RELIGACIÓN
REVISTA

Análisis de vulnerabilidad y carga térmica en áreas industriales bajo un enfoque metodológico integrado para la prevención de incendios: caso práctico empresa Arboriente S.A.

Vulnerability and thermal load analysis in industrial areas using an integrated methodological approach for fire prevention: a practical case study of the company Arboriente S.A.

María Belén Aldaz Tubón, Fabián Marcelo Guacho Castillo

Resumen

El sector industrial enfrenta crecientes desafíos en materia de seguridad contra incendios debido al aumento de la densidad de procesos productivos, el uso de materiales combustibles y la concentración de cargas térmicas, factores que incrementan la frecuencia y severidad de incidentes con alto impacto humano, económico y ambiental. En este contexto, la empresa Arboriente S.A., ubicada en Puyo (Pastaza, Ecuador), opera en un entorno de alta vulnerabilidad socioambiental que la expone a incendios, inundaciones y accidentes tecnológicos. El objetivo del estudio fue analizar la vulnerabilidad y la carga térmica en áreas industriales mediante un enfoque metodológico integrado, con el fin de identificar niveles de riesgo de incendio, establecer criterios de aceptabilidad que permitan proponer medidas preventivas que fortalezcan la seguridad operacional y la resiliencia organizacional. Se adoptó un diseño descriptivo no experimental con enfoque mixto, aplicando observación directa, entrevistas y cuestionarios al personal. Para la evaluación de riesgos se emplearon tres metodologías reconocidas internacionalmente: MEIPEE (identificación de amenazas y vulnerabilidades), NFPA (cálculo de carga térmica) y MESERI (clasificación de aceptabilidad del riesgo). Los resultados revelaron que los incendios constituyen el principal riesgo, con cargas térmicas críticas en Producción, Administración y Talleres. Aunque MESERI clasificó el riesgo como aceptable, la NFPA evidenció niveles elevados de severidad, justificando la aplicación de medidas preventivas específicas.

Palabras clave: Seguridad industrial; Vulnerabilidad; Carga térmica; Prevención de incendios

María Belén Aldaz Tubón
Universidad Nacional Chimborazo | Riobamba | Ecuador | belen.aldaz@unach.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-4403-2839
Fabián Marcelo Guacho Castillo
Universidad Nacional Chimborazo | Riobamba | Ecuador | fabian.guacho@unach.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-6700-3546

http://doi.org/10.46652/rgn.v10i47.1517
ISSN 2477-9083
Vol. 10 No. 47 octubre-diciembre, 2025, e2501517
Quito, Ecuador

Enviado: abril 01, 2025
Aceptado: agosto 11, 2025
Publicado: agosto 26, 2025
Publicación Continua

CC BY NC ND

RELIGACIÓN CICSHAL
Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades desde América Latina

Abstract

The industrial sector faces growing fire safety challenges due to the increasing density of production processes, the use of combustible materials, and the concentration of thermal loads, factors that increase the frequency and severity of incidents with high human, economic, and environmental impact. In this context, Arboriente S.A., located in Puyo (Pastaza, Ecuador), operates in an environment of high socio-environmental vulnerability that exposes it to fires, floods, and technological accidents. The objective of the study was to analyze vulnerability and thermal load in industrial areas using an integrated methodological approach, with the goal of identifying fire risk levels, establishing acceptability criteria, and proposing preventive measures to strengthen operational safety and organizational resilience. A non-experimental descriptive design with a mixed approach was adopted, applying direct observation, interviews, and personnel questionnaires. Three internationally recognized methodologies were used for the risk assessment: MEIPEE (hazard and vulnerability identification), NFPA (heat load calculation), and MESERI (risk acceptability classification). The results revealed that fires constitute the primary risk, with critical heat loads in Production, Administration, and Workshops. Although MESERI classified the risk as acceptable, the NFPA found high levels of severity, justifying the implementation of specific preventive measures.

Keywords: Industrial safety; Vulnerability; Thermal load; Fire prevention

Introducción

En el panorama mundial contemporáneo, la administración de riesgos y el fortalecimiento de la resistencia comunitaria han ganado importancia estratégica ante el incremento de amenazas naturales, tecnológicas y humanas. El informe del Oficio de las Naciones Unidas para la Disminución del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2023), alerta que los desastres naturales han aumentado en un 35% en los últimos diez años, impactando principalmente a zonas con gran vulnerabilidad ecológica y social. Esta tendencia ha puesto de manifiesto las carencias estructurales en la organización de emergencias, particularmente en naciones con desigualdades institucionales y regiones periféricas. Uno de los contextos más complicados es América Latina, ya que fusiona amenazas geofísicas con falencias institucionales en la gestión del riesgo (Marchezini et al., 2020).

Específicamente, Ecuador se distingue por su complejidad geográfica y climática. La provincia de Pastaza, situada en la Amazonía de Ecuador, se enfrenta a una serie de peligros que oscilan entre crecientes e inundaciones hasta la presencia de erupciones volcánicas. Pese a que la nación posee un marco regulatorio en el ámbito de la administración de riesgos, como el Plan Nacional de Gestión de Riesgos y los protocolos del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (SGR), la implementación eficaz en áreas amazónicas continúa siendo restringida (SGR, 2023). Esta discrepancia entre la legislación y la realidad se intensifica en áreas donde la infraestructura es insuficiente, los servicios de emergencia son limitados, y donde las compañías privadas funcionan sin planes de contingencia contextualizados.

