

**Título:** Propuesta de diseño de una herramienta tecnológica de planificación de proyecto para la prevención de incendios en la industria “soluciones ambientales 4R”.

**Autor:** Luher Jehins Olaya Moreno.

**Director de tesis:** Sebastián Alberto Peláez Gómez

**Sub línea de Investigación:** Gerencia de Proyectos de Desarrollo Sostenible

**Tema de Interés en el trabajo:** uso de tecnologías innovadoras y estrategias de gestión de proyectos para la prevención y manejo de incendios industriales con un enfoque sostenible.

## Tabla de Contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>Abstrac .....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>8</b>
<b>Estado de la Cuestión .....</b>	<b>8</b>
<b>Problema de investigación.....</b>	<b>13</b>
<b>Breve descripción del problema .....</b>	<b>13</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>14</b>
<b>Pregunta de investigación .....</b>	<b>16</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>16</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivo General .....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>19</b>
<b>Marco Teórico .....</b>	<b>19</b>
<b>Marco conceptual.....</b>	<b>19</b>
<b>Gestión de riesgos en el contexto industrial .....</b>	<b>19</b>
<b>Tipos de riesgos en la industria .....</b>	<b>19</b>
<b>Ciclo de gestión de riesgos .....</b>	<b>20</b>
<b>Prevención de incendios en el sector metalúrgico.....</b>	<b>22</b>
<b>Tecnología de business intelligence (BI) aplicada a la gestión de riesgos .....</b>	<b>23</b>
<b>Dashboard en la gestión de riesgos .....</b>	<b>24</b>
<b>Diseño de un dashboard de gestión de riesgos .....</b>	<b>25</b>
<b>Teorías Relacionadas con la Toma de Decisiones en Contextos de Alto Riesgo ..</b>	<b>26</b>
<b>Sostenibilidad y responsabilidad social corporativa (RSC).....</b>	<b>30</b>
<b>Marco de Referencia.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>32</b>
<b>Marco Metodológico .....</b>	<b>32</b>
<b>Enfoque de la investigación.....</b>	<b>32</b>
<b>Diseño metodológico .....</b>	<b>32</b>
<b>Diseño del tablero.....</b>	<b>34</b>
<b>Variable de estudio .....</b>	<b>35</b>
<b>Procedimiento.....</b>	<b>36</b>
<b><i>1. Fase de diagnóstico inicial: identificación de la necesidad de prevención de riesgos de incendios .....</i></b>	<b><i>36</i></b>

2.	<i>Fase de Identificación de Prácticas Actuales de Gestión de Riesgos</i> .....	37
3.	<i>Fase de identificación de prácticas actuales de gestión de riesgos</i> .....	38
4.	<i>Fase de diseño del dashboard</i> .....	38
5.	<i>Fase de análisis y conclusiones</i> .....	39
	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de información</b> .....	39
	<b>Unidad de estudio</b> .....	40
	<b>Consideraciones éticas</b> .....	40
	<b>CAPÍTULO IV</b> .....	41
	<b>Análisis y discusión de los resultados</b> .....	41
	<i>Diagnóstico de la necesidad de prevención de riesgos de incendios en industrias del sector metalmecánico</i> .....	42
	<b>Análisis PESTEL del sector empresarial metalmecánico</b> .....	42
	<b>Análisis FODA estudio de caso: Soluciones Ambientales 4R</b> .....	49
	<i>Identificación de las prácticas y procesos utilizados por las principales empresas del sector para la gestión de riesgos</i> .....	52
	<b>Revisión de Protocolos y Procedimientos</b> .....	52
	<b>Prácticas en la Planificación de Proyectos</b> .....	53
	<b>Normativa y Estándares</b> .....	54
	<b>Impacto económico y financiero</b> .....	55
	<b>Conclusiones</b> .....	57
	<b>Anexos</b> .....	58
	<i>Anexo 1. Diseño Dashboard para la Empresa “soluciones Ambientales 4R”</i> .....	58
	<b>Referencias</b> .....	59

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Operacionalización de la variable</b> .....	35
<b>Tabla 2. Análisis PESTEL en el sector metalmecánico</b> .....	44
<b>Tabla 3 Matriz FODA estudio de caso: Soluciones Ambientales 4R</b> .....	49
<b>Tabla 4. Matriz FODA cruzada</b> .....	50

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo la propuesta de diseño de una herramienta tecnológica para la gestión de riesgos de incendios en la industria metalmeccánica, específicamente, en la empresa “ Soluciones Ambientales 4R”, y surge a partir de la necesidad de implementar nuevas tecnologías de monitoreo que logren gestionar de forma integral los riesgos de incendios industriales, puesto que los mismos tienen un alto impacto económico, ambiental y social tanto en Colombia como a nivel mundial.

En ese sentido, la propuesta implica la creación de un tablero o *dashboard* interactivo, fácil de usar e interpretar que sea adaptable e integre indicadores clave de desempeño (KPIs), alertas tempranas, y visualizaciones de datos en tiempo real, todo esto basándose en las normativas vigentes contra incendios a nivel nacional e internacional.

Para ello, se realiza un estudio de enfoque cualitativo al realizar un análisis documental y bibliográfico, combinando análisis PESTEL y FODA con la aplicación de principios de Business Intelligence (BI) y gestión de proyectos sostenibles. De este modo se logra personalizar la herramienta haciéndola funcional a las necesidades precisas de la empresa “Soluciones Ambientales 4R” en cuanto a la gestión y mitigación de incendios.

Palabras Clave: Dashboard, Gestión de riesgos, Incendios.

## **Abstrac**

The present research aims to propose a design for a technological tool for fire risk management in the metalworking industry, specifically for the company "Soluciones Ambientales 4R." This research arises from the need to implement new monitoring technologies that can comprehensively manage industrial fire risks, as these have a high economic, environmental, and social impact both in Colombia and worldwide.

In this sense, the proposal involves the creation of an interactive dashboard that is user-friendly and easy to interpret. This dashboard will be adaptable and will integrate key performance indicators (KPIs), early warnings, and real-time data visualizations, all based on current national and international fire safety regulations.

To this end, a qualitative approach study is carried out by conducting a documentary and bibliographic analysis, combining PESTEL and SWOT analyses with the application of Business Intelligence (BI) principles and sustainable project management. This approach allows for the personalization of the tool, making it functional to the specific needs of the company "Soluciones Ambientales 4R" in terms of fire management and mitigation.

**Keywords:** Dashboard, Risk Management, Fires

## Introducción

Actualmente, en el sector industrial, existen una serie de riesgos que son consideradas amenazas significativas para la seguridad operativa, el medio ambiente y la salud y seguridad de los trabajadores; estos riesgos toman un carácter más catastrófico en el sector metalmecánico, donde debido a la naturaleza de sus operaciones los incendios son el principal peligro. Empresas como “Soluciones Ambientales 4R” se enfrentan desafíos críticos debido al manejo de materiales inflamables y la alta fricción de sus procesos productivos. Pese a los avances normativos y tecnológicos, la prevención de incendios sigue siendo un desafío, principalmente por la falta de herramientas integrales que permitan una gestión basada en datos.

En este contexto, la presente investigación propone desarrollar una herramienta tecnológica innovadora en forma de *dashboard*, que concentre información clave, visualice riesgos en tiempo real y facilite decisiones estratégicas. Esta propuesta se desarrolla a partir de la integración de metodologías de gestión de proyectos, análisis de datos y normativas de prevención de incendios y seguridad nacionales e internacionales, con el objetivo de crear una solución adaptable y eficaz para empresas con operaciones de alto riesgo.

Así, a través de un estudio interdisciplinario, se realiza en primer lugar una observación de la situación del sector en cuanto a la gestión de riesgos; seguidamente, se identifican las diferentes normativas existentes en cuanto a seguridad y gestión de incendios además de la teoría existente sobre la aplicación de metodologías y herramientas en la gestión de riesgos y así proponer el diseño de tablero o dashboard eficiente.

Posteriormente, se realiza un análisis PESTEL como diagnóstico de las prácticas de la industria metalmecánica en cuanto a seguridad, y, un análisis FODA de la empresa

“Soluciones Ambientales 4R” para determinar estrategias específicas que cubran la necesidad de optimizar la prevención de incendios y así, finalmente, mediante proponer un modelo funcional que aporte valor tanto operativo como estratégico a la empresa.

# CAPÍTULO I

## **Estado de la Cuestión**

La gestión del riesgo de incendio en un entorno industrial en continuo cambio se ha convertido en un tema de interés para las empresas que quieren permanecer a flote y, al mismo tiempo, en un deseo de conseguir la seguridad de todos los trabajadores. Con respecto a ello, podemos decir que los estudios que han precedido a esta investigación nos hacen ver que hay una creciente preocupación por las incidencias de incendios en el sector metalmeccánico, un sector muy expuesto a heridas debidas a la naturaleza de su proceso, que se encuentran en las características de los materiales inflamables.

Progresivamente, las empresas pueden ir enfrentando situaciones cada vez más adversas para proteger sus instalaciones y sus empleados de estos riesgos, por lo que la utilización de mecanismos innovadores y basados en datos parece ser un primer paso para entender las causas y medidas efectivas que se pueden implantar para mitigar los riesgos analizados. En relación con los antecedentes y prácticas actuales, se aprecia la necesidad sobre la incorporación de nuevas tecnologías y métodos ágiles estructurados de una forma adecuada a la gestión de incendios, la cual tiene que ver con la urgencia de dotarse de herramientas y métodos que sirvan para no solo responder a los incidentes, sino que también sirvan para prevenirlos. Este estado de cosas, sienta las bases para poder plantear la propuesta de un dashboard de datos operativos que permita tener una gestión del riesgo de forma más eficiente y proactiva en el sector metalmeccánico.

A partir de lo apuntado, que es la base de la investigación de Molano, 2017, la metodología aplicada fue sistemática integrando las normativas de la NFPA y la NSR-10, así como la realización de un análisis pormenorizado del sistema existente. Se implementó un

diseño completo que incluyó la instalación de rociadores automáticos, hidrantes, gabinetes y un agente limpio.

Con esto, se desarrolló un sistema avanzado de detección y alarma de incendios que identificó las zonas críticas en el plantel educativo, creó planos precisos de las instalaciones e hizo un coste formal del proyecto. Debido a la eficacia de esta metodología en la gestión de grupos grandes de personas, este proyecto se adoptó en universidades y otras instituciones.

El estudio de (Díaz, 2018), desarrolló una guía técnica para el diseño hidráulico de redes contra incendios, utilizando como caso de estudio el edificio “La Quinta” en Chapinero, Bogotá., dicha guía se especializó en ser una orientación práctica para cumplir con normativas de la NTC y la NSR-10, y directrices internacionales de la NFPA. El diseño logró amenorar amenazas potenciales, evitando gastos innecesarios y asegurando la correcta implementación de las normativas vigentes.

La investigación de González, et. al, (2018), presenta estrategias para controlar los peligros y riesgos laborales en la empresa “Sertil Ltda”, ubicada en Arauca. Esta analizó los riesgos predominantes en el entorno laboral y propuso medidas efectivas de control; para llevar a cabo este análisis, se utilizó la Guía Técnica Colombiana versión 2012 como base para la identificación y evaluación de riesgos.

Esta investigación reveló que los riesgos con más impacto en el entorno de trabajo eran físicos, con el 43%, seguidos de los riesgos químicos con un 29% y mecánicos con un 28%. A partir de esto, se establecieron varias estrategias de control, como la implementación de un programa integral de inducción y capacitación en riesgos físicos, químicos y mecánicos, el diseño e instalación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para las máquinas, y la instalación de dispositivos de seguridad, como guardas en los procesos de fresado y torno.

Por otra parte, Brzezińska, et. al, (2019) desarrollaron una metodología integral centrada en ocho elementos para mejorar la seguridad y protección contra incendios en infraestructura de la industria de transformación, centrándose en el caso de las centrales eléctricas de “Polaniec” y “Dolna Odra” en Polonia. De igual manera, esta propuesta se abarcó normas de gestión de riesgos, aspectos económicos, ambientales y sociales. La implementación consistió en talleres sobre las estrategias actuales contra incendios con facilitadores como operadores, bomberos y compañías de seguros, además, se introdujeron nuevas tecnologías y sistemas de detección de incendios, lo que mejoró la seguridad y optimizó costos.

La investigación realizada por (Ospina & Giraldo, 2019), sobre la propuesta de un plan de prevención de accidentes en una planta metalmecánica en Pereira se enfocó en abordar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, mediante una estrategia integral que incluye capacitación continua, análisis de datos históricos de accidentes y la implementación de la polivalencia como medida preventiva. La metodología utilizada incluye un análisis de las principales causas de accidentes y la evaluación de la eficacia de las intervenciones propuestas, identificando como resultado la necesidad de mejorar la capacitación en seguridad y salud laboral, y de utilizar datos históricos propios de la planta para implementar medidas más precisas.

Similar a este, Guerrero (2020) propuso una metodología para la gestión de riesgos en la empresa "Costarricense Constructora", basándose de la Guía del PMBOK® (6ª edición) para desarrollar una metodología estructurada. Esta incluyó un diagnóstico detallado para identificar fortalezas y áreas de mejora, la creación de un manual que abarcaba todas las fases del proyecto e implementación de procesos específicos, herramientas de software para

optimizar el diseño de la red contra incendios, y un sistema de detección de incendios, mejorando la seguridad y logrando respuestas efectivas en emergencias.

