 % responde que sí, lo que demuestra que se ha desarrollado de forma correcta la identificación de zonas críticas y que se considera su uso para la planificación preventiva o de reacción.

4. ¿Todas las áreas fueron evaluadas para saber qué riesgo tienen?



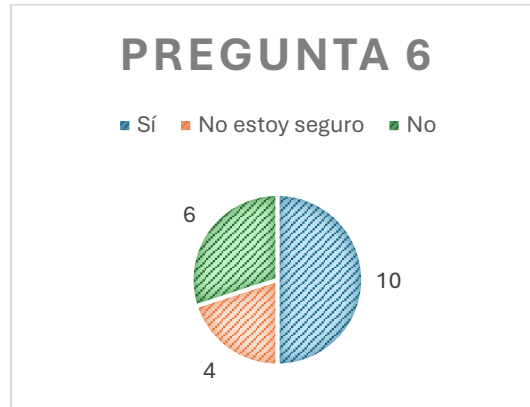
Un 70 % dice que sí, pero hay un 30 % de la muestra que dice entre "no" y "no estoy seguro", el cual indica que algunas zonas no han podido ser totalmente evaluadas.

5. ¿Los equipos instalados son reconocidos como seguros a nivel internacional?



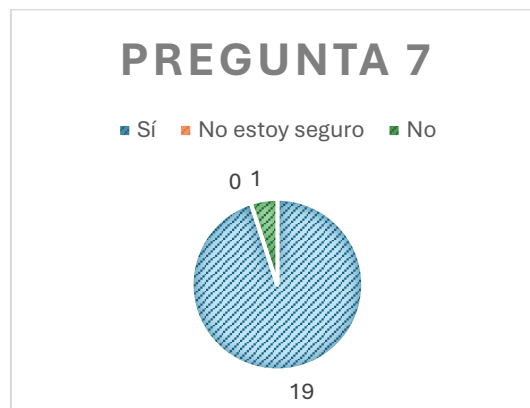
El 75 % dice que sí, lo cual significa que confía en la calidad de los equipos, aunque hay un 25 % de la muestra que manifiesta dudas.

6. ¿El sistema instalado es el adecuado para los riesgos que existen?



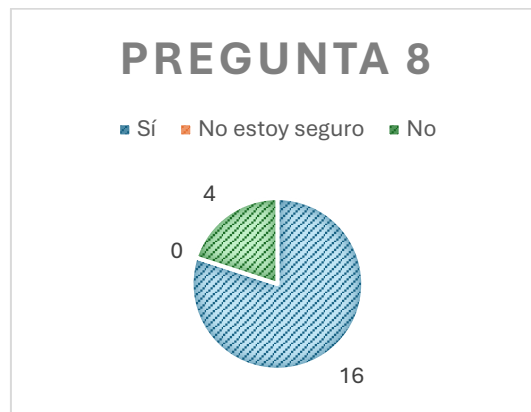
Solo el 50 % responde que sí, lo cual significa que se da una opinión dividida y la necesidad de verificar si efectivamente el sistema corresponde a los riesgos detectados.

7. ¿Se han probado los equipos para asegurarse de que funcionen?



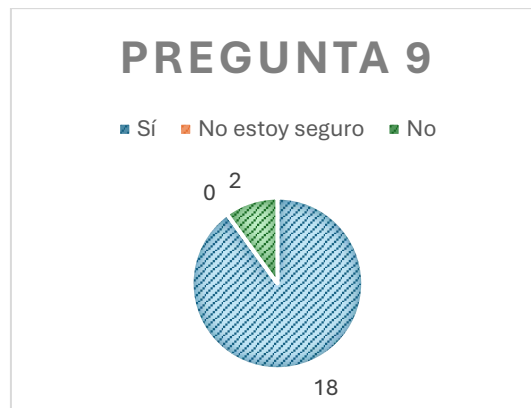
El 95 % de los encuestados afirmaron que sí se evidencia un buen control operativo derivado de las pruebas funcionales realizadas de manera sistemática en la empresa.

8. ¿Se revisan los equipos con la frecuencia recomendada?



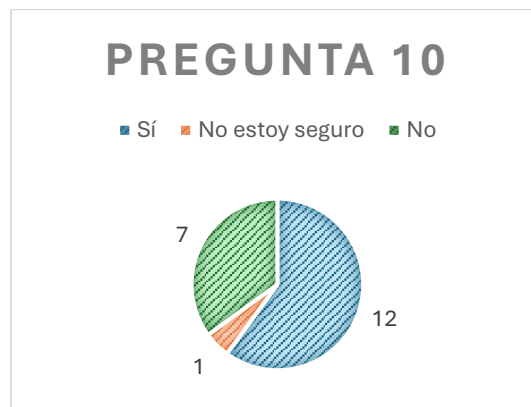
El 80 % responde sí, lo cual significa que el ciclo de pruebas que aparece aquí se cumple en toda su periodicidad, aunque hay un 20 % de la muestra que manifiesta que puede haber retrasos o incumplimientos.