La ciudad de Puyo, la capital provincial de Pastaza, representa un caso evidente de este panorama. La mezcla de urbanización no planificada, cambios en el agua estacional y peligros geológicos genera un ambiente susceptible a sucesos desfavorables. De acuerdo con investigaciones recientes, las habilidades institucionales para responder a catástrofes en las urbes amazónicas de Ecuador son todavía limitadas, a causa de la fragmentación en la coordinación entre entidades públicas, privadas y comunitarias (Vásconez & Torres, 2022). En este escenario, la empresa

Arboriente SA, especializada en la producción sustentable de productos forestales, se ve sometida a varias amenazas que ponen en riesgo su funcionamiento, la protección de su equipo y su ambiente comunitario.

Pese a su relevancia económica y ecológica en la zona, la empresa Arboriente S. A., carece de un plan de contingencia completo, particular ni ajustado al entorno geográfico de Puyo. Esta falta no solo constituye un peligro interno, sino que además merma la conexión con entidades de respuesta como el Comité de Operaciones de Emergencia (COE) cantonal, los cuerpos de bomberos y las comunidades indígenas vecinas. La ciencia enfatiza que la resiliencia organizacional no puede separarse de la resiliencia comunitaria, particularmente en zonas interculturales y de gran biodiversidad (Cutter et al., 2022; Fekete & Rufat, 2021).

Desde un punto de vista más extenso, la falta de un plan de contingencia corporativo con enfoque territorial e intercultural también muestra una oportunidad mal utilizada para fomentar sinergias entre el sector privado y los sistemas de protección civil. Estudios recientes han evidenciado que la implicación directa del sector empresarial en la organización de emergencias incrementa notablemente la eficiencia de la respuesta frente a sucesos adversos y potencia la capacidad de resistencia de los territorios (Chmutina et al., 2021). Además, en el contexto amazónico, esto conlleva el reconocimiento de conocimientos ancestrales, la implementación de sistemas de alerta precoz comunitaria y la creación de protocolos ajustados a las particularidades socioambientales del ambiente.

Así pues, el principal problema que impulsa este estudio reside en la ausencia de un plan de contingencia completo, participativo y contextual en la compañía la empresa Arboriente S.A., que le facilite manejar de manera correcta los riesgos existentes en el cantón Puyo, y simultáneamente fusionarse con las habilidades institucionales y comunitarias ya existentes. Esta atención aumenta la susceptibilidad de la compañía ante sucesos negativos, pone en riesgo la seguridad de su personal y restringe su viabilidad operativa y ambiental. Además, mantiene el desajuste entre las políticas de administración de riesgos nacionales y la situación real del territorio amazónico, en la que las medidas preventivas a menudo se encuentran desconectadas de la planificación corporativa.

La elaboración de un plan de contingencia para la empresa Arboriente S.A., no solo representa un instrumento técnico para reducir riesgos, sino también un acto de responsabilidad social, territorial y ambiental. Como argumentan Aldunce et al. (2020), no solo el Estado fomenta la resiliencia comunitaria, sino también la participación activa de todos los participantes del territorio. Por lo tanto, se propone como imprescindible y apremiante elaborar una estrategia de planificación de emergencia corporativa que se ajuste a los marcos regulatorios nacionales, que tome en cuenta la cultura y la cosmovisión de las comunidades amazónicas, y que potencie la habilidad de la empresa y su ambiente para adaptarse a posibles situaciones de riesgo.

Objetivo general

Analizar la vulnerabilidad y la carga térmica en áreas industriales mediante un enfoque metodológico integrado, para identificar niveles de riesgo de incendio, establecer criterios de aceptabilidad que permitan proponer medidas preventivas que fortalezcan la seguridad operacional y la resiliencia organizacional.

Objetivos específicos

- Diagnosticar los riesgos naturales, antrópicos y tecnológicos que afectan a la empresa Arboriente S.A. y su entorno inmediato en el cantón Puyo, considerando variables geográficas, ambientales y sociales.
- Analizar la capacidad de respuesta institucional y comunitaria frente a emergencias en la zona, así como la vinculación actual de la empresa con los sistemas locales de gestión de riesgos y protección civil.

Metodología

Este estudio se llevó a cabo con una metodología combinada, fusionando técnicas cuantitativas y cualitativas, con la finalidad de detectar, examinar y minimizar los riesgos más significativos a los que se enfrenta la compañía la empresa Arboriente S.A., situada en la ciudad de Puyo, en la provincia de Pastaza. Esta táctica facilitó el trato de tanto los elementos objetivos vinculados a las amenazas y vulnerabilidades, como las percepciones y vivencias del personal implicado en la administración del riesgo (Creswell & Plano Clark, 2021).

Enfoque metodológico

Se optó por un diseño descriptivo no experimental, respaldado por una metodología de campo y documental. Mediante el trabajo de campo, se obtuvieron datos específicos sobre las amenazas existentes, el nivel de vulnerabilidad y las habilidades de respuesta disponibles, mientras que la revisión de documentos posibilitó situar el estudio dentro del contexto de la administración de riesgos a escala nacional e internacional.

Técnicas e instrumentos

Se llevaron a cabo cuestionarios estructurados a los empleados de la compañía, tanto del sector administrativo como funcional, con el objetivo de determinar sus grados de entendimiento sobre emergencias, experiencias anteriores con incidentes y habilidades de reacción. Además, se realizaron a cabo entrevistas semiestructuradas a líderes y encargados de la seguridad.