Pettarin (2021), realizó un análisis de riesgos de incendio y del sistema de protección contra incendios en una planta de distribución de “YPF Agro” en Balcarce, Argentina. Este propuso mejoras para minimizar los riesgos de incendios, mediante una metodología que evalúe los riesgos con inspecciones *in situ*, el análisis de la infraestructura y los sistemas de protección existentes mediante el uso de herramientas como: la identificación de peligros, estimación de riesgos y valorar la efectividad de los sistemas de protección contra incendios. Los hallazgos del estudio evidencian varias deficiencias en las medidas de protección y en la infraestructura de la planta, como la falta de mantenimiento en los sistemas de protección y la insuficiencia de medidas preventivas.

En el contexto de la industria metalmecánica, Grande (2021) diseñó un plan de seguridad para controlar el riesgo de incendio de una MYPE dedicada al comercio, que se ubica en Lima. Esta investigación se ejecutó en tres etapas: la primera fue la evaluación de las condiciones de seguridad contra incendios de la empresa; la segunda fue el control de las medidas que se requerían para mitigar los riesgos ya identificados; y finalmente, la tercera fue el diseño de un plan de seguridad integral, para lo cual se utilizó una variedad de técnicas para compilar y tratar datos; entre ellas, el matiz FRAM-ini para poder trabajar el riesgo. En la fase del diagnóstico inicial se pudo concluir que la empresa tenía un cumplimiento en la normatividad mínima y una deficiencia de la mayoría de los requerimientos de protección contra incendios.

El contenido publicado por Gavilanes, et. al. (2021), con trayectoria en el análisis de riesgos, se centra en el estudio de la gestión del riesgo laboral en la industria metalmecánica a través de una planificación preventiva en los procesos operativos. Su objetivo es definir e

instaurar estrategias preventivas que mejoren la seguridad del trabajo en el sector metalmecánico y reducir la incidencia de accidentes que, generalmente, tienen cabida y ocurren en el sector metalmecánico a partir de una planificación que tiene en cuenta una metodología que revisa los procesos operativos existentes, registra los riesgos potenciales que pueden ocurrir y aborda el plan de prevención según las características laborales del sector metalmecánico.

Los resultados del estudio proponen que, si se usa adecuadamente, la planificación preventiva puede disminuir los riesgos laborales en la metalmecánica, en la medida en que es necesario que las estrategias preventivas sean integradas en el proceso operacional y que los problemas que se relacionan con la aplicación de dicha planificación no han variado, aun cuando se reconozca el avance de la gestión de estos.

El trabajo de investigación desarrollado por Gutiérrez (2021), en la empresa metalmecánica “Orinoco” S.A, atendió a la necesidad de actualizar el plan de seguridad y salud laboral. Para ello, se llevó a cabo un diagnóstico de las condiciones existentes, que identificó las fallas que provocaban accidentes, y se propuso como solución un plan de mejora integral en la actualización del programa de seguridad.

Esta propuesta incluyó mejoras en los procesos de inspección y evaluación, y, añadió un programa de monitoreo epidemiológico, principalmente ante la COVID-19. Se evaluó la factibilidad desde diversas perspectivas (económica, ambiental, social, técnica y operativa), concluyendo que la actualización es viable y traerá beneficios significativos al reducir incidentes, mejorar la salud y seguridad de los empleados, y garantizar el cumplimiento normativo.

El análisis del estado de la cuestión presentado evidencia un creciente interés y avance en el desarrollo de estrategias y herramientas para la gestión del riesgo de incendios en la

industria metalmecánica, misma que se ha llevado a cabo desde distintos enfoques como técnico, normativo, preventivo y operativo, teniendo en común la necesidad de implementar metodologías integrales, tecnologías emergentes y prácticas basadas en datos históricos.

Si bien se han logrado importantes avances en el diseño e implementación de sistemas de gestión de incendios a nivel nacional e internacional, perduran desafíos relacionados con la integración efectiva de varias normas contra incendios en los procesos operativos y la sostenibilidad de las acciones existentes. En este contexto, la propuesta de un dashboard de datos operativos representa una respuesta innovadora y alineada con las tendencias actuales, que puede fortalecer la capacidad de las empresas para anticiparse a los riesgos, optimar decisiones y fortalecer una cultura de prevención en la industria metalmecánica.

### **Problema de investigación**

#### **Breve descripción del problema**

Las empresas metalmecánicas enfrentan un gran reto en términos de seguridad debido al riesgo persistente de incendios industriales los cuales ocurren a nivel mundial con gran frecuencia. Según la Unidad Nacional para la gestión del Riesgo (UNGRD) (2022), estos incendios pueden ser provocados por problemas eléctricos, el manejo incorrecto de materiales inflamables o fallos en los sistemas de control y prevención.

De acuerdo con la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (ANRACI) (2022), en Colombia los incendios estructurales han aumentado considerablemente, evidenciando la vulnerabilidad del país, particularmente del sector empresarial, en la prevención y gestión de riesgos, esto ya que, a pesar de la llegada de nuevas tecnologías para prevenir tragedias, el 80% del sector comercial no cuenta con sistemas de gestión y erradicación de incendios como automáticos.

Las consecuencias de tales eventos son graves, desde la paralización de la producción y pérdidas materiales significativas hasta problemas legales por no cumplir con las normas de seguridad, así como también, los incendios pueden liberar sustancias tóxicas, poniendo en riesgo la salud pública y afectando la cadena de suministro.

Por ello, es importante y obligatorio<sup>1</sup> que las empresas colombianas implementen una sólida gestión de riesgos, mediante la adopción de estrategias de prevención y planes de emergencia bien desarrollados, ya que estos son pasos fundamentales para reducir los efectos negativos de los incendios y asegurar que las operaciones industriales se mantengan seguras y estables.

### **Planteamiento del problema**

Según el informe de la NFPA (2023), globalmente los incendios en el sector industrial representan una amenaza constante con potenciales consecuencias devastadoras; entre 2017 y 2021 se reportó un promedio anual de aproximadamente 36,784 incendios industriales a nivel mundial. Entre los factores predominantes se encuentran las fallas en equipos y fuentes de calor, especialmente en lo que respecta a la distribución eléctrica, la iluminación y la transferencia de energía. Asimismo, las herramientas utilizadas en los talleres se destacan como una fuente significativa de incendios en el sector de la fabricación (Naciones Unidas, 2016).

Un caso representativo de esta problemática es el de la empresa “Soluciones Ambientales 4R”, ubicada en Ibagué, Colombia. Esta empresa ambiental se dedica a la disposición final de diversos materiales como llantas, tela, papel, cartón y madera, mediante

---

<sup>1</sup> En 2015, mediante el decreto 1072, Colombia estable lineamientos para la prevención de riesgos laborales en empresas, para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y la implementación de medidas de control.

procesos de transformación energética. Debido a la naturaleza de sus operaciones, “Soluciones Ambientales 4R” enfrenta riesgos significativos de incendios industriales.

La fricción y el rozamiento en los procesos de trituración y pulverización generan altas temperaturas que pueden provocar ignición sin necesidad de una chispa externa. Además, la presencia de polución y polvo en el ambiente incrementa el riesgo de combustión espontánea. Las actividades de mantenimiento, que incluyen soldadura y pulido, también generan chispas que pueden encender materiales inflamables presentes en el entorno.

Estos riesgos se han materializado en eventos reales dentro de la empresa. Por ejemplo, en una semana crítica se llegó a utilizar hasta 25 extintores para controlar incendios menores provocados por chispas que encendieron el polvo de llanta acumulado. Este escenario evidencia la actividad crítica y el peligro constante al que están expuestos los operarios y las instalaciones<sup>2</sup>.

Hablando desde las implicaciones económicas, debido a los incendios las empresas enfrentan daños a la infraestructura, equipos, materias primas y productos terminados (Rojas, 2023) que, al igual que las interrupciones en la producción, dan como resultado pérdidas financieras y costos adicionales por reparaciones y reemplazos, además de posibles litigios que aumentan la presión financiera y pueden afectar la reputación de la empresa (Kinnan et al., 2020).

Desde la perspectiva ambiental, los incendios industriales tienen consecuencias significativas ya que ocasionan la liberación de contaminantes en el aire, agua y suelo. A

---

<sup>2</sup> La problemática de “Soluciones Ambientales 4R” refleja tendencias globales. El Centro de Estadísticas de Incendios (CTIF) (2023) (2023) informa que entre las principales causas de incendios industriales se encuentran las fallas eléctricas (23,9%), el fuego abierto o llama abierta (25,3%) y las chispas mecánicas (12%).

nivel de operaciones, los incendios entorpecen la cadena de suministro, causando retrasos en entregas, falta de inventario y pérdida de ingresos (Rojas, 2023).

En Colombia, las empresas del sector metalmeccánico afrontan retos como el constante cambio de la normativa regional, la necesidad de inversión en tecnología y la integración de la gestión de riesgos con prácticas de sostenibilidad y eficiencia (Franco & Castro, 2023). Existen diferentes casos como el de la empresa “Soluciones Ambientales 4R”, que demuestran la urgencia de regular los riesgos de incendios industriales a través de desarrollo de herramientas integrales que incluyan: tecnología, capacitación y gestión eficiente de riesgos, que protejan a la empresa, sus empleados y asegurando la viabilidad a largo plazo de este sector (MINCIT, 2023).

Entendiendo esto, se establece la siguiente pregunta de investigación:

### **Pregunta de investigación**

¿Cómo desarrollar una herramienta tecnológica de planificación de proyectos para la prevención de riesgos de incendios en industrias del sector metalmeccánico?

### **Justificación**

La gestión de incendios en el entorno empresarial e industrial representa un desafío clave que requiere una respuesta eficaz con un enfoque más riguroso en prevención, detección y mitigación y adaptada al sector, esto ya que las empresas deben considerar las pérdidas económicas, consecuencias sociales y ambientales que un incendio puede generar en la comunidad y el ecosistema, además de las normativas de seguridad y las expectativas de responsabilidad social empresarial (RSE) que están en constante evolución y con estándares cada vez más exigentes.

De este modo, hoy en día la gestión de incendios no se concentra únicamente en los eventos de incendios que ocurren, sino que también lo tiene en cuenta como parte de la planificación gerencial y de la sostenibilidad a largo plazo de las organizaciones. No obstante, la mayor parte de las propuestas de gestión de incendios para el sector industrial no han logrado desarrollar un tablero de control que permita integrar todas las variables críticas que son propias del sector metalmeccánico, originando la necesidad de desarrollar una herramienta que permita a las industrias gestionar de manera integral los riesgos de incendios.

Con esta preocupación, esta investigación propone una metodología que permita gestionar estas singularidades en el sector metalmeccánico, ya que, tal como se indicará, puede tener un impacto en la organización, el medioambiente o la sociedad. Todo ello mediante el uso de tecnologías punta para detectar incendios y potenciar los sistemas de respuesta para prevenir la siniestralidad más fácil y mejorar la seguridad y la sostenibilidad de las operaciones empresariales.

Este enfoque integral, que abarca desde la recopilación de datos y su análisis y visualización de los datos tales como: condiciones ambientales, estado de los sistemas de control de los incendios, y cumplimiento de normativas de seguridad; información mediante la que las empresas pueden detectar patrones de riesgo, predecir sucesos, y dar respuestas óptimas, al igual que el dashboard facilitará alertas automáticas y recomendaciones personalizadas, con lo que se optimizará la seguridad operativa y se disminuirá la probabilidad de siniestros.

A nivel profesional, el enfoque interdisciplinario de esta investigación (ya que integra ingeniería, gestión de riesgos, tecnología de la información y dirección de proyectos) favorece al fortalecimiento de competencias profesionales y a la aplicación de soluciones tecnológicas innovadoras para la detección y el control de incendios. En el ámbito académico,

esta investigación contribuye al conocimiento acerca de la prevención y gestión de incendios, pues incorpora un análisis empírico y una evaluación de las tecnologías emergentes enriqueciendo el campo de la gestión de riesgos, también servirá como recurso educativo para futuros profesionales.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar una herramienta tecnológica innovadora para la gestión de riesgos que permita prevenir y gestionar los riesgos de incendios en la empresa “Soluciones Ambientales 4R”, mediante el empleo de criterios técnicos, normativos y de sostenibilidad.

### **Objetivos específicos**

Diagnosticar, mediante análisis PESTEL y FODA, situación actual en gestión de riesgos de incendios en la empresa “Soluciones Ambientales 4R”.

Definir los requerimientos técnicos, normativos y operativos necesarios para diseñar la herramienta.

Desarrollar una herramienta tecnológica de planificación de proyectos que integre plantillas, formatos e indicadores clave para la gestión eficiente de riesgos de incendio.

## **CAPÍTULO II**

### **Marco Teórico**

#### **Marco conceptual**

##### **Gestión de riesgos en el contexto industrial**

La gestión de riesgos en el contexto industrial es un proceso sistemático y continuo que busca identificar, evaluar, y mitigar los riesgos asociados a las operaciones, tiene como fin según Aven & Renn, (2010), minimizar los impactos negativos sobre las personas, los activos, y el medio ambiente; es decir que está referido a la capacidad de las organizaciones para reconocer peligros y amenazas potenciales, y actuar para eliminar o reducir la probabilidad de que estos riesgos se materialicen (Hopkin, 2018) y que es fundamental para la sostenibilidad y continuidad operativa de las empresas, especialmente en industrias con altos niveles de peligrosidad como la metalmecánica (Hillson, 2017).