9. ¿Se llevan registros de todas las revisiones y pruebas?



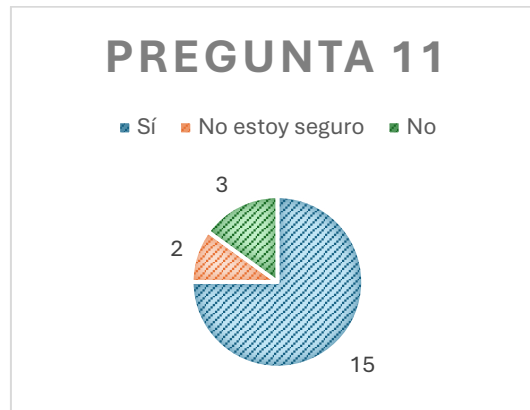
El 90 % asegura que sí, lo cual refleja que la documentación relacionada con el mantenimiento y el control de los equipos se ha llevado de forma adecuada.

10. ¿Se cuenta con manuales y planos actualizados del sistema?



Sin embargo, solo el 60 % confirma la existencia de estos registros, lo que sugiere una debilidad documental importante en cuanto a las garantías necesarias para una operación segura.

11. ¿Todas las áreas del lugar tienen un plan de protección contra incendios?



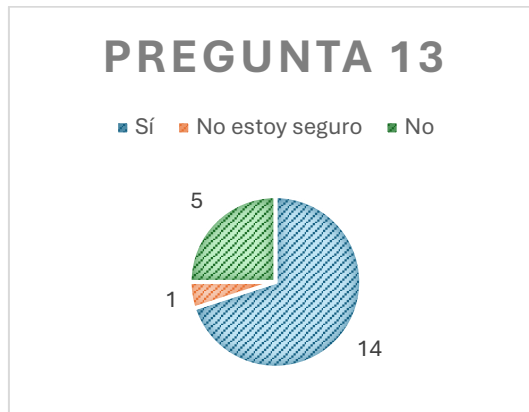
Por otro lado, el 75 % indica que sí y el 25 % restante no lo confirma, lo que apunta a la ausencia de un plan formal en ciertas áreas.

12. ¿El sistema está pensado para proteger a toda la instalación?



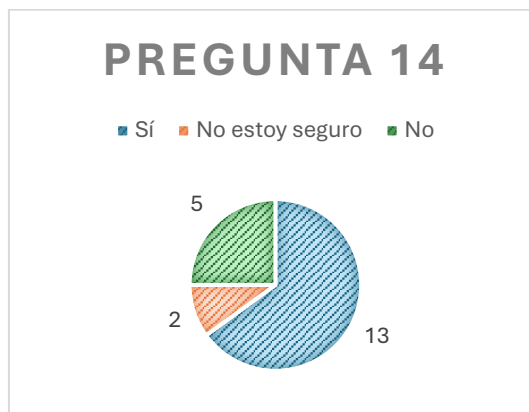
El 40 % sólo dice que sí y un 50 % también indica lo contrario, indicando que el sistema no llega a completar toda la infraestructura.

13. ¿Se colocaron todos los equipos contra incendios que estaban previstos?



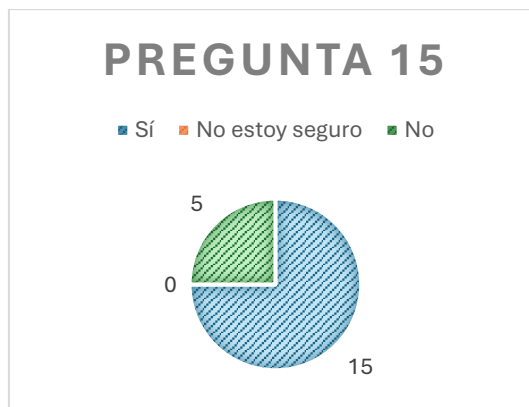
El 70 % sí lo dice, y el 25 % que indica lo contrario, lo que puede llegar a indicar una instalación a medio camino o incompleta.

14. ¿Los equipos instalados son seguros y confiables?



El 65 % contestan que sí, lo que indica que confían en su propia seguridad, mientras que un 35 % muestran dudas o manifiestan disconformidad, es decir, hay una escasa percepción de fiabilidad.

15. ¿Las áreas más peligrosas cuentan con equipos contra incendios?



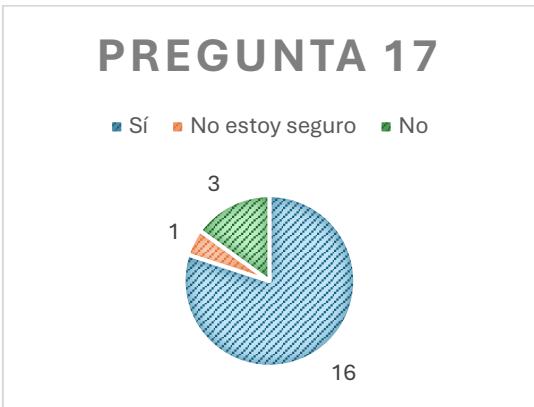
El 75 % contestan que sí, lo que tiende a ser positivo, pero hay un 25 %, que contestar en negativo, lo que señala que alguna de las zonas críticas tiene vulnerabilidades.