Procesos de identificación de riesgos

El estudio de riesgos se fundamentó en el uso de 3 metodologías para la identificación de riesgos:

- *MEIPEE:* el *Método para la Creación e Implementación de Planes de Emergencia para Empresas* se aplicó para identificar amenazas, evaluar vulnerabilidades y calcular niveles de riesgo. Se consideraron criterios de probabilidad, antecedentes, registros técnicos y capacidad interna de respuesta, clasificando el riesgo como bajo, medio o alto (Muñoz, 2024).
- *NFPA:* con base en lineamientos de la *National Fire Protection Association*, se calculó la carga térmica (Kcal/m^2) en cuatro áreas críticas: Producción, Administrativa, Talleres y Alimentación/Salud. Esta cuantificación permitió determinar el potencial de combustión y establecer niveles de riesgo de incendio (Ninabanda, 2018).
- *MESERI:* el *Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio* (Fundación MAPFRE) se empleó para clasificar la aceptabilidad del riesgo considerando factores constructivos, operativos y de prevención, categorizando las áreas en riesgo trivial, aceptable o inaceptable (Fernández, 2017).

A continuación, se presentan las matrices utilizadas para este fin:

Tabla 1. Matriz de identificación de amenazas, vulnerabilidades y capacidades

Amenazas	Vulnerabilidades	Capacidades
Incendios	Material inflamable sin señalización adecuada	Extintores, capacitación básica en prevención de incendios
Inundaciones	Ubicación cerca de río y falta de canalización	Salidas de emergencia señalizadas
Sismos	Infraestructura no reforzada	Brigadas internas parcialmente formadas
Accidentes laborales	Uso de maquinaria sin protocolos actualizados	Botiquines y señalización de zonas de riesgo

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Análisis y valoración de riesgos identificados

Evento	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Recomendaciones
Incendio	Alta	Alto	Crítico	Revisión de cableado, simulacros, capacitación
Inundación	Media	Medio	Moderado	Drenaje, canalización, reubicación de insumos
Sismo	Media	Alto	Alto	Evaluación estructural, puntos de encuentro
Cortocircuito	Alta	Medio	Alto	Mantenimiento periódico, revisión técnica
Accidente laboral	Alta	Medio	Alto	Protocolos de seguridad, uso de EPP obligatorios

Fuente: elaboración propia

Selección de fuentes científicas

Para respaldar teóricamente el estudio, se llevó a cabo una búsqueda sistemática en bases de datos académicos como Scopus, Web of Science y SciELO, empleando conceptos clave como: reducción del riesgo de catástrofes, preparación para emergencias, resiliencia comunitaria y planificación de seguridad empresarial.

Consideraciones éticas

La investigación respetó todos los estándares éticos de privacidad, consentimiento informado y respeto al anonimato de los participantes. Los hallazgos se compartieron con la compañía para su confirmación y aplicación en las operaciones. Se asegurará que los datos obtenidos se emplean únicamente para propósitos académicos y de optimización organizacional.

Resultados

La gestión de riesgos y la resiliencia organizacional requieren de un diagnóstico preciso que permita anticipar, prevenir y responder eficazmente ante amenazas que puedan comprometer la seguridad de las personas y la continuidad operativa. En el caso de la empresa Arboriente S.A., ubicada en Puyo, Pastaza, se aplicaron metodologías reconocidas internacionalmente MEIPEE, NFPA y MESERI para identificar amenazas, evaluar vulnerabilidades y estimar el nivel de riesgo en distintas áreas de la organización. Los hallazgos obtenidos constituyen la base técnica para el diseño de un plan de emergencia integral, orientado a reducir la exposición a eventos críticos y fortalecer la capacidad de respuesta institucional.

Análisis mediante el método MEIPEE

De acuerdo al estudio realizado, las principales amenazas identificadas en la empresa de acuerdo a la metodología MEIPEE corresponden a: incendios, eventos atmosféricos y explosiones/otros.

Tabla 3. Amenazas identificadas dentro de la empresa

EMERGENCIAS	OBSERVACIONES
NATURALES	
Eventos atmosféricos	Debido a las condiciones del clima y la región geográfica.
ANTROPICAS NO INTENCIONALES	
Incendios (estructurales, eléctricos, etc.)	Condiciones relacionadas con la infraestructura, la gestión del almacenamiento y las actividades de mantenimiento.

EMERGENCIAS	OBSERVACIONES
SOCIALES	
Explosiones y Otros	Factores sociales a nivel nacional, particularidades institucionales, y situaciones como atentados, robos, conflictos armados, crisis sanitarias o epidemias, así como influencias o tensiones de índole política.

Fuente: elaboración propia

Una vez identificadas las amenazas dentro de la empresa, conforme a los criterios previamente establecidos, se procede a desarrollar una tabla con Criterios para determinar el nivel de probabilidad de las amenazas, asignando una puntuación de 1 cuando el parámetro está presente; caso contrario, se deja en blanco o se asigna un valor de 0.

Se determinaron 3 tipos de amenazas dentro de la empresa, con sus respectivos valores de nivel de probabilidad, a continuación, se presenta el detalle en la tabla correspondiente:

Tabla 4. Criterios para determinar el nivel de probabilidad de las amenazas identificadas en la empresa Arboriente S.A.