Independientemente del tamaño de la organización, la gestión de riesgos debe ser una prioridad, dado que esta práctica permite a las organizaciones identificar y controlar de manera proactiva las amenazas y vulnerabilidades que podrían afectar negativamente sus operaciones, porque al hacerlo, facilita el desarrollo de estrategias preventivas y planes de contingencia efectivos que mitigan los efectos adversos (Olson & Wu, 2017). Esto ya que el entorno empresarial es dinámico y los riesgos pueden surgir de factores como la economía, la tecnología, o nuevas regulaciones (Frigo & Anderson, 2011).

##### **Tipos de riesgos en la industria**

En el contexto de la industria, existen diferentes tipos de riesgos a los que se pueden enfrentar las organizaciones o empresas. Estos han llegado a clasificarse en 3 categorías principales presentadas a continuación:

- **Riesgos físicos:** Incluye el manejo de maquinaria pesada, materiales inflamables, y la exposición a productos químicos peligrosos. En la industria metalmecánica, estos elementos aumentan la probabilidad de incidentes como incendios y explosiones (Leveson, 2011).

- **Riesgos ambientales:** se refiere a la gestión de residuos, emisiones contaminantes y manejo de sustancias peligrosas, que, en la industria metalmecánica, debido a la naturaleza de sus procesos y materiales, se debe tener especial control para evitar daños ambientales y cumplir con las regulaciones ambientales (Simmons, 2020).

- **Riesgos financieros:** se refiere a los costos provocados por accidentes, interrupciones en la producción, y posibles multas por incumplimiento de normas (Power, 2007).

### **Ciclo de gestión de riesgos**

En la industria metalmecánica existe un ciclo de gestión de riesgos que comprende diferentes etapas interrelacionadas fundamentales para la identificación, evaluación, control, y monitoreo de los riesgos asociados con las operaciones industriales (ISO, 2018). A continuación, se detalla estas fases:

#### *1. Identificación de Riesgos*

En esta etapa se detectan todos los posibles riesgos que puedan afectar las operaciones industriales; en el caso específico del sector metalmecánico, esta fase incluye la identificación de fuentes de ignición, materiales inflamables, procesos con altas temperaturas y fallos en los equipos. Según Kletz (2009), en esta etapa es común el uso de herramientas como las listas de verificación, el análisis de peligros y operabilidad (HAZOP), y los estudios de seguridad de procesos (PSS).

## *2. Evaluación de Riesgos*

Para esta fase se procede a evaluar los riesgos identificados determinando la probabilidad de que sucedan y el impacto que pueden tener. En este sentido los riesgos más críticos se priorizan y se trata de aplicar el máximo de recursos en su mitigación. Según Vaughan (1997), indica que para la industria metalmecánica la evaluación de los riesgos se puede realizar a partir del análisis de consecuencias y el análisis de árboles de fallos (FTA). El caso específico de Colombia se basa en la aplicación de las directrices de la Guía Técnica Colombia GTC 45<sup>3</sup> para la evaluación de los riesgos.

## *3. Control de Riesgos*

Esta etapa implica la adopción de medidas para eliminar o reducir los riesgos identificados y evaluados, esto mediante la modificación de procesos, implementación de controles de ingeniería o establecimiento de procedimientos operativos seguros. Para la industria metalmecánica, las medidas de control pueden ser la instalación de sistemas de supresión de incendios, mejorar de la ventilación en áreas de trabajo con altas temperaturas, y la capacitación continua del personal.

## *4. Monitoreo y Revisión*

En la a etapa final del ciclo de gestión de riesgos se supervisa y monitorean los indicadores clave de rendimiento (KPIs), además de efectuar constantes auditorías con el fin de evaluar la efectividad de las medidas de control implementadas permitiendo una detección temprana de nuevas amenazas, y facilitando una respuesta rápida y eficaz (Hopkin, 2018).

## **Prevención de incendios en el sector metalúrgico**

En el sector metalúrgico existen una serie de riesgos ligados a la naturaleza de las operaciones del sector que lo hacen propenso a incidentes de incendio, mismos que traen consecuencias devastadoras para los trabajadores y la continuidad operativa de empresas.

### Factores de riesgo específicos:

Como se mencionó anteriormente, el sector metalúrgico presenta factores de riesgo vinculados a la naturaleza de los materiales manejados y a los procesos industriales utilizados. El manejo de materiales inflamables representa un riesgo debido al uso de solventes, aceites y gases en procesos como la soldadura y el corte de metales.

Según Nagarajan (2013), si estos materiales no se manipulan correctamente, pueden convertirse detonador de incidentes. Finkenrath (2011) indica que el almacenamiento inadecuado de estos materiales, junto con la cercanía a fuentes de ignición, puede aumentar considerablemente la probabilidad de incendios catastróficos.

De igual manera, los procedimientos de corte y soldadura a altas temperaturas generan chispas que pueden encender materiales inflamables cercanos, especialmente si se utilizan equipos defectuosos o no se controla la temperatura (Kletz, 2009), asimismo la acumulación de polvo metálico en zonas de molienda o pulido pueden provocar explosiones e incendios difíciles de controlar. Simmons (2020) y Eckhoff (2009) concuerdan en que este tipo de polvo es combustible altamente reactivo que necesita de una limpieza adecuada y eficaz para evitar siniestros.

### Sistemas de prevención y mitigación de incendios

La industria metalúrgica ha adoptado una serie de sistemas tecnológicos y procedimientos de seguridad con el objetivo de reducir la probabilidad de incendios y reducir sus impactos cuando ocurren. Entre estas medidas están: la detención temprana del fuego,

sistemas de rociadores automáticos, barreras contra incendios y el monitoreo continuo de condiciones de seguridad.

Avalados por la National Fire Protection Association (NFPA) encontramos a los sistemas de detección temprana y respuesta inmediata contra incendios, estos sistemas incluyen detectores de humo, calor y llamas que están diseñados para activar alarmas y sistemas de supresión de incendios automáticamente (Hopkin, 2018); del mismo modo, encontramos a los sistemas de rociadores automáticos, que se activan por calor y liberan agua o agentes químicos que ayudan a controlar o extinguir incendio (Powell & Lindbeck, 2006); (Bird & Germain, 2006).

Otro de estos sistemas eficaces es el uso de barreras contra incendios, como lo son muros ignífugos y cortinas de fuego, los cuales ayuda a contener la propagación del fuego dentro de las instalaciones, protegiendo tanto al personal como a las maquinarias (Aven & Renn, 2010). A la par, encontramos el monitoreo continuo de condiciones de seguridad mediante sensores permite detectar cambios peligrosos en temperatura, niveles de gases o acumulación de polvo, posibilitando una intervención preventiva (Leveson, 2011).

### **Tecnología de business intelligence (BI) aplicada a la gestión de riesgos**

La tecnología de Business Intelligence (BI) es un conjunto de técnicas, diseños, y tecnologías que convierten datos en información utilizada para tomar decisiones estratégicas informadas. (Turban et al., 2011) por otro lado, se desprende de la gestión del riesgo que la tecnología como BI es capaz de realizar el análisis de grandes volúmenes de datos permitiendo de esta forma el conocimiento e identificación de los riesgos, patrones o tendencias que son a menudo despreciadas en evaluaciones más habituales, simples o estándar. (Ranjan, 2009); el business intelligence puede llegar a ser tanto más efectivo cuanto

más se implanten los dashboards, que son una interfaz que permite a los trabajadores estar continuamente monitoreando las condiciones de seguridad. (Eckerson, 2010).

En la gestión y prevención del riesgo de incendios, los tableros de mandos adquieren gran relevancia, en tanto que ofrecen la posibilidad de ofrecer una visualización clara y sencilla de datos complejos como la concentración de materia inflamables, las temperaturas durante los procesos de corte o soldadura y la acumulación de polvo metálico, etc. (Few, 2013). Mediante la administración de esta información, un dashboard es capaz de identificar y dar seguimiento a los riesgos para permitir a las personas responsables de la seguridad que son las encargadas en la acción proactiva y en la prevención de los incidentes antes de que se produzcan.

### **Dashboard en la gestión de riesgos**

Los tableros de control, también denominados dashboard, configuran recursos visuales mediante los cuales se pueden mostrar los datos, de un modo resumido y claro, y son una herramienta que permite realizar un seguimiento y un análisis al mismo tiempo de los indicadores clave de rendimiento (KPIs) en tiempo real (Few, 2013).

Otro aspecto importante de los dashboard es la posibilidad de personalizarlos, de forma que se puedan adecuar a las necesidades de cada empresa o sector, de tal manera que, en el caso de una planta metalúrgica, se puede realizar un tablero de mando orientado a controlar las áreas de mayor riesgo de incendio, como por ejemplo la de soldadura o aquella en la que se acumulan materiales inflamables. (Eckerson, 2010). Además, estos tableros de control pueden hacer reportes automáticos y alertas en tiempo real cuando los KPIs exceden los límites de seguridad predefinidos, lo que posibilita una intervención rápida para evitar incidentes. (Laursen & Thorlund, 2016)

También, el impacto de los *dashboards* en la gestión de riesgos también extiende su eficiencia utilidad a la fase de post-evento pues aseguran un análisis detallado de incidentes pasados, ayudando a identificar las causas y a mejorar los procesos de gestión de riesgos contribuyendo a una cultura organizacional más segura y orientada a la mejora continua (Few, 2013).

### **Diseño de un dashboard de gestión de riesgos**

El diseño de un dashboard de gestión de riesgos comienza con la identificación y recolección de información es relevante para el seguimiento y prevención de riesgos específicos, estos pueden ser: la tasa de incidentes, las zonas de mayor riesgo, y los tiempos de respuesta ante emergencias. Estos datos se pueden obtener de diversas fuentes, incluyendo sistemas de gestión de seguridad, reportes de incidentes previos, y sensores de monitoreo en tiempo real.

El siguiente paso es la selección de indicadores de seguridad relevantes, estos son también conocidos como KPIs<sup>3</sup> y permiten medir el desempeño de la gestión de riesgos en áreas clave; en la prevención de incendios, algunos KPIs importantes podrían incluir: la frecuencia de inspecciones de seguridad, el número de simulacros de emergencia realizados, la cantidad de incidentes reportados en zonas críticas, y el tiempo promedio de respuesta a incidentes detectados.

La fase siguiente es la visualización de los datos recopilados; para esto se puede utilizar diferentes herramientas como Microsoft Excel, Power BI o Tableau, sin embargo, Excel es la opción ha sido la opción más popular y optima debido a su fácil accesibilidad, flexibilidad, y porque permite crear gráficos interactivos, tablas dinámicas, y paneles

---

<sup>3</sup>Key Performance Indicator (Indicadores clave de rendimiento)

personalizados que pueden actualizarse automáticamente a medida que se ingresan nuevos datos.

Asimismo, permite a los usuarios diseñar dashboards con necesidades específicas de una organización sin requerir conocimientos técnicos avanzados (Walkenbach, 2013), también ofrece la posibilidad de actualización automática de informes y generar alertas personalizadas basadas en criterios específicos (Winston, 2014). Por estas razones, Excel es ampliamente utilizado en la mayoría de las empresas, lo que facilita la colaboración y el intercambio de información entre distintos departamentos y equipos (Nussbaumer, 2015).

Para la prevención de incendios, un dashboard en Excel puede incluir gráficos de barras que muestren la tasa de incidentes a lo largo del tiempo, diagramas de dispersión que relacionen la ubicación de las zonas de mayor riesgo y gráficos de líneas que muestren el tiempo de respuesta promedio ante emergencias. Estas graficas permiten al personal encargado de seguridad o de gestión de riesgos de las empresas identificar a tiempo las áreas problemáticas y tomar decisiones informadas para mitigar riesgos.

### **Teorías relacionadas con la toma de decisiones en contextos de alto riesgo**

Tomar decisiones en situaciones de alto riesgo, cómo por ejemplo, la prevención de incendios en industrias metalmecánicas exige una estrategia bien basada en teorías que permitan tener una visión de cómo deben comportarse las personas y las organizaciones ante situaciones de incertidumbre extrema. La teoría de la decisión racional y la teoría prospectiva, son tal vez las teorías más relevantes en este sentido, pues ambas provienen de enfoques más o menos válidos para estudiar el comportamiento en escenarios de riesgo máximo. Estas proporcionan un marco conceptual para analizar la toma de decisiones efectivas y las

herramientas, como los dashboard, pueden jugar un papel crucial para enfrentan situaciones complejas y riesgosas.

La teoría de la decisión racional, una de las más antiguas en el campo de la gestión de riesgos, entiende que la decisión se ejecuta por los decisores de forma lógica y estructurada. Este enfoque sostiene, entre otras cosas, que se revisan todas las alternativas que hay disponibles, de las cuales finalmente se debe elegir la que ofrece la mayor cantidad de beneficios o de utilidad esperada. (Neumann & Morgenstern, 1944). La teoría de la decisión racional aplicada a la gestión de riesgos implica identificar todos los posibles riesgos, así como estudiar cada riesgo a través de la probabilidad y el impacto, así como las estrategias de mitigación que minimicen costes; que elijan y maximicen, en definitiva, los beneficios. Sin embargo, esta teoría ha sido criticada, ya que en situaciones de alto riesgo raras veces se toma de forma completamente racional; así, cuestiones como el tiempo limitado, la información incompleta y las condiciones cognitivas tendrán un peso que condicionará las decisiones, dificultando la mejor elección posible. (Kahneman & Tversky, 1979).