16. ¿El sistema protege la mayor parte de la planta o edificio?



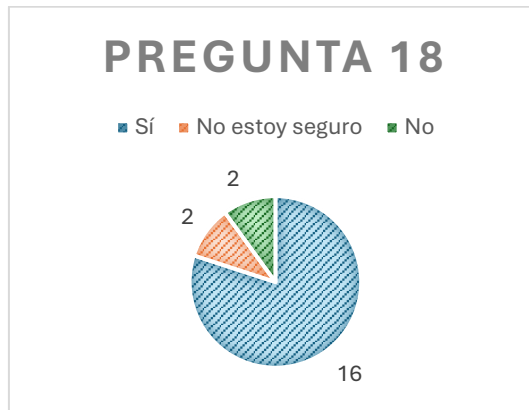
El 95 % lo considera así, que evidencia una buena cobertura del sistema en la instalación.

17. ¿Se revisan los equipos contra incendios con regularidad?



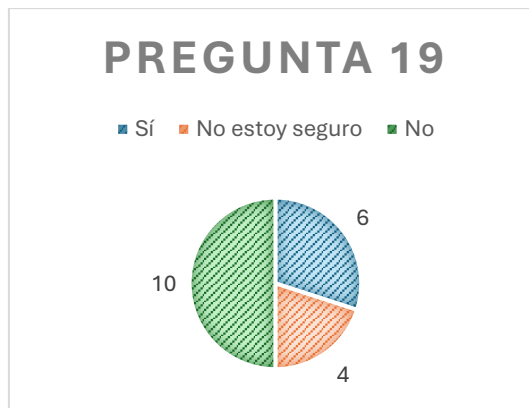
El 80 % contestan que sí, lo que verifican que, en general, hay un compromiso con el mantenimiento periódico, aunque todavía se producen casos aislados que no se realizan.

18. ¿La mayoría de los equipos funciona correctamente?



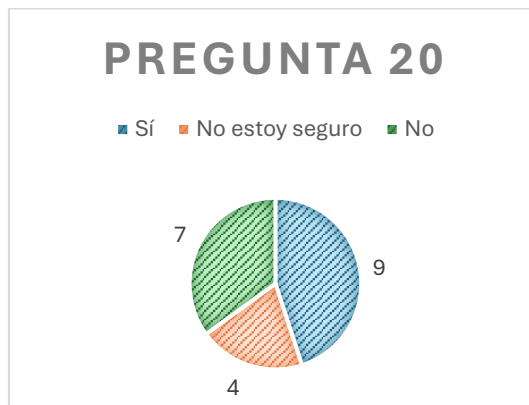
El 80 % contestan afirmativamente, lo que indica que el estado operativo general es bueno, aunque hay un 20 % que informan de fallos menores o de equipos que se encuentran inactivos.

19. ¿El personal sabe cómo usar los equipos en caso de incendio?



Sólo el 30 % responde que sí, lo cual es un punto muy crítico ya que evidencia la falta de formación y bienestar del personal.

20. ¿Se han hecho simulacros de incendio en la planta o edificio?



El 45 % dice que sí, pero un 55 % restante queda entre el “no” y el “no estoy seguro”, lo que indica poca práctica de los simulacros y que la preparación ante emergencias se reduce.

Anexo 4.

Crterios de fiabilidad.

Alfa de Cronbach	Consistencia Interna
$\alpha \geq 0,9$	Excelente
$0,8 \leq \alpha < 0,9$	Buena
$0,7 \leq \alpha < 0,8$	Aceptable
$0,6 \leq \alpha < 0,7$	Cuestionable
$0,5 \leq \alpha < 0,6$	Pobre
$\alpha < 0,5$	Inaceptable

Anexo 5.

Clasificación de fuegos.

Clasificación de fuegos	descripción
Clase A	Fuegos en materiales combustibles comunes, como madera, tela, papel, caucho y plásticos varios.
Clase B	Fuegos en lí-quidos inflamables, lí-quidos combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
Clase C	Fuegos que involucran equipos eléctricos energizados.
Clase D	Fuegos de metales combustibles, como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.
Clase K	Fuegos en aparatos de cocina que involucran medios de cocción combustibles (aceites y grasas vegetales o animales).

Nota: En base a la NFPA.

Anexo 6.
Elaboración de checklist.



Nota. Revisión del cumplimiento de la normativa.

Anexo 7.
Tabla de resultados MESERI.

Valor de P o RIESGO	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.

Nota. En base al método MESERI.