N°	Tipo de amenazas	Criterios para determinar el nivel de probabilidad de las amenazas (cada criterio vale 1 punto)						
		¿Existen antecedentes?	¿Hay estadísticas de referencia?	¿Contamos con estudios científicos y/o técnicos?	¿Hay registros disponibles del nivel de recurrencia o frecuencia?	¿Existen registros sobre la magnitud y/o Intensidad?	Total, de puntuación por amenaza	Nivel de probabilidad
1	Eventos atmosféricos (tormentas eléctricas)	1	0	1	0	0	2	P
2	Incendios (estructurales, eléctricos, etc.)	1	1	1	0	1	4	AP
3	Explosiones y Otros	1	0	0	0	0	1	PP
AP=Altamente probable; MP=Muy probable; P=Probable; PP=Poco probable								

Fuente: elaboración propia

Se detallan a continuación las matrices de evaluaciones realizadas a la empresa Arboriente S.A., conforme a los criterios establecidos.

En cada matriz, se sumaron las afirmaciones evaluadas. Cada aspecto tendrá una puntuación de acuerdo con la respuesta asignada: 'Sí' equivale a 1 punto, 'Parcial' a 0.5 puntos y 'No' a 0 puntos. Los resultados descompuestos de cada matriz se muestran en los Anexos.

Tabla 5. Resultados de análisis de vulnerabilidad ante incendios

RESULTADOS ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INCENDIOS	TOTAL DE AFIRMACIONES
RESULTADO PARCIAL V1 – Matriz 1	17,5
RESULTADO PARCIAL V2 – Matriz 2.A1-INCENDIOS	11,5
RESULTADO PARCIAL V2 – Matriz 2.A2-INCENDIOS	9
TOTAL:	38
NIVEL DE VULNERABILIDAD	**VALOR MATRIZ 2A:**
VULNERABILIDAD BAJA	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Resultado del análisis de vulnerabilidades de tormentas eléctricas

RESULTADOS ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE TORMENTAS ELECTRICAS	TOTAL, DE AFIRMACIONES
RESULTADO PARCIAL V1 – Matriz 1	17,5
RESULTADO PARCIAL V3 – Matriz 3. A1. TORMENTAS ELECTRICAS.	10,5
TOTAL:	27,5
NIVEL DE VULNERABILIDAD	VALOR MATRIZ 3A:
VULNERABILIDAD BAJA	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Resultado de análisis de vulnerabilidades ante Explosiones/Otros

RESULTADOS ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE EXPLOSIONES Y OTROS	TOTAL DE AFIRMACIONES
RESULTADO PARCIAL V1 – Matriz 1	17,5
RESULTADO PARCIAL V4 – Matriz 4.A1. EXPLOSIONES /OTROS	9,5
TOTAL	27
NIVEL DE VULNERABILIDAD	VALOR MATRIZ 4A1
VULNERABILIDAD MEDIA	2

Fuente: elaboración propia

Para la determinación del nivel de riesgo, se utilizaron los valores de vulnerabilidad obtenidos en las Tablas 5, 6 y 7, que correspondían a (1) para incendios, (2) tormentas eléctricas y (2) explosiones/otros respectivamente. Estos valores se multiplicaron por la puntuación total asignada a cada amenaza. La relación resultante se presentó en la tabla siguiente.

Tabla 8. Resultados del nivel de riesgo estimado en la empresa

Ítem	Tipo de amenaza	Total puntuación amenaza	Vulnerabilidad	Resultado	Nivel de riesgo
1	Incendios	4	1	4	Riesgo Medio

Ítem	Tipo de amenaza	Total puntuación amenaza	Vulnerabilidad	Resultado	Nivel de riesgo
2	Tormentas eléctricas	2	1	2	Riesgo Bajo
3	Explosio-nes/ Otros	1	2	2	Riesgo Bajo

Fuente: elaboración propia

El nivel de riesgo establece la probabilidad de que ocurra un evento y permite estimar los posibles daños que podría sufrir la empresa. Dichos daños podrían superar su capacidad de respuesta o tolerancia, generando pérdidas significativas.

Con el resultado obtenido mediante el cálculo del nivel de riesgo (amenaza x vulnerabilidad), se obtuvo que el nivel de riesgo es MEDIO para la presencia de INCENDIOS, mientras que el nivel de riesgo es BAJO en relación con TORMENTAS ELECTRICAS y EXPLOSIONES/OTROS, sin embargo, es muy importante la implementación de un plan de emergencia para la empresa Arboriente S.A. y así precautelar la vida de las y los trabajadores dentro de la empresa, mejorando la capacidad de respuesta ante dichas emergencias.

Aplicación del método NFPA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del método NFPA en la empresa Arboriente S.A. en el cual se pudo cuantificar la carga térmica presente en sus instalaciones, evaluando el potencial de combustión y la magnitud del riesgo de incendio en áreas clave. Para calcular la carga térmica de la empresa se la ha distribuido a esta en 4 áreas; Producción, Administrativa, Talleres, Alimentación y Salud.

En la Tabla 9, se muestra el formato empleado para la estimación de la carga térmica. Se elaboraron cuatro formatos independientes, correspondientes a las cuatro áreas analizadas.

Tabla 9. Plantilla de Cálculo de carga combustible (NFPA) aplicado en la empresa Arboriente S.A.