Con los factores expuestos, se puede dar pie a la creación de la teoría prospectiva, desarrollada por los psicólogos israelíes Daniel Kahneman y Amos Tversky. La teoría prospectiva sostiene que la gente no toma decisiones de forma racional, sobre todo bajo condiciones de presión o incertidumbre. En lugar de dar el mismo valor a las ganancias y pérdidas, las personas tienden a favorecer las pérdidas. Por ello, pueden ser cuidadosas con una disminución económica pequeña, pero pueden asumir muchos más riesgos si esto les permite evitar una degradación catastrófica. (Kahneman & Tversky, 1979). En este sentido, esta teoría suele tener más interés en la gestión de riesgos industriales, ya que, es en este tipo

de entornos donde las decisiones se ven determinadas por las prevenciones de un incendio o la incertidumbre de sus consecuencias negativas.

### **Análisis de riesgos y toma de decisiones estratégicas**

La toma de decisiones estratégicas en la gestión de riesgos tiene una gran mejora al usar un *dashboards* que concentra y analizan datos en tiempo real al permitir visualizar indicadores clave de rendimiento (KPIs) y datos críticos de seguridad, permitiendo la identificación de áreas de alto riesgo y la toma de decisiones informadas y oportunas. Los *dashboards* proporcionan una interfaz visual que simplifica la complejidad de los datos ayudando a una comprensión rápida de las situaciones de riesgo, ya que puede mostrar en tiempo real la concentración de polvo metálico, si el nivel de polvo excede un umbral crítico, el *dashboard* puede alertar automáticamente a los gerentes para tomar decisiones inmediatas, como aumentar la frecuencia de limpieza o ajustar los procesos de producción (Winston, 2014).

De igual modo, el uso de dashboards en la toma de decisiones estratégicas se alinea con la teoría prospectiva, pues al presentar los datos de manera que resalten tanto las posibles ganancias (la reducción del riesgo de incendios) como las pérdidas potenciales (los costos asociados con la inacción), los dashboards pueden ayudar a equilibrar la aversión al riesgo y fomentar una evaluación más equilibrada de las opciones disponibles (Nussbaumer, 2015).

### **Impacto del dashboard en la cultura organizacional de seguridad**

La implementación de *dashboards* como herramientas para la gestión de riesgos tiene un impacto significativo en la cultura organizacional de seguridad, especialmente en industrias de alto riesgo como la metalmecánica, porque un *dashboard* eficaz no solo centraliza y visualiza datos críticos, sino que también puede transformar profundamente la forma en que una organización aborda la seguridad y la gestión de riesgos.

Los *dashboards* también pueden provocar un cambio organizacional hacia una cultura de seguridad más eficaz y constante; según Schein (2010), la cultura organizacional se define por los valores, creencias y prácticas que caracterizan a una empresa, a través de un dashboard que brinda una visibilidad constante y en tiempo real de los indicadores de seguridad clave, se promueve una conciencia de los riesgos y una mayor responsabilidad entre los empleados. Kirkpatrick & Kirkpatrick (2006) indican que la integración de nuevas tecnologías en el entorno de trabajo debe ir acompañada de un cambio en la cultura organizacional para ser efectiva, y comparten que el impacto de los *dashboards* fomenta una actitud más proactiva hacia la prevención, pues al visualizar datos de riesgos y resultados de seguridad en tiempo real, los empleados se sienten más comprometidos y responsables de mantener un ambiente de trabajo seguro.

Con esto, se entiende la importancia de la participación de los empleados en las nuevas tecnologías, por lo que una capacitación adecuada para garantizar que su implementación tenga éxito y tenga un impacto positivo en la cultura de seguridad. De acuerdo con Noe (2010), una buena formación ayuda a los empleados a adaptarse a nuevas herramientas y tecnologías, maximizando su eficiencia y efectividad. En el contexto de la gestión de riesgos, la capacitación debe abordar el aspecto técnico del uso del dashboard, y el cómo interpretar y actuar en función de los datos presentados, Baron y Agustina (2017), explican que para que la capacitación sea exitosa, debe integrar el uso práctico del software y una comprensión de los principios subyacentes de gestión de riesgos fomentando una mayor adopción y compromiso con las prácticas de seguridad.

## **Sostenibilidad y responsabilidad social corporativa (RSC)**

La gestión efectiva de riesgos, incluida la prevención de incendios, está intrínsecamente relacionada con la sostenibilidad operativa y la responsabilidad social corporativa (RSC). En sectores de gran impacto como la metalmecánica, la prevención de riesgos no busca únicamente la protección de los trabajadores y la protección de los activos físico, sino que también contribuye de manera importante a la sostenibilidad ambiental y social. La gestión de riesgos efectiva (como el uso de tableros de control para prevenir incendios) contribuye a garantizar la continuidad de la operación y, al mismo tiempo, contribuir a que los efectos negativos sobre la empresa y el medio ambiente no ocurran o ocurran en el menor grado posible. Según Elkington (1999), la sostenibilidad se basa en tres pilares: económico, ambiental y social. Para reducir la probabilidad de incidentes que pueden producir efectos o consecuencias negativas, no sólo ambientales sino sociales, es muy importante, dentro de la gestión de riesgos en el ámbito industrial, una gestión de riesgos adecuada y que permita evitar situaciones como la contaminación o el impacto negativo de la actividad industrial en comunidades vecinas. La gestión de riesgos debe enfocar las incidencias o situaciones de riesgo desde una estrategia preventiva bien estructurada.

Los sistemas de control de incendios y otras medidas de protección coinciden también con la Responsabilidad Social Corporativa (RSC), que subraya el compromiso que tienen las empresas ante sus trabajadores, su entorno y el medio ambiente. (Carroll, 1999). Cuando las organizaciones disminuyen la frecuencia y la severidad de los incidentes de riesgo, además de proteger sus operaciones, también demuestran su compromiso con prácticas responsables y sostenibles, al tiempo que refuerzan su imagen y sus relaciones con las partes interesadas.

## Marco de Referencia

En la industria metalmecánica, dada la peligrosidad inherente a sus procesos, es fundamental implementar una gestión de riesgos bien organizada para evitar incidentes como incendios o explosiones. Sin embargo, como señala (Zhang, 2023), existe una alta demanda de protocolos específicos mediante los cuales se pueda almacenar y manejar materiales peligrosos. Dentro de esos protocolos, es clave el uso de controles técnicos, que incluyen la instalación de sistemas de detección de incendios, equipos de protección y procedimientos de manejo seguro de estos materiales; además de que los controles administrativos cumplen igualmente un papel importante porque los esfuerzos para el desarrollo e implementación de políticas y procedimientos de seguridad en el trabajo también son necesarios. Incluyendo la capacitación del personal, auditorías de seguridad periódicas, así como la creación de una cultura organizacional que fomente la gestión de riesgos.

En esta línea, las nuevas tecnologías se asumen como muy importantes ya que la aplicación de las herramientas de Business Intelligence (BI) en el contexto de la gestión de riesgos, como sería el caso de los dashboards se considera, a modo de referencia, una de las estrategias más destacadas para la mejora de la eficiencia y la efectividad en la toma de decisiones en la gestión de riesgos. De acuerdo con Eisenhardt y Sull (2001), la flexibilidad de estos sistemas para reunir varias fuentes de datos y, además, ofrecer avisos de manera anticipada son prácticos para la determinación anticipada de riesgos y la ejecución de medidas correctivas antes de que se concreten en incidentes severos.

Comprendiendo esto, la gestión de los riesgos en la industria implica aplicar de controles técnicos y administrativos para afrontar los riesgos específicos del desarrollo operacional, pero la dinámica de los riesgos demanda un manejo más avanzado como lo es el uso de los dashboard, el cual representa una evolución necesaria en la gestión de los

riesgos, al ser una forma de monitorear, analizar y responder ante los peligros en tiempo real, así como mejorar la seguridad y el rendimiento operativo en este sector.

## **CAPÍTULO III**

### **Marco Metodológico**

En el siguiente marco metodológico se describirán las estrategias y procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos planteados en investigación, el objetivo de esta es diseñar una herramienta tecnológica o dashboard que permita prevenir y gestionar los riesgos de incendios en la industria “Soluciones Ambientales 4R”, esto mediante criterios técnicos, normativos y de sostenibilidad basados en los principios de la gerencia de proyectos. A continuación, se detalla el enfoque y diseño metodológico, variables, procedimiento, técnicas de recolección de información, población, muestra, y las consideraciones éticas.

#### **Enfoque de la investigación**

Este estudio sigue un enfoque cualitativo, esto debido a que el trabajo consistirá ya en la recolección y análisis de datos existentes relacionados con la gestión de riesgos de incendios en el sector metalmecánico, el cual es apropiado para medir variables específicas, establecer relaciones entre ellas, y generar conclusiones generalizables, basándose en mediciones objetivas (Hernández, 2014). Además, permite desarrollar un análisis sistemático y preciso que apoyará la construcción de un dashboard mediante la integración de datos operativos clave.

#### **Diseño metodológico**

El diseño metodológico es de tipo descriptivo transaccional, ya que el estudio buscará, en primer lugar, diagnosticar la necesidad de prevención de riesgos de incendios en la industria metalmecánica mediante análisis PESTEL y posteriormente, contrastar esta

necesidad con la situación de la empresa “Soluciones Ambientales 4R” a través de la matriz FODA, logrando así el análisis las prácticas y procesos actuales de gestión de riesgos para, finalmente, proponer el diseño de un dashboard que ayude a mejorar la prevención y gestión de incendios en la empresa “Soluciones Ambientales 4R”.

Según Creswell (2013), los estudios descriptivos permiten obtener información precisa sobre un fenómeno, por ello, la presente investigación realiza un análisis documental de fuentes secundarias como documentos técnicos, informes de auditoría, planes de contingencia y estudios especializados, normativas de seguridad, estudios de caso y datos operativos del sector metalmeccánico, logrando, como lo plantea Balestrini (2002), un análisis amplio y profundo sobre la prevención de riesgos de incendios en la industria metalmeccánica.

En cuanto al diseño de la investigación, este es de carácter bibliográfico, el cual según Balestrini (2002), que permite compilar y examinar datos mediante técnicas documentales, basándose en informes de investigaciones previas y diversas fuentes documentales. A partir de este análisis, se diseñará un dashboard que integrará datos operativos y normativas relevantes en la gestión de incendios para mejorar la preventiva de riesgos en este sector.

En cuanto al enfoque metodológico, este está basado en el estudio de caso, el cual, como sugiere Pérez Serrano (2004), permite entender fenómenos específicos en un contexto real y complejo; sin embargo, a diferencia de investigaciones que emplean entrevistas, este estudio utiliza técnicas como el análisis PESTEL y FODA para obtener una visión detallada y sistemática de la situación en la empresa “Soluciones Ambientales 4R”. El estudio de caso facilita investigar la prevención de incendios en un contexto específico, tomando en cuenta factores internos y externos que impactan la gestión de riesgos permitiendo realizar un diagnóstico preciso sobre la necesidad de prevención en el sector metalmeccánico.

## Diseño del tablero

Al ser una herramienta que busca prevenir y mitigar el riesgo de incendios en una empresa del sector de la industria metalmeccánico, es necesario reconocer e identificar las normas y estándares que una empresa de esta naturaleza debe tener para ser segura contra incendios. De este modo, para el reconocimiento de indicadores se toma en cuenta las normas la de los códigos NFPA 101<sup>4</sup>, la NTC 2301<sup>5</sup> y la ISO 45001<sup>6</sup>.

Por otra parte, una de las principales características que debe tener este *dashboard* para la prevención de riesgos de incendios, es que tenga una visualidad amigable, es decir, que los datos presentados en el tablero sean interactivos y fáciles de interpretar para el personal de una empresa. Es así que se establece que en el tablero a elaborarse contará de:

- Indicadores clave de rendimiento (KPIs) para visualizar el estado real de la gestión de riesgos de incendio y la efectividad de las acciones implementadas por la empresa.
- Gráficos como barras, líneas, circulares, etc., para la representación de los datos y tendencias.
- Configuraciones de alerta y notificaciones frente a peligros.
- Indicadores de tendencia que permitan reconocer la evolucionando los riesgos, facilitando la detección de áreas donde los riesgos están aumentando o disminuyendo, permitiéndote anticipar problemas y evaluar la sostenibilidad de las mejoras.

La plantilla/diseño del tablero se encuentra en el Anexo 1.

---

<sup>4</sup> Código de la National Fire Protection Association 101 (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego), que establece normas para el diseño, construcción y mantenimiento de estructuras para contrastar incendios.

<sup>5</sup> Norma Técnica Colombiana 2301, indica las pautas para la instalación de sistemas de rociadores contra incendios.

<sup>6</sup> International Organization for Standardization 45001 (Organización Internacional de Normalización), es un estándar internacional que proporciona un marco para la gestión los riesgos y mejoren la seguridad y salud laboral.

## Variable de estudio

**Variable de estudio:** *Dashboard como herramienta tecnológica innovadora para la prevención de riesgos de incendios en industrias del sector metalmecánico*, definida conceptualmente como una herramienta tecnológica interactiva que permite visualizar, analizar y gestionar información clave relacionada con los riesgos de incendios.