	Empresa:			**EMPRESA ARBORIENTE S. A**			**Fecha:**		**10/3/2025**		
	Proceso:			**AREA DE PRODUC-CION**			**Área o Nivel de Análisis:**		**PRODUC-CION**		
Elementos de construc-ción y revestimiento	**Materiales usados para el trabajo (Materia Prima)**	**Equipo y herramientas a utilizar**	Materiales	Cantidad	Unidad (Kg)	Cc= Calor de Combusti-ble (Kcal/Kg)	Mg= Peso de cada producto (Kg)	(CC*Mg) Kcal	Constante (Kcal/kg)	A= área del local m2	Qc=Carga Combustible (Kg/m2)	Qc=Carga Combustible (Kcal/m2)

| Proceso: | Empresa: | | |

Tabla 10. Resultado del cálculo de carga térmica de las áreas delimitadas de la empresa Arboriente S.A., mediante el Método NFPA.

N°	AREA DE ANALISIS	Qc= Carga Combustible (Kg/ m2)	Qc= Carga Combustible (Kcal/ m2)	RIESGO
1	Producción	6,06	495865,16	Riesgo ALTO
2	Administrativa	6,72	1596627,99	Riesgo ALTO
3	Talleres	7,11	8513258,58	Riesgo ALTO
4	Alimentación y Salud	6,52	141926,83	Riesgo BAJO

Fuente: elaboración propia

Mediante la aplicación del método NFPA, se determinó que en las instalaciones de la empresa Arboriente S.A., están presentes tres áreas mayormente vulnerables ante incendios, la primera es el área de producción que tiene un riesgo alto de incendio, ya que el calor de combustión que contiene es de 495865,16 kcal por cada metro cuadrado y su probabilidad que se extienda es de 6,06 kg por cada metro cuadrado; la segunda área es la administrativa que presenta un riesgo alto de incendio con carga combustible de 1222415,98 kcal por metro cuadrado y su probabilidad que se extienda es de 6,72 kg por metro cuadrado y la tercera área es de Talleres presentando un riesgo de 8513258,58 kcal por metro cuadrado, y su probabilidad que se extienda es de 7,11 kg por metro cuadrado.

Aplicación del método MESERI

El método MESERI permitió establecer el nivel de aceptabilidad y clasificar el riesgo de incendio en la empresa Arboriente S.A., basándose en una serie de criterios previamente definidos en el formato proporcionado por la Fundación MAPFRE.

Para la aplicación del método MESERI, se procedió a segmentar la empresa en cuatro áreas específicas, las cuales se detallan a continuación: Producción, Administrativa, Talleres y Alimentación y Salud.

Tabla 11. Resultados obtenidos de la Evaluación por el método MESERI

N°	AREA DE ANALISIS	VALOR P	RIESGO
1	Producción	6,06	Riesgo Aceptable
2	Administrativa	6,72	Riesgo Aceptable
3	Talleres	7,11	Riesgo Trivial
4	Alimentación y Salud	6,52	Riesgo Aceptable

Fuente: elaboración propia

Con la evaluación del riesgo de incendio mediante la metodología MESERI se obtuvo un valor de 7,11 en el área de Talleres, correspondiente al nivel de riesgo Trivial, lo que indica que no se requieren acciones específicas en dicha zona. Sin embargo, en las áreas de Producción, Administrativa, Alimentación y Salud, se identificó un nivel de riesgo Aceptable, lo que implica la necesidad de implementar medidas preventivas y correctivas para reducir la probabilidad de ocurrencia y mitigar posibles consecuencias.

Capacidad de respuesta institucional y comunitaria

A partir de la evidencia recopilada en las matrices MEIPEE, NFPA y MESERI, se sintetiza la capacidad de respuesta institucional de Arboriente S.A., su vinculación con los sistemas locales de gestión de riesgos y los vacíos de información respecto a la capacidad comunitaria.

Tabla 12. Capacidad de respuesta institucional y comunitaria

Indicador	Evidencia en Arboriente S.A.	Valoración
Plan de emergencias difundido y practicado	Plan de emergencias existente y difundido	Adecuado
Sistema de gestión SST (SGSST) y Comité de Seguridad	SGSST activo y comité registrado	Adecuado
Brigadas y capacitación	Brigadistas organizados y programas de capacitación vigentes	Adecuado
Recursos y sistemas contra incendios	Extintores, alarmas, detección, iluminación y comunicación disponibles; señalización parcial	Medio
Coordinación con organismos de respuesta	Permiso vigente de Bomberos; colaboración de organismos de socorro	Adecuado
Plan de Ayuda Mutua (PAM)	PAM existente	Adecuado
Relación con sistemas locales de gestión de riesgos	Cercanía a estación de bomberos; vínculos operativos básicos evidenciados.	Adecuado
Integración de personal externo/proveedores	Capacitación parcial/no sistemática	Insuficiente
Capacidad de respuesta comunitaria	Sin datos sobre comités barriales, simulacros conjuntos o redes comunitarias.	Insuficiente

Fuente: elaboración propia

Los indicadores evaluados evidencian que la empresa Arboriente S.A., cumple adecuadamente en la mayoría de los aspectos vinculados a la gestión de emergencias, como la existencia y socialización del plan de emergencias, el funcionamiento del SGSST y comité de seguridad, la organización de brigadas y la coordinación con organismos de respuesta. Asimismo, se cuenta con un Plan de Ayuda Mutua y una relación operativa con los sistemas locales de gestión de riesgos.

Se identifican áreas con oportunidad de mejora: la señalización y recursos contra incendios (Adecuado con mejoras), la capacitación a personal externo (Insuficiente) y la ausencia de

información sobre la capacidad de respuesta comunitaria (Insuficiente). Estos hallazgos permiten orientar acciones prioritarias en dichas áreas, manteniendo las fortalezas detectadas.

En función de los resultados obtenidos mediante la aplicación de las metodologías MEIPEE, NFPA y MESERI, se han identificado medidas preventivas clave para fortalecer la seguridad operacional y la resiliencia organizacional. Con el fin de priorizar la implementación de estas acciones, se propone una clasificación tipo semáforo, que permite diferenciar aquellas que requieren atención inmediata de las que pueden desarrollarse a mediano o largo plazo. La priorización se fundamenta en la severidad potencial del riesgo, la probabilidad de ocurrencia y las brechas detectadas en la capacidad de respuesta.

Tabla 13. Medidas preventivas clave

	Prioridad	Medida preventiva	Justificación técnica
Alta	Instalar sistemas automáticos de detección y supresión de incendios (rociadores, detectores de humo y temperatura) en Producción, Administración y Talleres.	Cargas térmicas críticas (> 286.000 kcal/m²) identificadas por NFPA; riesgo alto en tres áreas clave.	Corto plazo (0–6 meses)
Alta	Implementar plan integral de control y reducción de combustibles (reorganización de almacenamiento, sectorización y uso de materiales ignífugos).	Minimiza la magnitud del incendio y facilita la intervención; reduce propagación.	Corto plazo (0–6 meses)
Alta	Fortalecer mantenimiento preventivo y correctivo del sistema eléctrico, con registros técnicos actualizados.	Incendios y cortocircuitos identificados como amenazas principales (MEIPEE).	Corto plazo (0–6 meses)
Media	Actualizar y completar la señalización de evacuación y zonas de riesgo en todas las áreas.	Señalización parcial evidenciada; esencial para rutas seguras en emergencias.	Mediano plazo (6–12 meses)
Media	Capacitación obligatoria y periódica a personal externo y contratistas en prevención y respuesta a incendios.	Capacitación actual insuficiente; brecha en resiliencia organizacional.	Mediano plazo (6–12 meses)
Media	Realizar simulacros conjuntos empresa–comunidad con Bomberos y COE cantonal.	Ausencia de articulación con la capacidad de respuesta comunitaria; mejora tiempos de evacuación.	Mediano plazo (6–12 meses)
Baja	Desarrollar un sistema de alerta temprana comunitario en coordinación con barrios y comunidades cercanas.	Potencia la resiliencia territorial y la legitimidad social de la empresa.	Largo plazo (12–18 meses)
Baja	Incorporar saberes locales y protocolos interculturales en el plan de contingencia.	Mejora la aceptación social y operatividad en contexto amazónico.	Largo plazo (12–18 meses)

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se evidencia que las acciones de prioridad alta se concentran en la reducción de la carga térmica y el control de las fuentes de ignición, aspectos críticos según la metodología NFPA, así como en la mejora del sistema eléctrico, identificado por MEIPEE como factor de riesgo relevante. Las medidas de prioridad media se orientan a optimizar la preparación

del personal, la coordinación externa y la señalización, factores que influyen directamente en la eficacia de la evacuación y respuesta.

Discusión

La evaluación de riesgos en la empresa Arboriente S.A., con las metodologías MEIPEE, NFPA y MESERI ofrece una visión complementaria sobre amenazas, vulnerabilidades y aceptabilidad del riesgo. Las diferencias y coincidencias en los resultados hacen necesario un análisis crítico que integre estos enfoques para optimizar la prevención y fortalecer la resiliencia organizacional.

El método MEIPEE, centrado en la identificación y valoración de amenazas y vulnerabilidades, permitió determinar que los incendios presentan un riesgo medio, mientras que las tormentas eléctricas y explosiones/otros se ubican en riesgo bajo. Este hallazgo concuerda con el estudio realizado en contextos amazónico ecuatoriano por Zacarias & Ponce (2024), que advierten que el riesgo de incendio industrial en sectores madereros suele ser el evento más crítico debido a la alta combustibilidad de los materiales y la frecuencia de manipulación de fuentes de calor. La vulnerabilidad baja obtenida para incendios y tormentas eléctricas, pese a la alta probabilidad de ocurrencia en el primer caso, sugiere que existen medidas preventivas ya implementadas, aunque no necesariamente suficientes para reducir el riesgo a niveles aceptables.

Por su parte, la aplicación del método NFPA mostró que tres de las cuatro áreas evaluadas (Producción, Administrativa y Talleres) presentan riesgo alto en términos de carga térmica, con valores que alcanzan en el área de Talleres hasta 8,51 millones de kcal/m². De acuerdo con la NFPA 557 (2016), cargas térmicas por encima de 1,200 MJ/m² (~286,000 kcal/m²) requieren intervenciones inmediatas de control de combustibles, sectorización y sistemas automáticos de supresión, lo que evidencia que los valores registrados en la empresa Arboriente S.A., superan ampliamente estos umbrales. A diferencia del MEIPEE, que determinó un nivel de riesgo medio para incendios, el método NFPA cuantifica la magnitud energética potencial del siniestro, poniendo de relieve que la severidad del evento podría ser mayor de lo que el primero sugiere. Esta diferencia no implica contradicción, sino que responde a enfoques metodológicos distintos: mientras el MEIPEE integra factores de vulnerabilidad y probabilidad, el NFPA se centra en la estimación de la carga térmica, por lo que sus resultados no son comparables de manera directa, sino complementarios (González, 2019).