**Tabla 1.** Operacionalización de la variable

Variable	Dimensiones	Indicadores
<b>Dashboard como herramienta tecnológica innovadora para la prevención de riesgos de incendios en industrias del sector metalmecánico.</b>	<b>Dashboard</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidad de uso del dashboard</li> <li>- Actualización en tiempo real de datos operativos</li> <li>- Capacidad de integración con sistemas de seguridad existentes</li> <li>- Visualización de datos clave (temperaturas, niveles de riesgo, alertas, etc.)</li> <li>- Accesibilidad para distintos niveles jerárquicos de la organización</li> </ul>
	<b>Identificación de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de fuentes de ignición identificadas</li> <li>- Cantidad de materiales inflamables detectados</li> <li>- Fallos en equipos críticos registrados</li> </ul>
	<b>Evaluación del riesgo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilidad de ocurrencia de cada riesgo</li> <li>- Nivel de impacto potencial de los incendios</li> <li>- Clasificación de riesgos según su criticidad</li> </ul>
	<b>Control de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de medidas preventivas implementadas</li> <li>- Porcentaje de cumplimiento de normativas de seguridad (ISO 45001, etc.)</li> <li>- Evaluación de sistemas anti-incendios</li> </ul>
	<b>Monitoreo en tiempo real</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización constante de datos operativos</li> <li>- Alertas tempranas ante condiciones críticas</li> <li>- Monitoreo de temperatura, presión, etc., en áreas de riesgo</li> </ul>
	<b>Capacitación y formación del personal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de capacitaciones realizadas</li> <li>- Porcentaje de personal capacitado</li> <li>- Frecuencia de simulacros de incendios</li> </ul>
	<b>Eficiencia en la toma de decisiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de respuesta ante incidentes</li> <li>- Implementación de estrategias de mejora continua</li> <li>- Análisis de tendencias y predicciones para la prevención</li> </ul>
	<b>Registro y análisis de incidentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de incidentes registrados</li> <li>- Gravedad de los incidentes</li> <li>- Frecuencia de ocurrencia de incidentes</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Procedimiento**

El procedimiento de esta investigación se estructura con el fin de cumplir los objetivos planteados, los cuales buscan proponer un *dashboard* como herramienta tecnológica de planificación de proyectos que permita prevenir y gestionar los riesgos de incendios en la industria “Soluciones Ambientales 4R”, siguiendo un enfoque sistemático y secuencial, que abarca desde la identificación de la necesidad de prevención de riesgos, hasta el diseño, validación y análisis de la implementación del dashboard propuesto. La metodología utilizada integra diversas técnicas e instrumentos que permiten obtener tanto datos cualitativos como cuantitativos, aprovechando fuentes documentales.

En ese sentido, a continuación, se describe el procedimiento a llevar a cabo:

### *1. Fase de diagnóstico inicial: identificación de la necesidad de prevención de riesgos de incendios*

En esta fase, se realiza un análisis mediante la matriz PESTEL basado en la revisión de fuentes secundarias, incluyendo: la evaluación de estudios previos, normativas, estándares internacionales y nacionales que abordan la gestión de riesgos de incendios en la industria, para entender cómo los diferentes factores que influyen en la necesidad de prevención de riesgos de incendios en este sector.

La matriz toma en cuenta los siguientes aspectos:

**Político:** Normativas y regulaciones que establecen requisitos específicos para la seguridad contra incendios.

**Económico:** Impacto económico de incidentes de incendios en el sector metalmecánico como los gastos en reparaciones, pérdida de producción y seguros justificando la inversión en medidas preventivas.

**Social:** encuestas y estudios sobre la percepción de los empleados y la efectividad de la capacitación en prevención de incendios.

**Tecnológico:** tecnologías y herramientas de prevención de incendios adecuadas y actualizadas para mitigar riesgos.

**Ecológico:** regulaciones y normas ambientales, estudios sobre el impacto ecológico de las prácticas de prevención de incendios.

**Legal:** informes legales sobre el cumplimiento de las normas de seguridad contra incendios.

## *2. Fase de Identificación de Prácticas Actuales de Gestión de Riesgos*

En esta fase se utilizará el análisis PESTEL para evaluar cómo las prácticas actuales de gestión incendios en las empresas metalmecánicas identificadas se alinean con los factores clave identificados en el diagnóstico inicial o fase 1. En lo político, se evalúa el cumplimiento normativo al contrastar las prácticas actuales con las normativas nacionales e internacionales; en el aspecto económico, se evalúa el impacto de las prácticas actuales en el costo de gestión de riesgos y la oportunidad de eficiencia económica.

En el aspecto social, se analiza la forma en que las empresas implementan prácticas de formación y concienciación, y si estas prácticas son efectivas; en el aspecto tecnológico, se examina cómo las empresas están utilizando tecnologías avanzadas para la prevención de incendios y si están actualizadas con las mejores prácticas tecnológicas. La dimensión ecológica evalúa si las prácticas actuales toman en consideración el impacto medioambiental existente y si las prácticas en sí minimizan los efectos perjudiciales que pudieran afectar al medioambiente. La dimensión legal, por el contrario, hace una evaluación de si las empresas

están sometiendo sus sistemas de gestión de riesgos a auditorías regulares y si cumplen con las certificaciones oportunas.

El análisis PESTEL proporciona una visión completa de los factores que determinan la gestión de riesgos de incendios en la industria metalmeccanica en Colombia, permitiendo comprender las necesidades en cuanto a prevención y en términos de mejora en técnicas de seguridad en el sector. Con el fin de llevar a cabo este diagnóstico se completó un análisis FODA que tuvo en cuenta las condiciones externas e internas que afectan a la prevención de incendios en la empresa “Soluciones Ambientales 4R”, dado que no se llevaron a cabo entrevistas, el Foda se alza como un recurso para estudiar las fortalezas y debilidades internas, las oportunidades y las amenazas externas que rodean a la empresa.

### *3. Fase de identificación de prácticas actuales de gestión de riesgos*

Para la tercera fase, se efectuará un mapeo de procesos y prácticas actuales utilizados por las empresas del sector metalmeccánico en la gestión de riesgos de incendios.

### *4. Fase de diseño del dashboard*

La propuesta de diseño del dashboard será desde criterios en accesibilidad, usabilidad y de diseño del dashboard en tiempo real, de forma que se introduzcan datos operativos que colaboren a la mejora de la toma de decisiones de la gestión del riesgo. A través del diseño de un modelo del dashboard que admite la visualización de indicadores como por ejemplo: el monitoreo del riesgo, el de alertas y el de los fallos críticos ayudados con los sistemas de Business Intelligence (BI), para la prevención del riesgo y para su adaptación a las características de la industria metalmeccánica.

## 5. Fase de análisis y conclusiones

Como fase final, se realizarán los ajustes necesarios al dashboard prueba antes de su recomendación final para su implementación a nivel sectorial.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Para el desarrollo de un *dashboard* como herramienta integral para la prevención de incendios en industrias del sector metalmecánico, se adoptará un enfoque sistemático para la recolección de datos, similar al método de fichaje descrito por Alfonzo (1988), que asegura una selección lógica y organizada de la información necesaria para una herramienta tecnológica de planificación de proyectos. En este sentido, el análisis PESTEL se llevó a cabo a partir de los siguientes datos y fuentes secundarias:

*Datos normativos y regulatorios:* documentos oficiales de normativas de seguridad contra incendios aplicables a la industria metalmecánica como: la Resolución 0312 de 2019 del Ministerio de Trabajo y el Código Colombiano de Construcción publicado por ICONTEC, entre otros.

*Impacto económico:* informes de la Cámara de Comercio de Bogotá y estudios del Centro de Investigación en Seguridad Industrial para evaluar los costos de la implementación de medidas preventivas y el impacto económico de los incidentes de incendio.

*Expectativas sociales y capacitación:* encuestas realizadas por la Fundación para la Seguridad Industrial y análisis de seguridad laboral para entender el conocimiento de los empleados sobre la gestión de riesgos y la efectividad de la capacitación en prevención de incendios.

Innovaciones tecnológicas: informes de ICONTEC y estudios de la Universidad de los Andes sobre la adopción y efectividad de tecnologías avanzadas en la detección y control de incendios.

Aspectos ecológicos: datos del Instituto Alexander von Humboldt y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para evaluar el impacto ambiental de las medidas de prevención y su alineación con las regulaciones ambientales.

Aspectos legales: informes del Ministerio de Justicia y la Superintendencia de Riesgos Laborales para comprender las implicaciones legales del incumplimiento de las normativas de seguridad contra incendios.

### **Unidad de estudio**

El trabajo bibliográfico se llevó a cabo mediante la observación documental de datos, que implica, según Ortiz (2015), la revisión detallada y sistemática de diversos documentos, estudios, informes de investigación, estadísticas y literatura para contextualizar el tema bajo estudio, es decir, este estudio analiza fuentes documentos identificadas como las principales unidades de estudio, que incluyen: artículos científicos, informes, tesis de diferentes niveles académicos, libros, etc., que faciliten información válida y confiable sobre el tema de esta investigación. La selección de estas unidades de análisis se llevó a cabo la búsqueda en bases de datos especializadas entre ellas: PubMed, Elsevier, Scielo, Redalyc, permitiendo tener un veracidad de la información seleccionada.

### **Consideraciones éticas**

El presente estudio se regirá por principios éticos fundamentales, lo que quiere decir que los datos estarán estrictamente limitado a los fines del estudio, y se evitará cualquier conflicto de interés. Las decisiones relacionadas con el diseño y desarrollo del dashboard

estarán orientadas a mejorar la seguridad industrial y el bienestar de los empleados, asegurando el cumplimiento de las normativas de responsabilidad social empresarial y protección de datos (Resnik, 2020).

## **CAPÍTULO IV**

### **Análisis y discusión de los resultados**

Los resultados obtenidos tras la recolección de la literatura y el análisis de la literatura que se ha referido a la prevención de riesgos de incendios en las industrias que pertenecen al sector metalmeccánico son presentados en este capítulo de la investigación. El análisis se ha enfocado en identificar las prácticas actuales y los procesos utilizados por las empresas del

sector para gestionar estos riesgos, así como en el diseño de un dashboard que integre datos operativos para mejorar la gestión de incendios.

Este capítulo inicia con el diagnóstico de la prevención de riesgos de incendios en el sector metalmecánico, seguido por la identificación de las prácticas actuales de gestión de riesgos, y, se presentará el diseño del *dashboard* propuesto, finalmente se realizará una discusión con la literatura y autores relevantes concluyendo con las implicaciones y conclusiones del proceso investigativo.

### ***Diagnóstico de la prevención de riesgos de incendios en industrias del sector metalmecánico en Colombia.***

En estos momentos, el ámbito de la gestión de riesgos de incendios en el sector metalmecánico en Colombia enfrenta una serie de retos difíciles, para los cuales es necesario diseñar un análisis holístico que permita la construcción de estrategias efectivas de evaluación, de prevención y de mitigación del riesgo. La industria metalmecánica es conocida por ser una de las que ofrecen un alto riesgo de incendio, debido al manejo de materiales combustibles y a la intensidad de uso de las maquinarias, lo que exige una evaluación exhaustiva de los factores que afectan la seguridad y la gestión de riesgos.

### **Análisis PESTEL del sector empresarial metalmecánico**

La herramienta PESTEL permite tener una visión completa de aquellos factores que influyen en la gestión del riesgo de los incendios en el sector metalmecánico colombiano, condición necesaria para poder convertirlos en propuestas o proyectos de gran utilidad para mejorar la seguridad contra los siniestros, el cumplimiento de las normativas y la gestión del riesgo; mediante la utilización de los PESTEL analizados se pueden desarrollar propuestas o

proyectos de gestión del riesgo que logran revisar las necesidades del sector por un periodo y mejorar su seguridad y su eficiencia. Para la realización del análisis a partir de la información y fuentes externas seleccionadas:

**Tabla 2.** Análisis PESTEL en el sector metalmeccánico

	<b>Político</b>	<b>Económico</b>	<b>Social</b>	<b>Tecnológico</b>	<b>Ecológico</b>	<b>Legal</b>
<b>Descripción</b>	En la realidad, las normativas gubernamentales en Colombia, tales como la Resolución 0312 y el Código de Construcción, prescriben unos supuestos requisitos en cuanto a la prevención del fuego y las mismas persiguen proteger la vida y los bienes, por lo cual las empresas metalmeccánicas deberán adecuarse a tales prescripciones para no incurrir en sanciones.	-El costo de implementación de medidas preventivas y su impacto económico son consideraciones cruciales para las empresas metalmeccánicas. - Aunque invertir en tecnología y capacitación puede representar un gasto considerable, los costos derivados de un incidente suelen ser mucho más altos.	La sociedad cada vez espera más que las empresas se preocupen por la seguridad de sus trabajadores, y esa conciencia creciente influye directamente en cómo se enfrentan a la prevención de incendios dentro del entorno laboral. - La preocupación de los empleados y de la comunidad puede ser un motor importante para que las empresas mejoren sus estándares de seguridad.	-Tener acceso a tecnologías avanzadas y adoptarlas en la prevención de incendios es clave para proteger tanto a las personas como a las instalaciones. - Al incorporar estos sistemas, las empresas pueden mejorar de manera significativa su capacidad para responder de forma rápida y efectiva en caso de incendio.	-Las regulaciones ambientales y la presión por prácticas sostenibles afectan la gestión de riesgos de incendios. - Las empresas también deben tener en cuenta el impacto ambiental de los sistemas de prevención que utilizan y buscar prácticas que les permitan reducir su huella ecológica sin comprometer la seguridad.	-El marco legal en Colombia impone obligaciones estrictas para la prevención de incendios. -Cumplir con estas obligaciones es fundamental para evitar sanciones y posibles responsabilidades legales.
<b>Datos y Estudios</b>	-Resolución 0312 de 2019: Fija las normas mínimas de seguridad y salud en el trabajo en materia de prevención de los incendios. Según el propio Ministerio de Trabajo, todavía existen muchas empresas del sector metal meccánico que no han implantado tal norma como conviene. -Código Colombiano de Construcción: Publicado por ICONTEC, exige que las instalaciones industriales, incluidas las metalmeccánicas, cumplan con requisitos específicos para la instalación de	-Estudio de la Cámara de Comercio de Bogotá: Según un informe publicado en 2022, las empresas del sector enfrentan importantes retos financieros al tratar de implementar sistemas avanzados para la prevención de incendios. -El informe destaca que el costo promedio de un incidente de incendio puede superar los \$200,000 USD, en comparación con una	-Encuesta de la Fundación para la Seguridad Industrial: En 2023, una encuesta reveló que el 78% de los empleados en el sector metalmeccánico considera que la capacitación en prevención de incendios es insuficiente. Informe de Seguridad Laboral: El informe destaca	Informe del Instituto de Normas Técnicas de Colombia (ICONTEC): El informe de 2023 muestra que el 65% de las empresas del sector aún utilizan sistemas de prevención desactualizados. Estudio sobre Tecnología en Seguridad: Un estudio realizado por la Universidad de los Andes en 2022	Reglamento Ambiental para la Gestión de Residuos: De acuerdo con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), las empresas deben cumplir con normativas que regulan el manejo de materiales inflamables y el impacto ambiental de los sistemas de extinción. Estudio de Impacto Ambiental: Un	Informe de Cumplimiento Legal: Según un informe del Ministerio de Justicia, el incumplimiento de las normativas de prevención de incendios puede resultar en sanciones que superan los \$100,000 USD. Auditorías y Certificaciones: Las auditorías realizadas por entidades como la Superintendencia de Riesgos Laborales revelan que muchas empresas no están adecuadamente

	sistemas de prevención y control de incendios.	inversión en sistemas de prevención que puede ser de alrededor de \$50,000 USD. Análisis del Impacto Financiero: Según un estudio del Centro de Investigación en Seguridad Industrial, el retorno de la inversión en medidas de prevención es positivo, con una reducción del 30% en los costos relacionados con incendios.	que la falta de capacitación y la insuficiencia en los protocolos de seguridad pueden llevar a una menor moral entre los empleados y a una mayor probabilidad de incidentes.	encontró que la implementación de tecnologías de detección temprana puede reducir el tiempo de respuesta ante incendios en un 40%.	estudio publicado por el Instituto Alexander von Humboldt en 2023 destaca la importancia de utilizar tecnologías de prevención que minimicen el impacto ambiental y cumplan con las regulaciones.	certificadas en cuanto a sus sistemas de prevención de incendios.
Realidad observada	Cumplimiento dispar: reportes de entidades como la Cámara de Comercio de Bogotá muestran que mientras algunas empresas cumplen con las normativas, otras enfrentan dificultades debido a la falta de recursos o conocimiento.	Presión económica: muchas empresas enfrentan la presión de equilibrar la inversión en prevención con otras necesidades operativas, lo que puede llevar a una implementación incompleta de las medidas necesarias.	Demanda de mejora: las empresas que no cumplen con las expectativas de seguridad pueden enfrentar una alta rotación de personal y un impacto negativo en su reputación.	Desafíos de actualización: aunque hay avances tecnológicos disponibles, muchas empresas enfrentan desafíos para adoptar y mantener sistemas modernos debido a los costos y la falta de soporte técnico adecuado.	Presión por la sostenibilidad: las empresas enfrentan la presión de adoptar tecnologías de prevención que no solo sean efectivas, sino también respetuosas con el medio ambiente.	Responsabilidad legal: las empresas que no cumplen con las normativas enfrentan riesgos legales significativos, incluidos litigios y daños a su reputación, lo que refuerza la necesidad de adherirse a los estándares legales.

**Fuente:** Elaboración propia



El análisis PESTEL revela los varios desafíos y oportunidades que enfrenta el sector metalmeccánico en Colombia en cuanto a la seguridad contra incendios y otros riesgos; el cumplimiento de las normativas locales e internacionales en prevención de incendios es importante para las empresas esto dado que la Resolución 0312 de 2019, junto con el Código Colombiano de Construcción y otras regulaciones locales, establece estándares detallados que buscan garantizar la seguridad en el entorno industrial (García, 2021). Sin embargo, existe una falta de cumplimiento de estas normativas puede aumentando los riesgos para la seguridad de los empleados y de las instalaciones (Méndez, 2019), según Hernández (2022), el incumplimiento normativo afecta la seguridad y expone a las empresas a riesgos financieros y reputacionales considerables.

La inversión económica en sistemas de prevención de incendios tiende a ser alta, sin embargo, de acuerdo con López (2020), el costo de los incidentes de incendio es aún mayor, ya que implica daños a maquinaria, interrupciones en la producción y las sanciones por incumplimiento, por su parte, Morales (2021) sostiene que se debe ver a la prevención de incendios como una inversión en lugar de un gasto mejorando la sostenibilidad económica y operativa de las empresas.

Según Castro (2023), la perspectiva de los empleados respecto a condiciones de trabajo seguras ha aumentado al igual que la conciencia sobre la seguridad laboral y la demanda de prácticas y protocolos seguros que las empresas deben implementar. Entendiendo esto, la capacitación continua y la mejora de los protocolos de seguridad protegen al personal e influyen positivamente en la reputación de la empresa (Ramírez, 2022).

El uso de tecnologías avanzadas en la detección y control de incendios presenta una oportunidad para mejorar la seguridad, de acuerdo con Pérez (2021) la integración de

innovaciones tecnológicas implica una mayor eficiencia en la gestión de riesgos, esto solo si las empresas logran mantenerse al día con las últimas tecnologías y aseguran un mantenimiento adecuado de los sistemas existentes para maximizar su efectividad (Gómez, 2020).

En cuanto a lo ecológico, existe una creciente presión para adoptar prácticas sostenibles y cumplir con las regulaciones ambientales por lo que las empresas metalmeccánicas deben integrar medidas de prevención de incendios que también minimicen el impacto ambiental. Según López & Torres (2022), la adopción y el cumplimiento de estas soluciones ambientales logran una gestión de riesgos integral y responsable mejoran la imagen corporativa y la responsabilidad social de la empresa.

En lo que tiene que ver con lo legal, es importante reconocer que marco legal en Colombia asigna estrictas responsabilidades a las empresas en cuanto a la implementación de medidas de prevención de incendios; Sánchez (2021) destaca que la responsabilidad legal en caso de incidentes refuerza la necesidad de cumplir las regulaciones y realizar auditorías periódicas, lo que también asegura la efectividad y calidad de los sistemas de prevención (Morales, 2020).

Considerando todo lo presentado, la necesidad de prevenir riesgos de incendios en la industria metalmeccánica en Colombia es crítica, dado que las empresas afrontan varios desafíos que deben ser abordados para garantizar un entorno seguro y cumplir con las normativas vigentes, por lo que se requiere de la implementación de medidas efectivas de prevención que minimicen el riesgo de incendios y proteja a los empleados, contribuya a la sostenibilidad económica y a la responsabilidad social corporativa.

### **Análisis FODA estudio de caso: Soluciones Ambientales 4R**

Para darle ms consistencia al diagnóstico se realizó un estudio de caso en el que se aplicó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) por ser u una herramienta estratégica fundamental para evaluar la situación de una empresa en su entorno operativo, en este caso, de la empresa “Soluciones Ambientales 4R”. Esta metodología se utilizó para diagnosticar la necesidad de prevención de riesgos de incendios en el contexto específico de la industria metalmecánica por ser una empresa que realiza actividades metalmecánicas como la fundición y de gestión de residuos.

Es importante destacar que, “Soluciones Ambientales 4R” se especializa en la transformación energética de diversos materiales reciclables, como llantas, telas, papeles, plásticos y madera, con un proceso incluye la separación de materiales valiosos, trituración y pulverización, lo que permite una disposición final adecuada y sostenible de los residuos, sin embargo, la naturaleza inflamable de los materiales procesados, junto con las operaciones de alta fricción y las exigencias de mantenimiento, plantean riesgos significativos de incendios.

**Tabla 3** Matriz FODA estudio de caso: Soluciones Ambientales 4R

<b>Factores Internos</b>	<b>Factores Externos</b>
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología especializada en la transformación energética de residuos como llantas, telas, papeles y plásticos.</li> <li>- Capacidad técnica para separar y vender materiales valiosos (acero, plástico, caucho) a otras industrias.</li> <li>- Experiencia en la implementación de medidas de seguridad, como sensores de temperatura y sistemas de enfriamiento.</li> <li>- Personal capacitado para responder a situaciones críticas como incendios menores de forma rápida y efectiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creciente demanda de soluciones sostenibles en la gestión de residuos industriales debido a las regulaciones ambientales.</li> <li>- Expansión del mercado hacia ciudades que buscan reducir el impacto ambiental mediante procesos de reciclaje y economía circular.</li> <li>- Apoyo de la normativa ambiental que favorece el uso de combustibles derivados de residuos en sectores como el de construcción.</li> <li>- Oportunidades de expansión del mercado debido a la preferencia por la economía circular y prácticas sostenibles.</li> <li>- Alianzas con sectores industriales que buscan soluciones energéticas alternativas para reducir el uso de combustibles fósiles.</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto riesgo de incendios debido a la naturaleza inflamable de los materiales procesados (llantas, cartón, plásticos).</li> <li>- Dependencia de maquinaria especializada, con alto costo de mantenimiento y riesgo de interrupción si se avería.</li> <li>- Historial de accidentes menores que afecta la reputación y genera costos adicionales de prevención y mitigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incidentes graves, como incendios anteriores, que pueden llevar a problemas legales y pérdida de contratos.</li> <li>- Cambios en las regulaciones ambientales que pueden exigir nuevas inversiones o modificaciones en los procesos de la empresa.</li> <li>- Costos elevados en medidas de seguridad y prevención, que afectan la rentabilidad si no se optimizan los procesos.</li> <li>- Fluctuaciones en la demanda de productos derivados de los residuos, afectando la estabilidad financiera de la empresa.</li> <li>- Competencia creciente en el mercado de reciclaje y disposición final de residuos, lo que puede afectar la cuota de mercado.</li> <li>- Restricciones normativas y de operación en ciudades con estrictas regulaciones ambientales debido a la criticidad del proceso.</li> </ul>
--	--

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla indica como fortalezas a los factores internos de “Soluciones Ambientales 4R”, pues estos se caracterizan por su tecnología avanzada en la transformación energética de residuos para comercializar materiales reciclables, así como su experiencia en la implementación de medidas de seguridad y un equipo capacitado para manejar emergencias. Por otra parte, se identifica como debilidades de la empresa a el alto riesgo de incendios debido a los materiales inflamables procesados, la dependencia de maquinaria costosa y el historial de accidentes menores. Por otra parte, las oportunidades se encuentran en la creciente demanda global de soluciones sostenibles permitiendo a la empresa variar sus servicios y expandir su mercado, En cuanto a las amenazas, estas se relacionan con la competencia creciente en el sector.

Teniendo en cuenta la matriz FODA presentada, resulta imprescindible para el propósito de la creación del dashboard como herramienta de gestión de riesgos la creación de un análisis estratégico cruzado, que se enfoque en definir cuáles serán las estrategias a tomar para la prevención y gestión de riesgos en la empresa “Soluciones Ambientales 4R”.

**Tabla 4.** Matriz FODA cruzada

<b>MATRIZ DE ESTRATEGIAS</b>
------------------------------

<b>Fortalezas + Oportunidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aprovechar la experiencia técnica y el personal capacitado para posicionar la empresa en el mercado.</li> <li>- Utilizar la tecnología y sistemas de seguridad como ventaja competitiva en alianzas con industrias que buscan energías alternativas.</li> <li>-Promover el uso de sensores y sistemas automatizados de prevención como elemento diferenciador.</li> </ul>
<b>Debilidades + Oportunidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desarrollar una herramienta tecnológica de planificación para reducir el riesgo de incendios y cumplir normativas nacionales e internacionales.</li> <li>-Generar alianzas con industrias interesadas en combustibles alternativos para justificar inversiones en maquinaria.</li> <li>-Optimizar procesos mediante tecnología para reducir costos y responder al aumento de demanda.</li> <li>-Incluir módulos de monitoreo y prevención de riesgos que mejoren la respuesta a accidentes, mejorando imagen corporativa.</li> </ul>
<b>Fortalezas + Amenazas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Integrar a los sistemas actuales de seguridad a un monitoreo constante que permita prevenir consecuencias humanas, legales y ambientales graves.</li> <li>-Usar la experiencia del personal para cumplir nuevas normativas sin grandes inversiones.</li> <li>-Implementar protocolos de seguridad con el personal como agentes clave de cambio.</li> </ul>
<b>Debilidades + Amenazas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desarrollar e implementar una herramienta tecnológica que logre minimizar riesgos operacionales y legales.</li> <li>-Establecer un plan de mantenimiento predictivo para reducir dependencia de maquinaria crítica.</li> <li>-Crear un programa integral de seguridad adaptable a nuevas normativas.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

Al hacer el análisis cruzado de FODA para la gestión de riesgos en la gestión de riesgos de incendios en la empresa “Soluciones Ambientales 4R”, podemos identificar como principal estrategia la creación de una herramienta tecnológica que sea capaz de monitorear y prevenir riesgos de incendios en “Soluciones Ambientales 4R” que se guíen en normativas tanto nacionales como internacionales, evitando así consecuencias catastróficas.