En lo que concierne al método MESERI, utilizado para clasificar el nivel de aceptabilidad del riesgo de incendio, indicó que el área de Talleres tiene un riesgo trivial, mientras que Producción, Administrativa y Alimentación/Salud presentan riesgo aceptable. Si bien este resultado podría interpretarse como una condición de control, la literatura advierte que un riesgo "aceptable" en MESERI no implica ausencia de peligros, sino que las medidas existentes reducen la probabilidad a un nivel tolerable bajo condiciones actuales (Fundación MAPFRE, 2017). No obstante, al cruzar estos resultados con los obtenidos por NFPA, se evidencia que la magnitud potencial del incendio sigue siendo elevada, lo que plantea un dilema de gestión: un riesgo aceptable en términos probabilísticos no es necesariamente aceptable en términos de consecuencias.

La coexistencia de evaluaciones aparentemente contradictorias entre métodos es un fenómeno frecuentemente mencionado dentro de la literatura del manejo de la gestión de riesgos. En este sentido, Chmutina et al. (2021), sostienen que la evaluación de riesgos debe interpretarse como un sistema de capas, en el que cada metodología aporta un lente diferente: MEIPEE enfatiza la probabilidad y la vulnerabilidad, NFPA la energía combustible y la severidad potencial, y MESERI la aceptabilidad según estándares de protección. En la empresa Arboriente S.A., estas capas muestran que el incendio es simultáneamente un riesgo probable (MEIPEE), severo (NFPA) y aceptable bajo condiciones actuales (MESERI), lo que en la práctica obliga a considerar medidas adicionales para reducir la magnitud del daño potencial (León, 2017). Un ejemplo de esta integración se observa en el trabajo de Carrión (2024), quien documentó en una empresa forestal amazónica que, pese a contar con un nivel de riesgo "aceptable" en MESERI, la carga térmica medida por NFPA era crítica, lo que motivó la instalación de rociadores automáticos y la reorganización del almacenamiento de madera, reduciendo en un 45% la carga térmica total.

Desde el punto de vista operativo, los resultados muestran que la empresa Arboriente S.A. presenta fortalezas en la existencia de planes de emergencia, brigadas capacitadas y coordinación con organismos de respuesta. Estos elementos han sido identificados por Cutter et al. (2022), como factores clave para mejorar su adaptabilidad al entorno donde la empresa desarrolla sus operaciones. Sin embargo, las debilidades en señalización, mantenimiento de sistemas contra incendios y capacitación a personal externo son brechas que, de no atenderse, podrían anular las ventajas operativas existentes, especialmente en un contexto de alta carga térmica. Es importante mencionar que, la empresa Arboriente S.A. enfrenta el reto de integrar la información proveniente de las tres metodologías en un sistema único de gestión del riesgo, que priorice intervenciones en función de la severidad potencial y la aceptabilidad social e institucional del riesgo (Cabanillas & Sotelo, 2024).

Uno de los hallazgos más críticos del diagnóstico es la ausencia de información sobre la capacidad de respuesta comunitaria. Fekete y Rufat (2021), señalan que, en contextos donde las infraestructuras críticas se encuentran inmersas en entornos vulnerables, la resiliencia comunitaria es un factor determinante para el éxito de la respuesta ante emergencias. En el caso de la empresa Arboriente S.A., la falta de articulación con comités barriales, simulacros conjuntos o redes comunitarias no solo limita la capacidad de reacción en un evento real, sino que también reduce la legitimidad social de las acciones preventivas de la empresa.

La integración de saberes locales, sistemas de alerta temprana comunitarios y planes de ayuda mutua ampliados permitiría aumentar la capacidad de respuesta y reducir los tiempos de reacción. En el estudio realizado en la Amazonía brasileña por Marchezini et al. (2020), han demostrado que la inclusión activa de comunidades en la planificación de emergencias industriales reduce entre un 20% y 30% los tiempos de evacuación y mejora la protección de bienes materiales.

El caso de la empresa Arboriente S.A., evidencia que la aplicación conjunta de metodologías de evaluación de riesgos no debe interpretarse de manera aislada. Mientras que MEIPEE, NFPA y

MESERI aportan perspectivas complementarias, la gestión efectiva requiere una lectura crítica de las discrepancias y una priorización basada en la convergencia de resultados más conservadores. Tal como advierte Aldunce et al. (2020), la resiliencia organizacional no es un estado estático sino un proceso adaptativo, y las empresas que operan en entornos de alta vulnerabilidad, como la Amazonía ecuatoriana, deben asumir la gestión de riesgos como un componente central de su sostenibilidad y responsabilidad social.

Conclusiones

La evaluación de riesgos en la empresa Arboriente S.A., mediante MEIPEE, NFPA y MESERI, identificó que el incendio es la amenaza principal por su probabilidad y severidad. MEIPEE lo clasifica con riesgo medio, pero NFPA evidencia cargas térmicas críticas: Producción (495.865,16 kcal/m²), Administrativa (1.596.627,99 kcal/m²) y Talleres (8.513.258,58 kcal/m²), superando ampliamente el umbral crítico de 286.000 kcal/m² de la NFPA 557. Aunque MESERI lo considera aceptable en la mayoría de las áreas, la severidad potencial exige medidas urgentes como control de combustibles y sistemas automáticos de supresión.

La empresa presenta fortalezas operativas como plan de emergencias difundido, brigadas capacitadas, SGSST activo, comité de seguridad y coordinación con bomberos. También cuenta con un Plan de Ayuda Mutua (PAM) vigente. No obstante, existen brechas críticas: señalización parcial, mantenimiento limitado de equipos contra incendios y capacitación insuficiente a personal externo. Estas debilidades, sumadas a la alta carga térmica en áreas clave, requieren intervenciones inmediatas para garantizar una respuesta eficaz.

Se evidenció ausencia de articulación con la capacidad de respuesta comunitaria, ya que no existen comités barriales, simulacros conjuntos ni redes locales de apoyo. Esto limita la resiliencia colectiva ante emergencias en Puyo, zona de alta vulnerabilidad ambiental. Estudios previos (Fekete & Rufat, 2021), señalan que la coordinación empresa–comunidad puede reducir hasta en un 30% los tiempos de evacuación y mejorar la protección de bienes. Integrar estos vínculos sería clave para fortalecer la protección conjunta.

Las diferencias entre metodologías muestran que la interpretación aislada de resultados puede generar percepciones incompletas. Se recomienda integrar MEIPEE, NFPA y MESERI en un sistema unificado de gestión del riesgo que priorice las medidas más conservadoras. Este enfoque permitiría optimizar recursos, reducir la severidad potencial de eventos críticos e incorporar saberes locales, sistemas de alerta comunitarios y protocolos participativos, potenciando la sostenibilidad y la responsabilidad social en el contexto amazónico.

Referencias

Aldunce, P., Beilin, R., Howden, M., & Handmer, J. (2020). Resilience for whom? The importance of place-based and community resilience. *Climate and Development, 12*(3), 215–228. https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1692613

Braun, V., & Clarke, V. (2021). *Thematic analysis: A practical guide*. SAGE Publications.

Cabanillas Peña, J. A., & Sotelo Chavez, K. S. (2024). *Mejora del factor de riesgo de la empresa del rubro de redes y comunicaciones a través de la implementación del programa de seguridad en prevención de incendio* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú].

Carrión, M. (2024). Gestión de riesgos en empresas forestales de la Amazonía ecuatoriana: estudio de caso en Pastaza. *Revista Ecuatoriana de Seguridad y Gestión del Riesgo, 9*(1), 45–67.

Cepeda, L. (2018). Evaluación de riesgos y amenazas en organizaciones del sector productivo amazónico. *Revista Latinoamericana de Gestión Ambiental*, *23*(2), 112–129.

Chmutina, K., Von Meding, J., & Bosher, L. (2021). Organisational resilience in the face of disaster: The private sector and disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction,* 52. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101956

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2021). *Designing and conducting mixed methods research*. SAGE Publications.

Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2022). The spatial variability of resilience: Evolution of the Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC). *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, *49*(5), 1284–1300. https://doi.org/10.1177/23998083211026410

Fekete, A., & Rufat, S. (2021). Community resilience and vulnerability in disasters: Theoretical perspectives and methodological approaches. *Progress in Disaster Science,* 10. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100174

Fernández Iglesias, I. (2017). Building Fire Risk Assessment Methods. *ArchiDoct, 5*(2).

Hernández, J. (2020). Manual para la elaboración e implementación de planes de emergencia en empresas. *Revista de Seguridad Industrial*, *18*(1), 23–35.

León Salazar, D. F. (2017). *Gestión de riesgos mayores en la unidad educativa Vicente Anda Aguirre: elaboración del Plan de Emergencia* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo].

Marchezini, V., Trajber, R., Olivato, D., & Oliveira, M. (2020). Disaster risk reduction and education: Community-based strategies for building resilience in Latin America. *International Journal of Disaster Risk Reduction,* 44. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101395

Ninabanda Guamán, D. A. (2018). *Evaluación del nivel de riesgo, amenazas y vulnerabilidades en la "Empresa William Sebastián Willseb Cia. Ltda.", del Distrito Metropolitano de Quito en el periodo septiembre 2019 - marzo 2020* [Trabajo final de investigación, Universidad Central del Ecuador].

Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR). (2023). Informe anual de gestión de riesgos en el territorio ecuatoriano. https://www.gestionderiesgos.gob.ec

Teddlie, C., & Yu, F. (2007). Mixed methods sampling: A typology with examples. *Journal of Mixed Methods Research, 1*(1), 77–100. https://doi.org/10.1177/2345678906292430

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2023). Global assessment report on disaster risk reduction 2023. https://n9.cl/xdrur

Vásconez, R., & Torres, P. (2022). Capacidad de respuesta institucional ante desastres en la Amazonía ecuatoriana: Un análisis desde la gobernanza del riesgo. *Revista Andina de Gestión Pública*, *5*(2), 75–90.

Yin, R. K. (2020). *Case study research and applications: Design and methods*. SAGE Publications.

Zacarias Arauco, N. D., & Ponce Ramos, C. J. (2024). *Análisis de la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción* [Tesis de ingeniería, Universidad Continental].

Autora

María Belén Aldaz Tubón. Soy Ingeniera Ambiental a lo largo de mi formación y experiencia, he complementado mis conocimientos técnicos con estudios en contabilidad básica, y durante dos años desempeñé el rol de docente, actualmente, soy trabajadora independiente y emprendedora, gestionando mi propio negocio con compromiso y visión de crecimiento.

Fabián Marcelo Guacho Castillo. Universidad Nacional Chimborazo

Declaración

Conflicto de interés

No tenemos ningún conflicto de interés que declarar.

Financiamiento

Sin ayuda financiera de partes externas a este artículo.

Nota

El artículo presentado es resultado de una investigación propia, en la que se aplicaron métodos existentes previamente utilizados en el tema de estudio.