Por consiguiente, es necesario el estudio combinado del análisis FODA y PESTEL mediante el cual se busca identificar las mejoras necesarias de “Soluciones Ambientales 4R” y comprender el entorno externo que afecta sus operaciones y prácticas de seguridad con el propósito de evaluar y comparar las estrategias actuales y establecer estándares de mejores prácticas para la empresa.

***Identificación de las prácticas y procesos utilizados por las principales empresas del sector para la gestión de riesgos.***

Este análisis se centra en identificar las prácticas y procesos que las empresas líderes en el sector metalmecánico colombiano han implementado para la gestión de riesgos de incendios, al estudiar las metodologías empleadas, se podrán detectar estándares de mejores prácticas que perfeccionen la prevención de incendios adaptadas a las necesidades específicas de este sector. Esta identificación de prácticas se realizó mediante un análisis de diferentes documentos relevantes con el objetivo de encontrar recomendaciones prácticas que fortalezcan la capacidad de las empresas para prevenir y responder a emergencias de incendio.

**Revisión de Protocolos y Procedimientos**

Descripción: las principales empresas del sector metalmecánico en Colombia han desarrollado protocolos y procedimientos específicos, basados en normativas nacionales e internacionales a través de directrices que se encuentran en la Resolución 0312 de 2019 que establece los requisitos básicos de seguridad industrial, incluyendo medidas para la prevención de incendios (García, 2021), adicionalmente, las empresas deben adherirse al Código Colombiano de Construcción, que define los estándares de seguridad para las instalaciones industriales.

***Prácticas Observadas:***

***Evaluación de riesgos:*** las empresas ejecutan evaluaciones habituales de riesgo para identificar áreas críticas y vulnerabilidades en sus procesos y estructuras.

*Sistemas de alarma y detección:* instalación de sistemas avanzados de detección de incendios y alarmas que cumplan con los estándares internacionales como los de la NFPA (Pérez, 2021).

*Mantenimiento de equipos:* mantenimiento y revisión regular de los sistemas de protección contra incendios.

Comparación: Las prácticas incluyen la incorporación de tecnologías avanzadas en los sistemas de detección de incendios, así como la implementación de procedimientos rigurosos destinados al mantenimiento y la revisión periódica de los equipos, con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento y efectividad en situaciones de emergencia (Gómez, 2020). Las empresas que cumplen con estos estándares suelen experimentar una menor frecuencia de incidentes relacionados con incendios, lo que demuestra la efectividad de las prácticas de prevención implementadas.

### **Prácticas en la Planificación de Proyectos**

Descripción: durante la planificación de proyectos, las empresas metalmecánicas deben integrar medidas de prevención de incendios en todas las etapas, desde el diseño hasta la implementación. Esto implica la evaluación de riesgos, el diseño de sistemas de seguridad adecuados y la capacitación del personal en prácticas de trabajo seguras, asegurando así un entorno operativo protegido. (López, 2020).

*Prácticas Observadas:*

*Integración de medidas preventivas:* es de vital importancia que estas medidas preventivas vengán incorporadas desde las fases iniciales de diseño del proyecto, y eso implica la buena elección de materiales de los que se han demostrado, como resistentes al fuego, como una adecuada planificación de las rutas de evacuación. De

tal forma, estamos hablando de que se minimizan riesgos desde un inicio y que en caso de que haya riesgo, se establezcan condiciones seguras para el trabajador.

*Capacitación del personal:* es fundamental ofrecer capacitación continua al personal en procedimientos de emergencia y en el uso adecuado de los equipos de prevención de incendios, asegurando que estén siempre preparados para actuar de manera efectiva en situaciones críticas. (Castro, 2023).

Comparación: las empresas líderes en el sector adoptan un enfoque integral al planificar sus proyectos, garantizando que todas las medidas de prevención de incendios estén correctamente implementadas desde el comienzo. Entre sus prácticas se incluyen la simulación de escenarios de emergencia y la evaluación continua de los planos de seguridad, asegurando que estén siempre actualizados y listos para cualquier eventualidad (Ramírez, 2022).

### **Normativa y Estándares**

Descripción: el cumplimiento de los marcos regulatorios globales y los puntos de referencia, incluido ISO 45001 (sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional), es crucial para la gestión efectiva de los riesgos de incendios. Se requiere que las organizaciones se adhieran a estas pautas para garantizar que sus protocolos de seguridad sean consistentes con las mejores prácticas globales. (López & Torres, 2022).

*Prácticas Observadas:*

*Certificación internacional:* obtener certificaciones internacionales que reconozcan el cumplimiento de los estándares en gestión de seguridad y salud es fundamental para que las empresas demuestren su compromiso con las mejores prácticas y garanticen un entorno laboral seguro y saludable.

*Auditorías internas y externas:* ejecutar auditorías internas y externas para comprobar el cumplimiento de las regulaciones y la efectividad de los procedimientos de prevención de incendios.

Comparación: las empresas que cuentan con certificaciones internacionales y realizan auditorías periódicas tienen una mayor probabilidad de prevenir incendios, ya que garantizan la implementación de las mejores prácticas y un proceso constante de mejora en sus medidas de seguridad. (Sánchez, 2021).

### **Impacto económico y financiero**

Descripción: Invertir en sistemas de prevención de incendios puede ser costoso, pero es importante que las empresas lo comparen con el costo de los posibles incidentes, como los daños materiales, las paradas en la producción y las sanciones. De este modo, pueden ver que la prevención no solo protege, sino que también ayuda a evitar pérdidas mayores a largo plazo. (Morales, 2021).

*Prácticas Observadas:*

*Presupuesto para seguridad:* asignación de un presupuesto específico para la implementación y mantenimiento de sistemas de prevención de incendios.

*Análisis de costos-beneficios:* evaluación de los costos asociados con la prevención de incendios frente a los costos potenciales de los incidentes de incendio.

Comparación: las empresas que llevan a cabo un análisis detallado de costos y beneficios, y que asignan de manera adecuada su presupuesto para seguridad, suelen ser más exitosas en la prevención de incendios. Invertir en tecnologías avanzadas y en mantenimiento preventivo no solo mejora la seguridad, sino que también puede reducir considerablemente los riesgos y los costos asociados a incidentes de fuego. (Morales, 2021).

La identificación de las prácticas y procesos utilizados por las principales empresas metalmecánicas para la gestión de riesgos de incendios indican la necesidad y viabilidad de la implementación de medidas preventivas. Se establece entonces la necesidad de un enfoque integral en la gestión de riesgos que incluya: el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales, la planificación proactiva, la inversión en tecnologías avanzadas y la capacitación del personal.

## Conclusiones

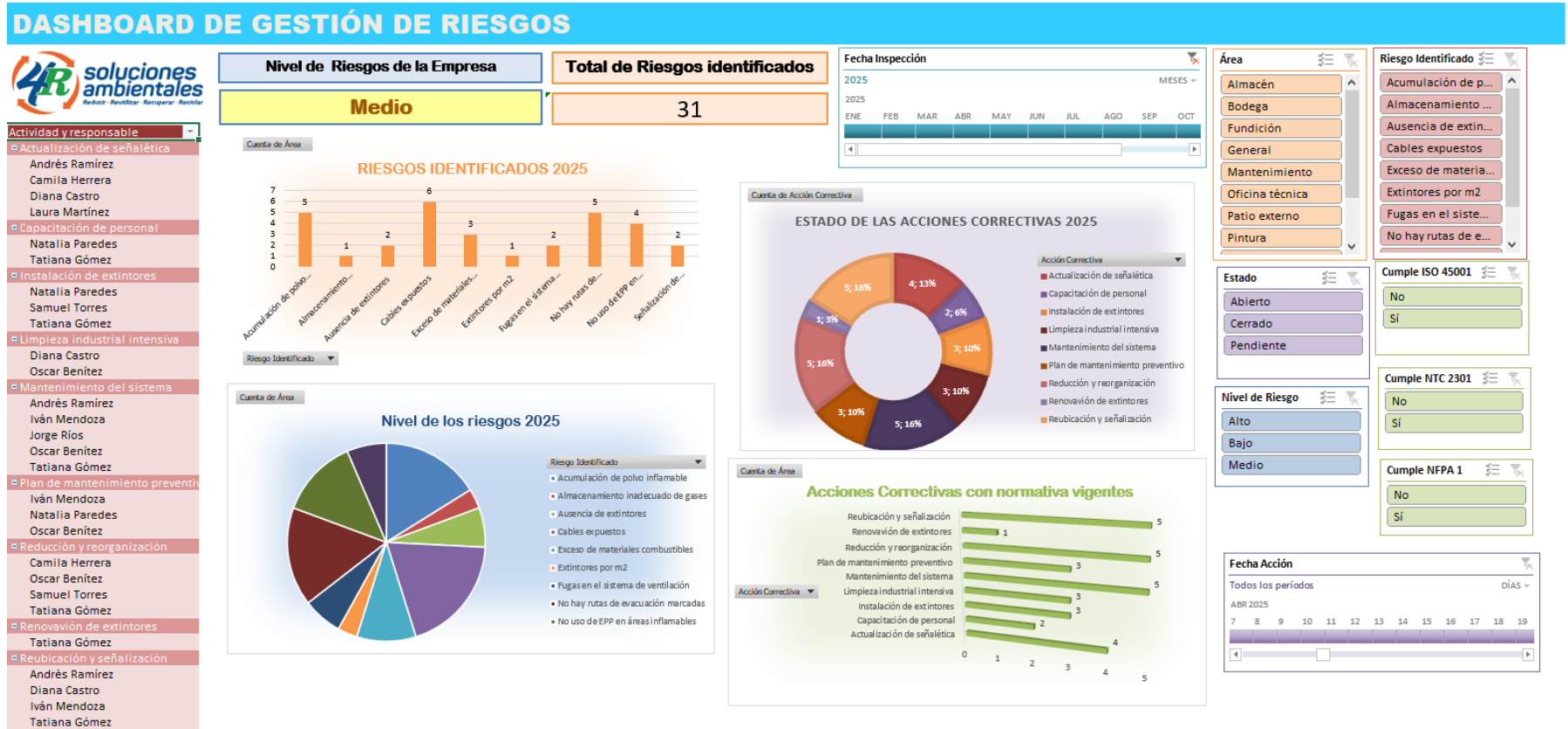
Es posible crear un dashboard interactivo, funcional y específicamente adaptado a las necesidades de la industria metalmecánica, pero para ello es necesario realizar un análisis detallado del contexto normativo, técnico y operativo. De esta manera, la herramienta propuesta puede mostrar y analizar información en tiempo real, como los niveles de riesgo y el estado de los sistemas de regularización, facilitando una toma de decisiones más efectiva y mejorando la organización interna de la empresa.

El diseño del tablero se basa en las técnicas de análisis PESTEL y FODA, combinadas con los principios de Business Intelligence (BI), lo que asegura una solución eficaz y adaptada a las necesidades específicas de la empresa, así como a las normativas vigentes sobre seguridad y prevención de incendios. La herramienta tecnológica resultante es moderna y accesible, e incluye indicadores clave de rendimiento (KPI), alertas tempranas, informes automáticos y una interfaz fácil de usar. Esto facilita su implementación en diversas áreas dentro de la organización, mejorando la toma de decisiones y optimizando la gestión de riesgos.

Aunque este caso de estudio se enfocó en las necesidades específicas de la empresa "Soluciones Ambientales 4R", el modelo propuesto es completamente replicable y adaptable, lo que significa que puede ser aplicado en otras empresas del sector metalmecánico o en cualquier industria con riesgos similares. Esta investigación, por lo tanto, proporciona una metodología flexible para desarrollar herramientas tecnológicas de gestión de riesgos de incendios en entornos industriales, y contribuye a fortalecer la cultura de prevención dentro de las organizaciones, alineándose con los principios de sostenibilidad y responsabilidad social corporativa.

## Anexos

### Anexo 1. Diseño Dashboard para la Empresa "soluciones Ambientales 4R"



## Referencias

- Ascencio Blanco, K. T. (2024). Formulación de un plan de gestión del riesgo y del desastre (PDGRD) para el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) mediante análisis de consecuencia. <file:///C:/Users/maris/Downloads/10202133-2024-1-IA.pdf>
- Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (ANRACI, 2022). Más del 80% del sector comercial no tienen cómo prevenir o controlar un incendio. <https://www.laopinion.co/zona-verde/mas-del-80-del-sector-comercial-no-tienen-como-prevenir-o-controlar-un-incendio>
- Aven, T., y Renn, O. (2010). Risk Management and Governance: Concepts, Guidelines and Applications. Springer.
- Ávila Montejo, C., y López, Y. L. (2021). *Guía para la inspección de redes contra incendio a base de agua en edificaciones residenciales en uso*. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/c90ab9bc-edd9-4920-8dd3-0b1303229162/content>
- Baron, I. S., y Agustina, H. (2017). The effectiveness of leadership management training. Polish Journal of Management Studies, 16(2), 7-16. <https://doi.org/10.17512/pjms.2017.16.2.01>
- Bensur, K. L. (2023). Análisis del riesgo mecánico en las empresas del sector metalmeccánico en Colombia (2016-2021). <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/7260/1.%20Documento%20TG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bird, F. E., y Germain, G. L. (2006). Practical Loss Control Leadership. Det Norske Veritas.
- Bird, F., y Germain, G. (2006). Practical loss control leadership. Institute Publishing.
- Carrillo, J.; Cuesta-Olave J.; LópezDíaz, J. P. (2022) Evaluación de las estadísticas de incendios estructurales en Colombia. Revista EIA, 19(38), Reia3828. pp. 1-18. <https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1575>
- Carroll, A. B. (1999). Corporate social responsibility: A three-domain approach. [https://www.researchgate.net/profile/Archie-Carroll/publication/261827186\\_Corporate\\_Social\\_Responsibility\\_A\\_Three-Domain\\_Approach/links/54a17ab80cf267bdb902c00f/Corporate-Social-Responsibility-A-Three-Domain-Approach.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Archie-Carroll/publication/261827186_Corporate_Social_Responsibility_A_Three-Domain_Approach/links/54a17ab80cf267bdb902c00f/Corporate-Social-Responsibility-A-Three-Domain-Approach.pdf)
- Castro, J. (2023). Seguridad y expectativas laborales en la industria metalmeccánica. Editorial Seguridad y Trabajo.
- Castro, J. (2023). Seguridad y expectativas laborales en la industria metalmeccánica. Editorial Seguridad y Trabajo.
- Denti, G. M. (2023). Gestión de los riesgos en taller metalmeccánico de Automotriz Pauny S.A. [http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/bitstream/123456789/1131/1/Denti\\_HYS\\_2023.pdf](http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/bitstream/123456789/1131/1/Denti_HYS_2023.pdf)
- Dirección Nacional de Bomberos Colombia (2022). Incendios en Colombia. <https://dnbc.gov.co/>
- Eckerson, W. W. (2010). Performance dashboards: Measuring, monitoring, and managing your business. John Wiley y Sons.

- Eckhoff, R. K. (2009). *Dust Explosions in the Process Industries* (3rd ed.). Gulf Professional Publishing.
- Eisenhardt, K. M., y Sull, D. N. (2001). Strategy as simple rules. *Harvard Business Review*, 79(1), 106-116.
- Elkington, J. (1999). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.
- Few, S. (2013). *Information dashboard design: Displaying data for at-a-glance monitoring*. Analytics Press.
- Finkenrath, M. (2011). *The Role of Natural Gas in the Transition to a Lower-Carbon Energy System*. International Energy Agency.
- Franco Muñoz, J. P., y Castro, G. Y. (2024). Análisis del mercado proyectado al 2030 de las PYME metalmecánicas en Colombia: Su entorno competitivo y la identificación de variables que impactan en el desarrollo y crecimiento del sector. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/67872/Plantilla%20Deposito%20en%20Biblioteca%202024%20-%20TGII-R10.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Frigo, M. L., y Anderson, R. J. (2011). Strategic risk management: A foundation for improving enterprise risk management and governance. *The Journal of Corporate Accounting y Finance*, 22(3), 81-88.
- Gamboa Ruiz, W.Y. y Culma Rivera J.S.(2020) Proyecto de fortalecimiento empresarial de la compañía Equipos Contra Incendios ACOR. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21472?show=full>
- García, M. (2021). Normativas de seguridad contra incendios: Una revisión. *Revista de Seguridad Industrial*. [https://www.urv.cat/media/upload/arxiu/catedra-desenvolupament-sostenible/Informes%20VIP/revista\\_sth.pdf](https://www.urv.cat/media/upload/arxiu/catedra-desenvolupament-sostenible/Informes%20VIP/revista_sth.pdf)
- García, M. (2021). Normativas de seguridad contra incendios: Una revisión. *Revista de Seguridad Industrial*.
- Gavilanes-Lagla, M. A., Olovacha-Toapanta, W. S., Velásquez-Beltrán, A. J., y Velasco-Guerra, A. E. (2021). Gestión del riesgo laboral mediante la planificación preventiva en los procesos operativos de la industria metalmecánica. [file:///C:/Users/Marisela%20E/Downloads/Dialnet-GestionDelRiesgoLaboralMedianteLaPlanificacionPrev-8229729%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Marisela%20E/Downloads/Dialnet-GestionDelRiesgoLaboralMedianteLaPlanificacionPrev-8229729%20(1).pdf)
- Gómez, A. (2020). Tecnologías avanzadas en prevención de incendios: Desafíos y oportunidades. *Tecnología y Seguridad*.
- Gómez, A. (2020). Tecnologías avanzadas en prevención de incendios: Desafíos y oportunidades. *Tecnología y Seguridad*.
- González Correa, M. S., Escobar López, N., y Turmequé García, D. L. (2021). *Plan para la prevención de incendio en los sistemas de extracción de grasas y vapores de los restaurantes de Parque la Colina Centro Comercial de acuerdo con la GTC 45*. <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1293/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>
- González, D., Guevara, D., y Monroy, R. (2018). Estrategias de control de riesgos en la empresa Sertill Ltda <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11719/PAPER.pdf?sequence=1>

- Grande Vela, J. (2021). Programa de seguridad para controlar el riesgo de incendio en una MYPE metalmecánica en Lima. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6482>
- Gutiérrez, E. (2021). Actualización del programa de seguridad y salud laboral de la empresa Metal Mecánica del Orinoco S.A. sede Valencia, Carabobo. <https://riujap.ujap.edu.ve/server/api/core/bitstreams/0c7123a1-d5f8-4770-9a09-828621196fe5/content>
- Hernández, R. (2022). Impacto del incumplimiento normativo en la industria. *Revista de Regulaciones Industriales*.
- Hillson, D. (2017). *The risk management handbook: A practical guide to managing the multiple dimensions of risk*. Kogan Page.
- Hopkin, P. (2018). *Fundamentals of risk management: Understanding, evaluating, and implementing effective risk management*. Kogan Page.
- Hopkin, P. (2018). *Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating and Implementing Effective Risk Management*. Kogan Page Publishers.
- ISO (2018). *ISO 31000:2018 Risk management - Guidelines*. International Organization for Standardization.
- Kahneman, D., y Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291.
- Kinnan, C., Samphantharak, K., Townsend, R. M., y Vera-Cossio, D. (2020). Impactos y la interrupción económica: Redes, seguros y propagación. <https://globaldev.blog/es/impactos-y-la-interrupcion-economica-redes-seguros-y-propagacion/>
- Kirkpatrick, D. L., y Kirkpatrick, J. D. (2006). *Evaluating training programs: The four levels*. Berrett-Koehler Publishers.
- Kletz, T. (2009). *What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided* (5th ed.). Gulf Professional Publishing.
- Kletz, T. A. (2009). *Hazop and Hazan: Identifying and assessing process industry hazards*. CRC Press.
- Laursen, G. H. N., y Thorlund, J. (2016). *Business analytics for managers: Taking business intelligence beyond reporting*. John Wiley y Sons.
- Laursen, G. H. N., y Thorlund, J. (2016). *Business analytics for managers: Taking business intelligence beyond reporting*. John Wiley y Sons.
- Leveson, N. (2011). *Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety*. MIT Press.
- Leveson, N. (2011). *Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety*. MIT Press.
- López F., K. (2022). Evaluación de riesgos laborales en una industria metalmecánica ubicada en el cantón Duran-Ecuador. [file:///C:/Users/Marisela%20E/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeRiesgosLaboralesEnUnaIndustriaMetalmecc-9227655%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Marisela%20E/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeRiesgosLaboralesEnUnaIndustriaMetalmecc-9227655%20(2).pdf)
- López, D. (2020). Costos y beneficios de la prevención de incendios en la industria metalmecánica. Informe de Seguridad Financiera.
- López, D. (2020). Costos y beneficios de la prevención de incendios en la industria metalmecánica. Informe de Seguridad Financiera.
- López, K. (2022). Evaluación de riesgos laborales en una industria metalmecánica ubicada en el cantón Durán-Ecuador. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*.

- file:///C:/Users/Marisela%20E/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeRiesgosLaboralesEnUnaIndustriaMetalmec-9227655.pdf
- López, M., y Torres, A. (2022). Sostenibilidad y regulación ambiental en la prevención de incendios. *Ecología Industrial*.
- López, M., y Torres, A. (2022). Sostenibilidad y regulación ambiental en la prevención de incendios. *Ecología Industrial*. [https://www.urv.cat/media/upload/arxiu/catedra-desenvolupament-sostenible/Informes%20VIP/revista\\_sth.pdf](https://www.urv.cat/media/upload/arxiu/catedra-desenvolupament-sostenible/Informes%20VIP/revista_sth.pdf)
- Martínez Orrego, J. E., y Montaña Rubio, D. M. (2021). *Medidas preventivas contra incendios en cuatro MIPYMES del sector textil en la ciudad de Neiva*. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13514/1/TE.RLA\\_MartinezJose-Monta%C3%B1oDiana\\_2021](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13514/1/TE.RLA_MartinezJose-Monta%C3%B1oDiana_2021)
- McNamee, M., Åström, J., Marlair, G., Truchot, B., y Meacham, B. (2022.). Impacto ambiental de los incendios en el entorno construido. <https://www.nfpa.org/es/education-and-research/research/fire-protection-research-foundation/projects-and-reports/the-environmental-impact-of-fire>
- Méndez, F. (2019). Cumplimiento y sanciones en la gestión de riesgos de incendios. *Journal of Risk Management*.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). Sector metalmecánico. Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo <https://www.mincit.gov.co/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-perfiles-sectoriales>
- Morales, C. (2020). Responsabilidad legal y auditorías en la prevención de incendios. *Derecho y Seguridad*.
- Morales, C. (2021). Estrategias de inversión en prevención de incendios. *Gestión y Finanzas Industriales*. <https://riujap.ujap.edu.ve/bitstreams/120ffaf9-6a98-426b-bdfb-e7d1145cc326/download>
- Morales, C. (2021). Estrategias de inversión en prevención de incendios. *Gestión y Finanzas Industriales*.
- Muñoz Moreira, G. (2023). Sistemas de protección contra incendios: ¿Cuál es el valor agregado desde las estrategias de desarrollo sustentable? <https://repositorio.udd.cl/server/api/core/bitstreams/c899a612-5ab9-46ae-9ff4-d63844fc462c/content>
- Naciones Unidas. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios (LC/L.4198; LC/IP/L.343). <https://doi.org/10.18356/2518-3923>
- Nagarajan, R. (2013). *Combustion Processes*. CRC Press.
- NFPA. (2019). NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code. National Fire Protection Association.
- Noe, R. A. (2010). *Employee training and development*. McGraw-Hill Education.
- Nussbaumer Knafllic, C. (2015). *Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals*. Wiley.
- Olson, D. L., y Wu, D. (2017). *Enterprise risk management models*. Springer.
- Ospina Castillo, S., y Giraldo Ladino, L. F. (2019). Propuesta de un plan de prevención de accidentalidad para una planta metalmecánica en la ciudad de Pereira. <https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/28d554fc-50a5-4eb7-82e4-34722b475c1a/content>
- Penagos Chavarrio, L., y López Rozo, M. A. (2022). *Gestión del riesgo contra incendios y atención de emergencias en el Alto Magdalena: Análisis institucional e implementación de la política pública en el periodo 2012-2019*.

<https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/3efa31bc-1ef9-4fe4-9e77-5c09dc45ed9c/content>

- Perez, M. A. (2023). Dashboard para la optimización de los servicios complementarios en la educación básica regular  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36253?show=full>
- Pettarin, F. (2021). Análisis de los riesgos de incendio y sistema de protección contra incendio en una planta de distribución YPF agro situada en la ciudad de Balcarce.  
<https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/633/FPettarin-TFI-EHS-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Powell, G., y Lindbeck, E. (2006). Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles. Elsevier.
- Power, M. (2007). Organized uncertainty: Designing a world of risk management. Oxford University Press.
- Ramírez, E. (2022). Capacitación y seguridad laboral: Un enfoque integral. Manual de Seguridad Empresarial.  
[https://books.google.com.pe/books?id=jDgUQb\\_V6PsCyprintsec=frontcoveryh1=es#v=onepage&qyf=false](https://books.google.com.pe/books?id=jDgUQb_V6PsCyprintsec=frontcoveryh1=es#v=onepage&qyf=false)
- Ranjan, J. (2009). Business intelligence: Concepts, components, techniques, and benefits. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 9(1), 60-70.
- Rodgers, W. (2016). Welding Processes Handbook. Woodhead Publishing.
- Sánchez, A. (2021). Cumplimiento y sanciones en la gestión de riesgos de incendios. Journal of Risk Management.
- Simmons, D. (2020). Industrial Safety and Health for Goods and Materials Services. CRC Press.
- Simmons, P. (2020). Environmental risk management: A guide for businesses and governments. Routledge.
- Turban, E., Sharda, R., Delen, D., y King, D. (2011). Business intelligence: A managerial approach. Prentice Hall.
- Vaughan, D. (1997). The Challenger launch decision: Risky technology, culture, and deviance at NASA. University of Chicago Press.
- Von Neumann, J., y Morgenstern, O. (1944). Theory of games and economic behavior. Princeton University Press.
- Walkenbach, J. (2013). Excel 2013 Bible. John Wiley y Sons.
- Winston, W. L. (2014). Microsoft Excel 2013: Data analysis and business modeling. Pearson Education.
- Zhang, C. (2023). Review of structural fire hazards, challenges, and prevention strategies. Fire, 6(4), Article 137. <https://doi.org/10.3390/fire6040137>
- Ramírez, E. (2022). Capacitación y seguridad laboral: Un enfoque integral. Manual de Seguridad Empresarial.